

14.353/H/02

**TUGAS AKHIR
(TS - 1780)**

**MODIFIKASI
PERENCANAAN GEDUNG RSUD DR SOETOMO
DENGAN METODE PRACETAK MEMAKAI SISTEM
BUILDING FRAMES SYSTEM**



RSS
690551
San
M-1

2001

PERPUSTAKAAN	
Tgl. Terbit	02/01/02
Volume	H
Referensi	21-4241

DISUSUN OLEH :

PUTU MARTHA SANTANA
3196.100.052

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**



**TUGAS AKHIR
(TS - 1780)**

**MODIFIKASI
PERENCANAAN GEDUNG RSUD DR SOETOMO
DENGAN METODE PRACETAK MEMAKAI SISTEM
BUILDING FRAMES SYSTEM**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Menyetujui

Dosen Pembimbing 1



Ir. KURDIAN S, MS.



Dosen Pembimbing 2



Ir. FAIMUN

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang , yang telah memberikan kemampuan dan menyertai dari awal penulisan tugas akhir ini sampai kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Penulisan tugas akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan RSUD DR Soetomo Dengan Metode Pracetak Memakai Sistem Building Frames System” ini dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan sesuai kurikulum yang berlaku di Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Disamping itu, penulisan tugas akhir ini juga dimaksudkan untuk menambah wawasan dan pengetahuan dalam ilmu konstruksi beton khususnya konstruksi beton pracetak bagi penulis penulis maupun mahasiswa teknik sipil pada umumnya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, koreksi, maupun kritik yang membangun dari semua pihak.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak sekali pihak yang telah turut membantu penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Ir. Indra Surya B.Mochtar, MSc.PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Ibu Ir. Noor Endah, MSc.PhD. selaku Ketua Program Bidang Studi S1 Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Bapak Ir. Kurdian Suprpto, MS dan Bapak Ir. Faimun selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar dalam membimbing penulis.
- Bapak Ir. Soewardoyo, MSc selaku dosen wali.
- Segenap dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

- Keluarga di Bali, Bapak, Ibu, Dewi, dan yang telah banyak memberikan semangat dan doa serta bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Sumber inspirasiku, Fitra Hapsari yang terus memberikan semangat, ketenangan dan bantuan yang sangat besar didalam penyelesaian tugas akhir ini.
- Teman-teman , Yohanes dan Arsa sebagai teman diskusi, Kerta, Deo atas pinjaman buku-bukunya.
- Teman-teman kost I-16 atas kebersamaannya khususnya kepada Yoyok, Andrian, Ugix atas kesediaanya mendengarkan segala permasalahan didalam penyusunan tugas akhir ini.
- Teman-teman C-10 atas segala bantuan dan informasi yang diberikan.
- Teman-teman Teknik Sipil angkatan '96 dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dengan tersusunnya Tugas Akhir ini, penulis berharap agar bermanfaat baik bagi penulis secara pribadi dalam menggali pengetahuan di bidang teknik sipil maupun untuk Civitas Akademika Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Surabaya, Juli 2001

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I- 1
1.2. Tujuan	I- 2
1.3. Lingkup Permasalahan	I- 2
1.4. Batasan Masalah	I- 3
1.5. Metodologi	I- 3
BAB II DASAR-DASAR PERANCANGAN	
2.1. Umum	II- 1
2.2. Data-data Bangunan	II- 2
2.3. Data Tanah	II- 3
2.4. Peraturan-peraturan perancangan	II- 3
2.5. Pembebanan	II- 4
2.6. Asumsi dan Metode Analisa	II- 5
2.6.1. Asumsi	II- 5
2.6.2. Metode Analisa	II- 6
2.7. Tinjauan building frames sistem	II- 6
BAB III DASAR-DASAR PERENCANAAN	
3.1. Definisi Beton Pracetak	III- 1
3.2. Beton Pracetak Sebagai Material dan Metode Konstruksi	III- 1
3.3. Pabrikasi Beton Pracetak	III- 3
3.4. Filosofi Desain	III- 3
3.5. Taransportasi Komponen Pracetak	III- 5
3.6. Pemasangan Komponen Pracetak	III- 6
3.6.1. Site Plan	III- 7
3.6.2. Peralatan	III- 7

3.6.3. Siklus Pemasangan	III- 8
3.6.4. Tenaga	III- 8
3.7. Beberapa Type Elemen Pracetak	III- 8
3.7.1. Pelat	III- 8
3.7.2. Balok	III- 9
3.8. Beberapa Type Sambungan	III- 9
3.8.1. Sambungan Daktil dengan Cor Setempat	III-10
3.8.2. Sambungan Daktil dengan Las	III-10
3.8.3. Sambungan Daktil Mekanik	III-13
3.8.4. Sambungan Daktil dengan Sistem Baut	III-14
3.9. Keuntungan Beton Pracetak	III-17
3.10. Aplikasi Sistem Pracetak Pada RSUD Dr. Soetomo	III-20

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1. Umum	IV- 1
4.2. Perencanaan Pelat Pracetak	IV- 1
4.2.1. Preliminary Design	IV- 2
4.2.1.1. Perencanaan Dimensi Balok	IV- 2
4.2.1.2. Perencanaan Tebal Pelat	IV- 3
4.2.2. Pembebanan Struktur Pelat	IV-12
4.2.3. Kombinasi Pembebanan	IV-15
4.2.4. Perhitungan Penulangan Pelat Pracetak	IV-16
4.2.4.1. Pemodelan dan Analisa Gaya Dalam	IV-16
4.2.4.2. Perencanaan Tulangan Pelat	IV-17
4.2.4.3. Perhitungan Tulangan Pelat	IV-19
4.2.5. Kontrol Lendutan dan Retak	IV-21
4.2.6. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat	IV-26
4.2.7. Perhitungan Tulangan Angkat	IV-27
4.3. Perencanaan Balok Anak Pracetak	IV-32
4.3.1. Data-data Perencanaan	IV-32
4.3.2. Pembebanan Balok Anak	IV-32
4.3.2.1. Type-type Pembebanan	IV-32

4.3.2.2.	Pola Pembebanan Balok	IV-33
4.3.2.3.	Perhitungan Pembebanan	IV-35
4.3.3.	Penulangan Balok Anak	IV-37
4.3.3.1.	Penulangan Lentur dan Geser Balok Anak	IV-37
4.3.3.2.	Contoh Perhitungan Penulangan Balok Anak	IV-40
4.3.4.	Kontrol Lendutan dan Retak	IV-46
4.3.4.1.	Kontrol Lendutan	IV-48
4.3.4.2.	Kontrol Retak	IV-49
4.3.5.	Kontrol Guling	IV-35
4.3.6.	Pengangkatan Elemen Balok Anak	IV-52
4.4.	Perencanaan Tangga	IV-55
4.4.1.	Umum	IV-55
4.4.2.	Data-data perencanaan	IV-56
4.4.3.	Perhitungan Pelat Tangga	IV-56
4.4.4.	Pembebanan Tangga dan Bordes	IV-57
4.4.5.	Analisa Gaya-Gaya Dalam	IV-58
4.4.6.	Penulangan Pelat Tangga dan Bordes	IV-59
4.4.6.1.	Pelat Tangga	IV-59
4.4.6.2.	Pelat Bordes	IV-61

BAB V ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1.	Umum	V- 1
5.2.	Data-Data Perancangan	V- 1
5.3.	Perhitungan Pembebanan Pada Struktur Utama	V- 2
5.3.1.	Perhitungan Pembebanan Vertikal Pada Struktur	V- 2
5.3.2.	Perhitungan Berat Total Gedung	V- 3
5.3.3.	Perhitungan Gaya Horisontal Pada Struktur	V- 4
5.3.3.1.	Perhitungan Gaya Geser Dasar	V- 4
5.3.3.2.	Perhitungan Analisa Gempa Dinamis	V- 7
5.3.3.3.	Perhitungan Beban akibat Angin	V-10
5.4.	Pemodelan Struktur	V-13
5.4.1.	Kombinasi Pembebanan	V-16

5.4.2. Kontrol Periode (T)Getar Alami Struktur	V-17
5.4.3. Kontrol Gaya Gempa Dinamis	V-19
5.4.4. Kontrol Drift Antar Tingkat	V-21

BAB VI PERANCANGAN SRUKTUR UTAMA

6.1. Umum	VI-1
6.2. Perancangan Balok Induk	VI-1
6.2.1 Penulangan Balok NLFRS	VI-2
6.2.1.1. Penulangan Lentur Balok	VI-2
6.2.1.2. Penulangan Geser dan Torsi	VI-8
6.2.2. Penulangan Balok Kolektor Elemen	VI-11
6.2.3. Penulangan Stud Balok Induk	VI-12
6.2.4. Panjang Penyaluran	VI-16
6.2.5. Kontrol Balok Induk	VI-18
6.2.6. Pengangkatan Elemen Balok Induk	VI-21
6.3. Perancangan Kolom	VI-24
6.4.1. Umum	VI-24
6.4.2. Penulangan Kolom	VI-29
6.4.3. Penulangan Lentur Kolom	VI-30
6.4.4. Penulangan Geser dan Torsi Kolom	VI-35
6.4.5. Pengangkatan Elemen Kolom	VI-37
6.4. Perancangan ShearWall	VI-38
6.4.1. Umum	VI-38
6.4.2. Dasar-Dasar Perencanaan	VI-42
6.4.3. Penulangan Dinding Geser	VI-44
6.4.3.1. Kontrol Komponen Pembatas	VI-44
6.4.3.2. Chek Kekuatan Shearwall	VI-46
6.4.3.3. Penulangan Lentur Pada Shearwall	VI-47
6.4.3.4. Penulangan Geser Horisontal	VI-48
6.4.3.5. Penulangan Geser Vertikal	VI-51

BAB VII PERANCANGAN SAMBUNGAN

7.1. Umum	VII-1
7.2. Kriteria Perencanaan Sambungan	VII-2
7.3. Konsep Desain Sambungan	VII-4
7.3.1. Mekanisme Pemindahan Beban	VII-4
7.3.2. Pola-pola Kehancuran	VII-6
7.3.3. Stabilitas dan Keseimbangan	VII-7
7.3.4. Klasifikasi Sistem Pracetak dan Sambungan	VII-7
7.3.5. Pertimbangan-Pertimbangan Rancangan	VII-8
7.4. Perencanaan Sambungan Balok-Kolom	VII-11
7.4.1. Perencanaan Corbel Kolom	VII-11
7.4.2. Perencanaan Bearing On Plain Concrete	VII-18
7.4.3. Sambungan Balok-Kolom	VII-21
7.5. Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk	VII-23
7.6. Perencanaan Sambungan Antar Kolom	VII-28
7.7. Perencanaan Sambungan Pelat dengan Balok	VII-30
7.8. Perencanaan Sambungan Kolom-Base Plate	VII-30

BAB VIII PERANCANGAN PONDASI

8.1. Umum	VIII-1
8.2. Data Tanah	VIII-2
8.3. Perencanaan Tiang Pancang	VIII-2
8.4. Perhitungan Tiang Pancang Pada Kolom	VIII-6
8.4.1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	VIII-7
8.4.2. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang dan Dimensi Poer	VIII-8
8.4.3. Kekuatan Tiang Pancang Dalam Kelompok	VIII-9
8.4.4. Kontrol Beban Maksimum Tiang	VIII-9
8.4.5. Kontrol Kekuatan Pondasi Terhadap Gaya Lateral	VIII-10
8.4.6. Perhitungan Poer	VIII-11
8.4.6.1. Data-Data Perencanaan	VIII-11
8.4.6.2. Kontrol Geser Pons Pada Poer	VIII-11
8.4.6.3. Penulangan Lentur Poer	VIII-12

8.4.6.4. Penulangan Geser Poer	VIII-14
8.5. Perhitungan Tiang Pancang Pada ShearWall	VIII-14
8.5.1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	VIII-15
8.5.2. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang dan Dimensi Poer	VIII-15
8.5.3. Kekuatan Tiang Pancang Dalam Kelompok	VIII-15
8.5.4. Kontrol Beban Maksimum Tiang	VIII-16
8.5.5. Kontrol Kekuatan Pondasi Terhadap Gaya Lateral	VIII-17
8.6. Perencanaan Sloof (Tie Beam)	VIII-18
8.6.1. Data-data Perencanaan	VIII-18
8.6.2. Dimensi Sloof	VIII-19
8.6.3. Penulangan Lentur Sloof	VIII-20
8.6.4. Penulangan Geser Sloof	VIII-21

BAB IX PELAKSANAAN

9.1. Umum	IX-1
9.2. Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	IX-2
9.3. Proses Pemasangan dan Perakitan Elemen Beton Pracetak	IX-3
9.4.1. Pekerjaan Tiang Pancang	IX-5
9.4.2. Pekerjaan Poer	IX-5
9.4.3. Pekerjaan Sloof	IX-6
9.4.4. Pekerjaan Elemen Kolom Pracetak	IX-6
9.4.5. Pemasangan Elemen Balok Pracetak	IX-6
9.4.6. Pemasangan Elemen Pelat	IX-7
9.4. Transportasi Komponen Beton Pracetak	IX-7
9.4.1. Sistem Transportasi	IX-7
9.4.2. Jadwal Pengangkutan Elemen Beton Pracetak	IX-8
9.4.3. Penempatan Crane	IX-8

BAB X PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR PERENCANAAN



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 effectif dan efisien. Metode pracetak yang mempunyai beberapa keuntungan yang ada 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 banyaknya 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. Dengan digunakannya metode pracetak ini pada struktur-struktur tinggi, maka permasalahan utamanya adalah diperlukannya suatu ketentuan yang mengatur suatu struktur dengan metode pracetak yang 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 mengingat masih kurangnya peraturan-peraturan gempa di Indonesia maka perlunya diadakan penyempurnaan peraturan-peraturan yang ada saat ini.

Mngingat hal diatas itulah maka pada tugas akhir ini, penulis akan merencanakan struktur gedung RSUD Dr.Soetomo dengan menggunakan beton pracetak dengan perancangan struktur Building Frames System dengan shearwall memakai peraturan UBC97 untuk pemodelan strukturnya

1.2 TUJUAN

Tujuan utama penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan modifikasi ulang desain struktur dari gedung RSUD DR.Soetomo dengan menggunakan metode pracetak serta mengubah permodelan struktur yang semula menggunakan permodelan struktur sebagai Open Frames menjadi permodelan struktur Building Frame System .

1.3 LINGKUP PERMASALAHAN

Permasalahan yang timbul dalam pemanfaatan beton pracetak akan berbeda apabila dibandingkan menggunakan beton dengan system pengecoran setempat. Permasalahan misalnya bagaimana menciptakan suatu struktur bangunan yang monolit 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 selalu 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 gedung RSUD DR. Soetomo penulis merencanakan penggunaan teknologi pracetak adalah : balok anak, balok induk, dan kolom. Sedangkan elemen lainnya seperti tangga, overtopping dan shearwall direncanakan dengan metode cor setempat.
2. Pada perencanaan ini tidak melakukan analisa dari segi biaya, serta tidak membahas kecepatan pelaksanaan konstruksi menggunakan metode pracetak dibandingkan dengan metode cor ditempat .

1.5 METODOLOGI

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 literatur yang berkaitan dengan perencanaan.



2. Pendefinisian obyek perencanaan, masuk dalam tahapan ini adalah penentuan gedung sebagai objek perencanaan, peruntukan gedung, lokasi dibangunnya gedung yang selanjutnya dapat digunakan dalam pemilihan daktilitas untuk perencanaan ketahanan struktur bangunan terhadap beban gempa.
3. Preliminary design yang mencakup perkiraan dimensi elemen struktur.
4. Analisa pembebanan.
5. Permodelan struktur meliputi :
 1. Struktur utama dimodelkan sebagai *building frame system*. System ini menggunakan shearwall sebagai penahan beban lateral dan frame sebagai penahan beban gravitasi.
 2. Lantai dimodelkan sebagai sebuah diafragma yang memiliki tumpuan jepit pada perletakannya.
 3. 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. Bentuk struktur serta hasil perhitungannya akan dituangkan dalam bentuk gambar.



BAB II
DASAR - DASAR PERANCANGAN



BAB II

DASAR – DASAR PERANCANGAN

2.1 UMUM

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menggunakan gedung dengan tipe typical untuk kemudahan dalam merencanakan menggunakan teknologi precast . Dasar – dasar perancangan adalah segala sesuatu yang akan mendukung dalam merencanakan sebuah struktur . Dasar perancangan meliputi data – data teknik dilapangan , asumsi perancangan , maupun metode perhitungan yang digunakan Data – data teknis dapat diambil dari gambar perancangan misalnya ukuran fisik dari elemen bangunan seperti dimensi kolom maupun balok , tebal pelat dan lain sebagainya. Data teknis dapat pula didapatkan dari pencatatan mengenai keadaan dilapangan misalnya pencatatan keadaan tanah untuk selanjutnya dimanfaatkan dalam perhitungan pondasi , pengamatan dilokasi juga untuk menentukan zone gempa dari lokasi tempat dibangunnya sebuah bangunan ataupun penentuan beban angin yang akan diterima bangunan .

Asumsi perancangan adalah suatu permodelan 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. Dalam perhitungan pembebanan Frame diasumsikan tidak menahan beban lateral baik beban gempa maupun beban angin, namun demikian frames hendaknya harus memenuhi konsep



dasar perencanaan gempa dimana frames hendaknya tidak boleh rusak dalam menerima gempa kecil dan tidak boleh runtuh dalam menerima gempa besar.

Dasar perancangan diatas selanjutnya untuk menentukan metode perhitungan yang akan digunakan menghitung pelat , elemen unsur – unsur sekunder , elemen unsur- unsur primer guna.

2.2 DATA-DATA BANGUNAN

Gedung RSUD DR.Soetomo ini yang akan direncanakan fungsi utamanya adalah sebagai gedung rumah sakit. Untuk lebih mengefektifkan penerapan metoda pracetak yang digunakan dalam perancangan gedung ini, maka penulis melakukan beberapa modifikasi pada struktur gedung. Adapun data-data gedung adalah sebagai berikut :

1. Nama gedung : Gedung RSUD DR.Soetomo
2. Lokasi : Jl. Dharma Wangsa Surabaya
3. Tinggi gedung : 36 m.
4. Jumlah lantai : 8 lantai
5. Fungsi tiap lantai : Ruang Rumah Sakit
6. Bahan struktur :
 - Beton Pracetak untuk elemen balok utama, kolom, pelat atap & lantai.
 - Beton bertulang biasa untuk elemen dan tangga,dinding geser dan over topping



2.3 DATA TANAH

Data tanah didapatkan setelah dilakukan penyelidikan tanah, dari data hasil penyelidikan tanah dapat diketahui jenis tanah yang ada dan nilai SPT.

Dalam perancangan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji dari Standard Penetration Test (SPT).

2.4 PERATURAN-PERATURAN PERANCANGAN

Adapun peraturan-peraturan yang digunakan penulis dalam perancangan struktur adalah :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur beton untuk Bangunan Gedung
SKSNI T-15-1991-03
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
3. Uniform Building Code 1997 untuk perancangan struktur terhadap beban lateral
4. Peraturan beton bertulang Indonesia 1971 N.I-2 cetakan ke-7 1979
5. Buku Pedoman Perancangan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983
6. PCI Design Handbook
7. Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83)



2.5 PEMBEBANAN

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

1. *Beban mati (PPI 1983 Bab I 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 1983 Bab I pasal 1 ayat 1)*

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk 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. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Untuk beban hidup yang bekerja pada lantai gedung harus diambil menurut tabel 3.1 PPI 1983 dimana kedalam 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 RSUD DR. Soetomo yang direncanakan sebagai gedung perkantoran, beban hidup pada lantai gedung direncanakan adalah sebagai berikut :

- Lantai 1-7 : 250 kg/m² (tabel 3.1. ayat c PPI 1983)
- Atap : 100 kg/m²

3. *Beban angin (UBC 1997 Division III Wind Design)*

Beban angin harus diasumsikan segala arah horisontal . Pada perancangan RSUD DR. Soetomo ini kecepatan angin adalah 70 mph

4. *Beban gempa (UBC 1997)*

Dalam Tugas Akhir ini penulis merencanakan beban gempa untuk struktur gedung RSUD DR. Soetomo ini menggunakan analisa dinamis .

2.6 ASUMSI DAN METODE ANALISA

2.6.1. Asumsi

Asumsi yang diterapkan oleh penulis berkaitan dengan perancangan gedung RSUD DR. Soetomo ini adalah :

- Untuk perancangan pelat lantai dipakai pelat biasa , pelat masive.
- Struktur tangga direncanakan sebagai frame 2 dimensi. Untuk perletakan bawah diasumsikan sebagai jepit , dan perletakan pada bordes diasumsikan rol . Hal ini diasumsikan guna memberikan kesempatan bagi elemen tangga untuk mengalami pergerakan arah horisontal apabila menerima gaya horisontal.



- Untuk perletakan kolom dasar diasumsikan sebagai jepit.
- Frame hanya menahan beban gravitasi , sedangkan beban lateral ditahan oleh penahan gaya lateral yaitu shear wall.

2.6.2. Metode Analisa

Metoda analisa yang dimaksud adalah bentuk-bentuk atau cara-cara untuk membantu dalam penyelesaian analisa Tugas Akhir ini. Metode Analisa yang digunakan penulis adalah sebagai berikut :

1. Untuk analisa pembebanan dan penentuan gaya dalam menggunakan bantuan software analisa struktur utama menggunakan bantuan Software SAP 2000.
2. Untuk analisa pada elemen sekunder menggunakan bantuan software Software SAP 2000.
3. Analisa gaya dalam struktur sekunder (pelat) menggunakan tabel koefisien pada PBI 1971 dan mengikuti prosedur perancangan yang diatur dalam SKSNI T - 15 - 1991 - 03.

2.7 TINJAUAN BUILDING FRAME SYSTEM

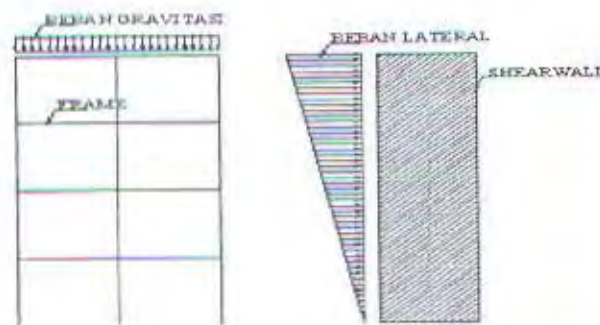
Sistem struktur dalam Uniform Building Code (*UBC*) 1997 disebutkan ada beberapa macam sistem struktur antara lain : Bearing Wall System, Building Frame System , Dual System dan Moment Resisting Frame.

Pengertian Building Frame System adalah sebuah sistem struktur dengan frame ruang yang cukup kuat untuk menopang beban gravitasi. Sedang untuk menopang beban lateral ditopang oleh braced frame ataupun shearwall. Pada zone



gempa kuat (3 dan 4) braced frame atau shearwall harus didesain seaman mungkin (1921.6), sedang pada zone gempa lemah tidak ada desain khusus untuk shearwall atau braced frame. frames yang tidak dirancang untuk ikut menahan gaya lateral (NLFR) harus mampu menopang beban gravitasi saat terjadi deformasi yang disebabkan oleh gaya gempa. Desain ini dijelaskan dalam pasal 1921.7. Bagian yang perlu dari frame untuk mendapatkan detailing khusus adalah pada daerah frames yang berhubungan langsung dengan pengaku lateral (Collector Element).

Dalam perancangan Gedung RSUD DR. Soetomo diasumsikan terletak pada daerah gempa 4 sehingga gaya lateral direncanakan keseluruhan ditopang oleh shearwall.



Gb. 2.1 Kontribusi Pembebanan pada Building Frame System



BAB III

DASAR - DASAR PERENCANAAN



BAB III

PENGANTAR BETON PRACETAK

3.1 DEFINISI BETON PRACETAK

Dalam mendefinisikan Beton Pracetak (*Precast Concrete*) penulis memperoleh 2 definisi dari 2 sumber yang berbeda, yaitu :

1. Definisi Beton Pracetak menurut *Plant Cast Precast and Prestressed Concrete (A Desain Guide)* :

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

2. Definisi Beton Pracetak menurut SKSNI T-15-1991-03 (psl 3.9.1) :

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

3.2 BETON PRACETAK SEBAGAI MATERIAL DAN SEBAGAI METODE KONSTRUKSI

Sebagai elemen beton yang tidak dicetak di posisi terakhirnya, maka pada elemen-elemen beton pracetak digunakan tulangan biasa atau dengan tendon pratekan. Apabila pratekan digunakan untuk memproduksi elemen-elemen beton



pracetak, pretension adalah metode yang biasanya digunakan, dimana tendon yang digunakan terlebih dahulu diberi tegangan sebelum pengecoran dilakukan.

Beton Pracetak bisa sebagai metode konstruksi dan material konstruksi. Beton Pracetak diproduksi dibawah kontrol kualitas yang lebih terjamin di dalam pelaksanaannya. Kekuatan beton yang dipakai berkisar antara 4000 sampai 6000 psi dan dengan kekuatan tinggi lebih disukai untuk menjamin kemudahan dan rata-rata produksi yang tinggi didalam pelaksanaannya. Bentuk-bentuk yang digunakan adalah kualitas yang lebih baik daripada yang biasanya digunakan pada beton cor di tempat (*Cast In Situ*). Beton cor ditempat memerlukan lebih banyak bekisting dan minimal dalam pemakaian ulang maksimal 10 kali, sedangkan untuk beton pracetak bekisting kayu dan fiberglass bisa dipakai sampai 50 kali dengan sedikit perbaikan. Bekisting beton dan baja bisa dipakai sampai jangka waktu tak terbatas. Dengan beton pracetak, arsitek mempunyai keleluasaan dalam desain dan dengan total biaya produksi yang lebih rendah, cukup memberikan ukuran dan pengulangan dari unit-unit tersebut.

Dalam pemakaian beton pracetak, ada kontrol yang lebih besar dari bentuk permukaan yang tidak mudah diperoleh dengan beton yang di cor ditempat. Sebagai material, beton pracetak bisa dipakai sebagai unsur non struktural atau unsur struktural.

Sebagai metode konstruksi, beton pracetak bisa sangat mengurangi total waktu proyek konstruksi sejak unit-unit atau komponen-komponen pracetak disiapkan, sementara fase atau item pekerjaan yang lain seiring dengan itu juga dilaksanakan.



3.3 PABRIKASI BETON PRACETAK

Fabrikasi beton pracetak dibagi dalam 2 bagian :

1. Pabrikasi di lokasi proyek (tidak permanen)

Fabrikasi yang tidak permanen ini dilakukan apabila luas areal dimana proyek tersebut dikerjakan cukup memadai. Disamping itu pula lingkungannya mendukung untuk pergerakan transportasi dari komponen pracetak itu sendiri. Umumnya fabrikasi yang tidak permanen sesuai dengan istilahnya bahwa pabrik tersebut akan dibongkar setelah proses fabrikasi untuk proyek tersebut sudah selesai atau dengan kata lain umur pabrik sesuai dengan umur proyek.

2. Pabrikasi yang bersifat permanen

Fabrikasi yang permanen ini untuk melayani segala kebutuhan sesuai dengan kapasitas atau kemampuan produksi dari pabrik tersebut. Pabrik yang permanen biasanya membutuhkan areal yang sangat luas, dikarenakan produksinya akan dilakukan secara massal dan tentunya harus didukung dengan lokasi sumber bahan baku yang relatif dekat ke lokasi pabrik. Begitu pun halnya dengan sarana jalan yang memadai guna transportasi komponen pracetak dari pabrik ke lokasi proyek yang dituju.

3.4 FILOSOFI DESIGN

Konstruksi beton pracetak yang potensial dipakai untuk memutuskan sebagian atau seluruh dari struktur gedung dipakai 3 dasar filosofi design :

1. Elemen pracetak biasa dan elemen pracetak pratekan yang fungsi utamanya sebagai bentuk-bentuk dan/atau "pin ended". Elemen-elemen struktur dan



pengurangan atau bahkan menghilangkan sama sekali waktu yang dibutuhkan untuk Shoring dan Forming. Bagian-bagian beton pratekan tetap sebagai bagian dari penyelesaian konstruksi dan mengandung tulangan guna mendukung beban-beban vertikal (atau beban angin yang tegak lurus atau gaya-gaya gempa pada elemen-elemen panel). Untuk sistem-sistem penahan gaya lateral digunakan diafragma atau design sambungan yang sesuai. Elemen beton pracetak dan pracetak yang dipratekan tidak membentuk sistem penahan beban lateral dalam gedung.

2. Elemen pracetak dan pracetak yang dipratekan dari sebuah sistem struktural itu sendiri, memikul beban-beban vertikal sebagai pelayanan dari bentuk sistem penahan beban lateral didalam memindahkan atau mentransfer gaya-gaya ke pondasi. Potongan-potongan beton pratekan secara tersendiri digabungkan di dalam struktur secara keseluruhan dengan bermacam-macam type sambungan mekanis atau sambungan groute.
3. Elemen beton pracetak dan beton pracetak yang dipratekan dipakai dalam bermacam-macam kombinasi dari 2 konsep sebelumnya didapatkan keuntungan dari aspek-aspek positif dari kedua sistem. Untuk contoh, beton pracetak shear wall dengan sambungan mekanis boleh jadi digabung dengan beton cor ditempat frame-frame penahan momen ductile untuk pengadaannya memerlukan total dumping dan resapan energi untuk menahan beban siklis.



3.5 TRANSPORTASI KOMPONEN PRACETAK

Pergerakan elemen-elemen pracetak sejak dari lokasi fabrikasi sampai ke lokasi proyek merupakan bagian yang terpenting dari rencana penggunaan elemen pracetak. Alat transportasi seperti truk dan trailer juga harus disesuaikan dengan elemen yang akan diangkut, demikian pula halnya dengan jalan yang akan dilewati harus cukup memenuhi syarat baik lebar, kemampuan maksimal dari jalan dalam menerima beban sesuai desain awalnya dan syarat-syarat lainnya yang mendukung kelancaran pergerakan dari transportasi elemen pracetak tersebut.

Dalam perencanaan pengangkutan elemen pracetak dari lokasi pabrik sampai pada posisi terakhir elemen pracetak tersebut akan dipasang minimal harus dipertimbangkan :

1. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai lokasi
2. Jadwal pemasangan elemen pracetak sesuai schedule rencana
3. Alternatif jalan lain yang dilewati seandainya pada salah satu jalan alternatif terjadi hambatan
4. Daya tampung gudang diproyek dalam menerima pengiriman elemen pracetak
5. Kemampuan tower crane dalam mengangkat elemen pracetak
6. Kejelian dalam pemberian tanda lokasi dimana elemen pracetak akan ditempatkan sehingga sekecil mungkin dihindari kesalahan pengangkatan oleh tower crane yang disebabkan kesalahan pemberian tanda lokasi pada elemen pracetak dalam struktur

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.

Meskipun demikian yang diinginkan perencanaan, akan tetapi harus tetap menjadi pemikiran bahwa pemasangan elemen pracetak tidak bisa dilakukan seketika begitu truk atau trailer yang mengangkut elemen pracetak tersebut tiba di lokasi proyek, dikarenakan keterkaitannya dengan item pekerjaan yang lain terutama dengan sambungan dari elemen tersebut. Oleh karena itu tetap diperlukan adanya gudang guna penumpukan elemen pracetak di lokasi proyek. Namun yang menjadi target kita sebagai perencana adalah menyiapkan luas gudang semimumimum mungkin sesuai kebutuhan sehingga tidak terlalu banyak memakai areal proyek.

3.6 PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

Dalam pemasangan elemen pracetak ke lokasi/posisi terakhirnya, maka beberapa hal yang harus menjadi pemikiran kita sebagai perencana adalah sebagai berikut :

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



3.6.1. 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.

3.6.2. 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.



3.6.3. Siklus Pemasangan

Secara garis besarnya siklus pemasangan dari elemen-elemen pracetak dapat dijabarkan sebagai berikut :

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

3.6.4. Tenaga

Dalam penggunaan elemen pracetak pemakaian tenaga menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan sistem konvensional (cor ditempat). Justru 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.

3.7 BEBERAPA TYPE ELEMEN PRACETAK

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

3.7.1. Pelat

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

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



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

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

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

3.7.2. Balok

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

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

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

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

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

3.8 BEBERAPA TYPE SAMBUNGAN

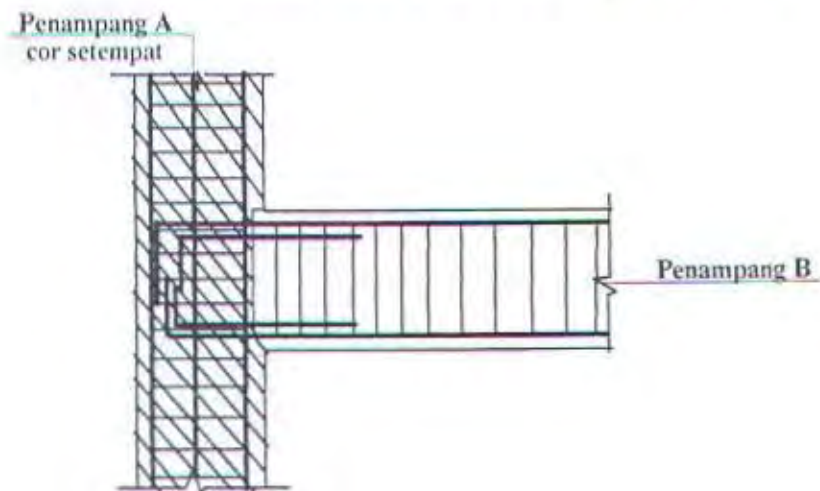
Pada tugas akhir ini penulis akan membahas beberapa type sambungan, yaitu :

1. Sambungan daktail dengan cor setempat
2. Sambungan daktail dengan las
3. Sambungan daktail mekanik
4. Sambungan daktail menggunakan sistem baut

3.8.1. Sambungan Daktil dengan Cor Setempat

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

Untuk menjamin dari kontinuitas dari elemen-elemen balok pracetak serta agar sendi plastis yang terjadi pada penampang dapat monolit maka penempatan sendi plastis direncanakan agar mapu menahan momen. Pada gambar dibawah ini dijelaskan kemampuan menahan momen pada penampang A lebih besar daripada kemampuan menahan momen dari sendi plastis pada penampang B (Gambar 3.1.)



Gbr. 3.1. Sambungan Daktil dengan Cor Setempat

3.8.2. Sambungan Daktil dengan Las

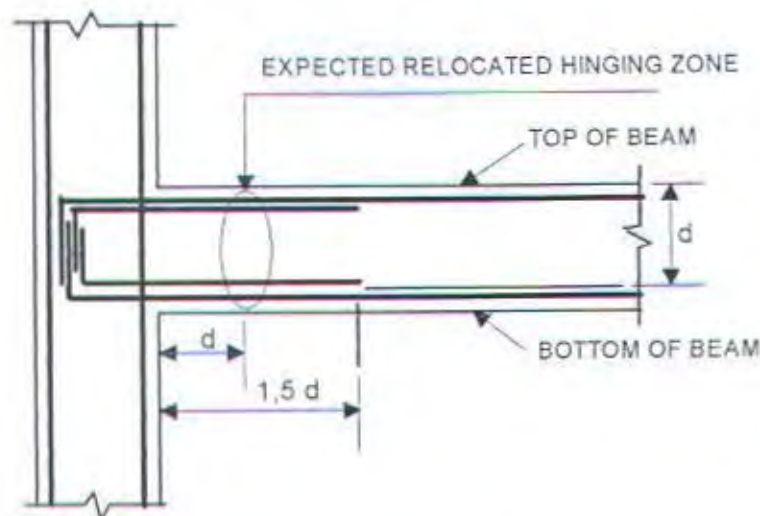
Ochs and Ehsani (1993) mengusulkan 2 (dua) sambungan las pada penempatannya dilokasi sendi plastis pada permukaan kolom sesuai dengan filosofi strong column-weak beam. Dalam hal ini gedung harus direncanakan sehingga

flexure hinge terbentuk pada ujung balok didekat kolom.

Konsep terjadinya sendi plastis pada balok yang terletak dekat permukaan kolom mempunyai beberapa keuntungan dari detailnya adalah tuntutan daktilitas dan kekuatan. Pada struktur monolit hal ini terjadi reduksi pada panjang penyaluran tulangan di daerah sambungan.

Balok yang terdapat pada permukaan kolom dirancang mempunyai nominal kapasitas lentur sekitar 25 % lebih besar daripada momen maksimum yang terjadi. Gambar 3.2. menjelaskan dari konsep sambungan ini.

Rasio dan kapasitas momen nominal dari balok yang terjadi dilokasi sendi plastis diujung balok harus dipilih berdasarkan diagram momen pada ujung balok. Bila sambungan diletakan pada titik-titik dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungan harus mampu berotasi bolak-balik secara plastis tanpa mengurangi kekuatan momen dan kapasitas geser dari joint tersebut.

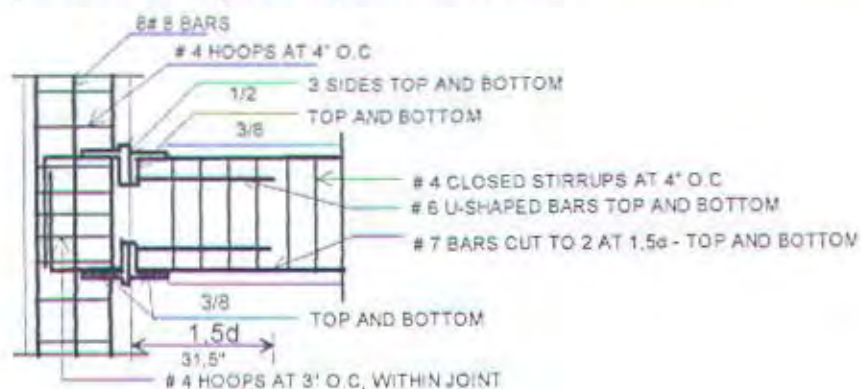


Gbr. 3.2. Skematis dari detail balok dengan penempatan sendi plastis.

Keuntungan dari cara ini adalah dari segi pengerjaan dan pelaksanaannya, karena elemen-elemennya tunggal dan berbentuk lurus, pengangkutan dan pengangkatan lebih mudah sehingga lebih ekonomis.

Pada pelaksanaan sistem ini diambil contoh menggunakan kolom dan balok yang disambung dengan las. Untuk pertemuan antara balok dan kolom, pada balok serta kolom dipasang pelat baja yang ditanam masuk pada daerah tulangan kolom yang kemudian dicor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Pada kedua ujung balok pelat baja ditanam pada bagian atas dan bawah (Gambar 3.3). Pada perakitan komponen pracetak yang menggunakan las, untuk kolom terlebih dahulu berdiri kemudian digunakan pengelasan pada kedua pelat tersebut untuk menyambungkannya dengan balok.

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan kedua cara penempatan sendi plastis semuanya menunjukkan hasil memuaskan sehingga tidak ada masalah apabila digunakan pada daerah gempa. Beton pracetak dengan penempatan lokasi sendi plastis adalah sebanding dengan *cast in-place* dalam hal kekuatan dan daktilitasnya, dimana sendi plastis itu ditempatkan dipermukaan kolom.

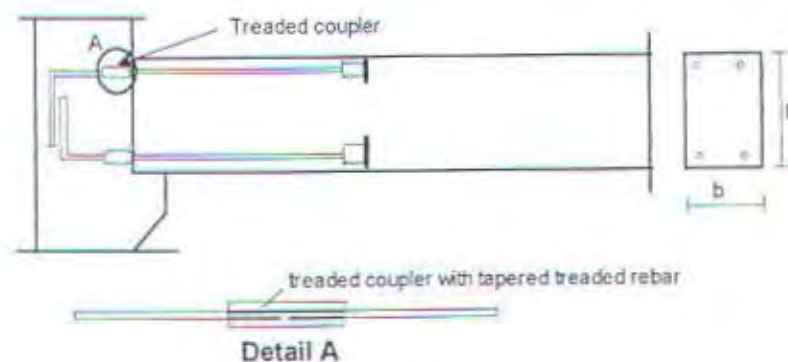


Gbr. 3.3. Sambungan Daktil dengan Las

Bagian kritis pada sambungan pracetak adalah pengelasan tulangan balok dimana dapat menimbulkan kegagalan. Oleh karena itu perlu perhatian khusus pada kualitas dari pengelasan pada pelat pracetak dan tulangan perkuatan. Kelemahan dengan sistim menggunakan sambungan las pada balok-kolom adalah biaya relatif sangat besar dan pekerjaan lebih sulit karena memerlukan ketelitian dalam pengelasan.

3.8.3. 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.



Gbr. 3.4. Sambungan Daktail Mekanik

Treaded 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. Pelaksanaan alat sambungan ini perlu sekali ketrampilan dan keahlian khusus.

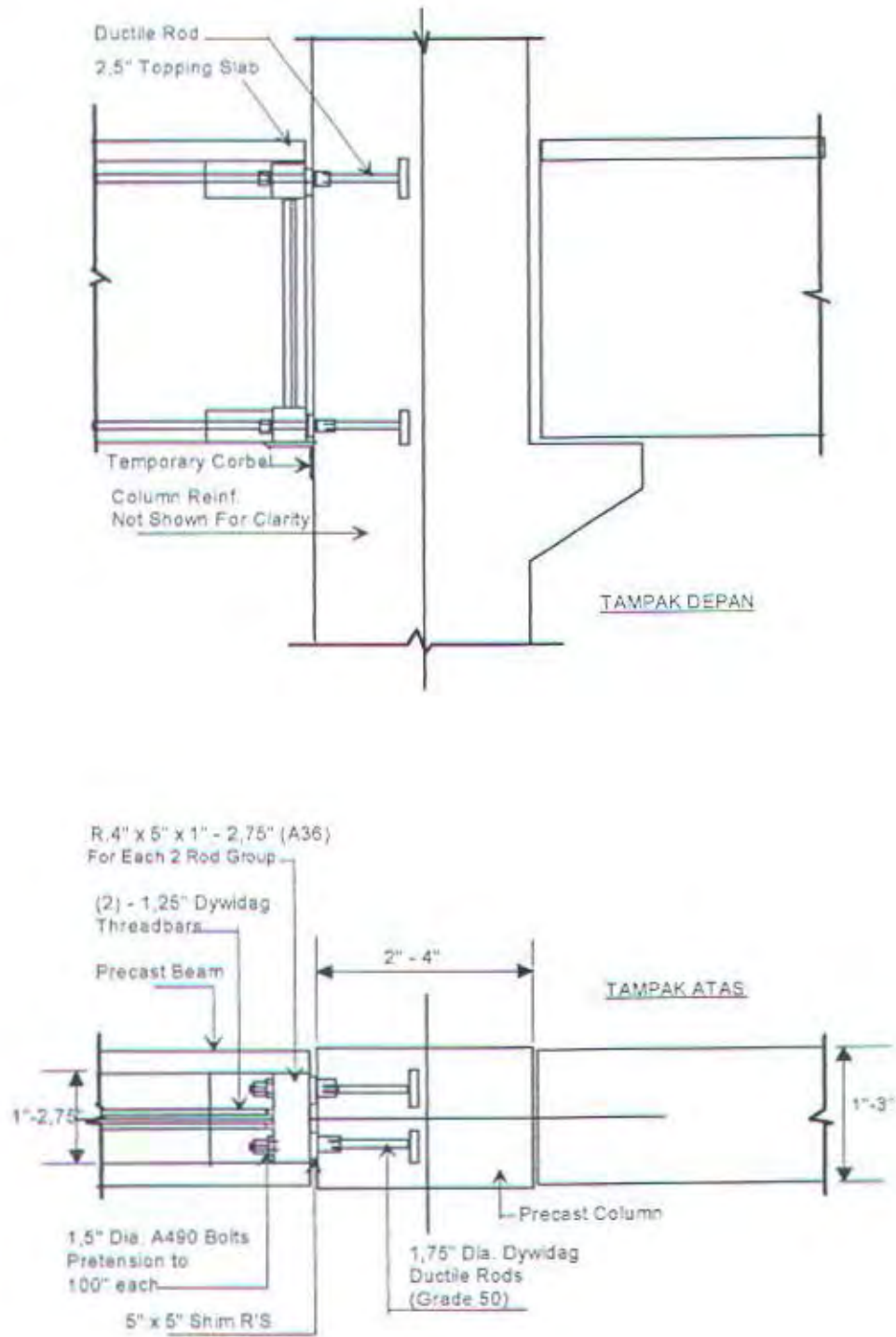
3.8.4. Sambungan Daktail dengan Sistem Baut

Sistem frame beton pracetak baru-baru ini memberikan keuntungan dari penyatuan elemen beton pracetak yang terpisah-pisah dengan menggunakan daktail untuk menyambungannya. Penyambungan daktail ini berisi sebuah tongkat yang akan leleh pada kekuatan tertentu, berhasil membatasi beban yang ditransfer untuk kehilangan daktilitas dari komponen frame.

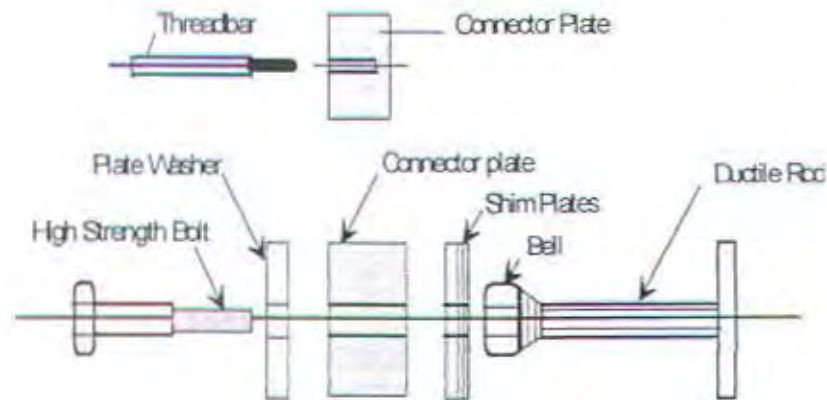
Englekirk and Nakaki, Inc. Irvine California dan Dywidag System International USA, Inc. Long Beach California telah mengembangkan sistem menggunakan penyambungan daktail yang dikenal dengan DDCF system (Ductile Precast Concrete Frame System) ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Penyambungan ini mengijinkan balok dan kolom dibuat sendiri-sendiri dan digabungkan atau disambungkan oleh baut pada permukaan kolom. Dari hasil percobaan sistem diatas, menunjukkan bahwa DPCF ini berperilaku monolit lebih baik, khususnya momen resisting space frame, karena memberikan drift gedung 4% tanpa kehilangan kekuatan pada saat terjadi post-yield cycles.

Dywidag Ductile Connector (DDC) umumnya digunakan pada satu konfigurasi. DDC Hardware (Gambar 3.6.) telah dikembangkan untuk menjamin bahwa pelelehan dari batang daktail adalah sambungan lemah dari segala sistem.



Gbr. 3.5. Sambungan Frame Balok-Kolom



Gbr. 3.6. Dywidag Ductile Connector (DDC) Hardware

Property	Ductile Rod	A 706 Reinforcing
Yield Strength, Minimum	50 Ksi	60 Ksi
Yield Strength, Maximum	1.10 Fy	1.36 Fy
Tensile Strength	1.50 Fy	1.30 Fy
Elongation	35 percent in 2 in	10 percent in 8 in

Note : 1 in = 25,4 mm ; 1 Ksi = 6,895 Mpa

Pada pelaksanaan sambungan ini langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Tongkat daktail dimasukkan untuk menerima baut berkekuatan tinggi, disatukan dalam kolom menggunakan sebuah template untuk menjamin kelurusan dengan pelat sambungan balok saat dirakit. Penyambungan pelat selalu dimasukkan untuk menerima balok kekuatan tinggi (1034 Mpa) lalu menjadi kekuatan utama pada balok tersebut.
2. Setelah kolom bawah didirikan, maka balok pracetak dapat diletakkan dengan bantuan crane pada muka kolom dengan menggunakan *temporary erections angles* untuk melakukan ereksi. Temporary korbekel ini dibuat untuk menahan berat dari



balok dan pelat serta untuk menahan gaya geser beban mati akibat pelat . pada dasar digunakan baut dengan cara dikencangkan.

Konstruksi DPCF menjanjikan kecepatan pelaksanaannya sehingga sama dengan konstruksi baja. Setelah baut dimasukkan dan sambungan telah lengkap tidak perlu lagi pengelasan atau *grouting struktural* . Grout setempat dilakukan pada balok dan kolom, tetapi grout ini tidak struktural melainkan hanya memberikan proteksi pada baja saja. Penyaluran gaya disalurkan oleh baja yang terdapat pada pertemuan tersebut.

3.9 KEUNTUNGAN BETON PRACETAK

Kualitas komponen beton pracetak dan beton pracetak diprategan yang diproduksi dibawah kondisi kontrol kualitas yang ideal akan mempunyai beberapa keuntungan sebagai berikut :

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

Elemen pracetak yang diprategan akan menyebabkan tebalnya menjadi minimum. Elemen struktur 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 vertikal dan horisontal secara lebih mudah. Misalnya untuk listrik, saluran air kotor dan lain sebagainya dengan biaya lebih rendah.

6. Sedikit perawatan (*Low maintenance*)

Proses fabrikasi 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 dibawah kapasitas produksi maksimum.

8. Ekonomis (*Economy*)

Secara keseluruhan penggunaan pracetak mempunyai keuntungan biaya ala rendah dan dapat dilakukan penghematan biaya yang lain. Mahalnya tenaga



kerja dilapangan 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 fabrikasi.

10. Tahan kebakaran (*Fire Resintance*)

Beton pracetak tidak mudah terbakar adalah material yang baik untuk mencegah menjalarnya api pada gedung atau antara gedung. Manfaat yang melekat dalam konstruksi beton menjamin keamanan bagi penghuni dari kebakaran.

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

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

12. 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.

13. Kecepatan konstruksi (*Speed of Construction*)

Konstruksi beton pracetak akan sangat menghemat waktu pelaksanaan.



3.10 APLIKASI SISTEM PRACETAK PADA GEDUNG RSUD DR SOETOMO

Dari semua metode sambungan yang diperkenalkan, untuk pemilihannya tergantung pada kondisi tempat dimana proyek akan dilaksanakan. Misalnya seperti di Amerika, perimbangan yang dilakukan di negara tersebut tidak sama dengan di Indonesia. Selain faktor teknis, konfigurasi sistem struktur serta pendetailan sambungan antara elemen pracetak serta metode penyambungannya, tetapi masalah ketrampilan tenaga kerja dilapangan serta ongkos tenaga kerja dan hak cipta dari alat penyambung.

Untuk perencanaan gedung RSUD Dr Soetomo ini, penulis merencanakan jenis-jenis elemen pracetak yang dipakai, sistem pabrikasi serta sistem sambungannya adalah sebagai berikut :

1. Pelat lantai dan pelat atap direncanakan menggunakan jenis pelat pracetak tidak berlubang (*Non Hollow Core Slab*)
2. Balok utama dan balok anak direncanakan menggunakan jenis balok pracetak berpenampang persegi (*Rectangular Beams*)
3. Sambungan yang dipakai adalah sambungan daktail dengan cor setempat atau sambungan basah.
4. Elemen balok pracetak dan pelat pracetak diasumsikan dibuat dilokasi proyek, kemudian dirakit dengan kolom yang dicor setempat. setelah itu elemen pelat pracetak dapat dipasang yang dilanjutkan dengan pengecoran topping pelat.



BAB IV
PERENCANAAN
STRUKTUR SEKUNDER



BAB IV

PERANCANGAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1. UMUM

Di dalam perencanaan suatu struktur bangunan perencanaan struktur sekunder meliputi bagian-bagian yang meliputi pelat, balok anak & tangga. Dimana struktur sekunder ini merupakan bagian-bagian yang tidak berfungsi sebagai struktur yang dapat menahan kekakuan dari gedung secara keseluruhan, tetapi dapat mengalami tegangan-tegangan akibat beban-beban yang bekerja langsung padanya atau perubahan bentuk dari struktur primer.

Dalam tugas akhir ini, perencanaan struktur sekunder dari gedung RSUD Dr. Soetomo menggunakan metoda pracetak kecuali struktur tangga direncanakan cor setempat.

4.2. PERENCANAAN PELAT PRACETAK

Didalam perencanaan system pelat, sistem pelat yang dipakai adalah solid slab yaitu gabungan antara pelat pracetak dengan cor setempat yang akan membentuk suatu aksi komposit.

Perencanaan pelat dari beton pracetak dikerjakan melalui 2 (dua) fase perencanaan, yaitu :

1. Metode pracetak, yaitu fase daripada perencanaan beton pracetak itu sendiri sebelum beton tersebut dipasang (pada waktu pabrikasi) dan dirakit menjadi satu kesatuan dengan elemen struktur lainnya.



2. Pengecoran overtopping dari pelat lantai setelah elemen pelat lantai pracetak tersebut dipasang (pengecoran diatas pelat pracetak) pada akhir penempatannya. Diharapkan dengan pengecoran overtopping tersebut beberapa elemen pelat yang dirakit dapat menjadi satu kesatuan yang monolit.

Sedangkan didalam perhitungannya pelat dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Pelat satu arah

Yaitu pelat yang panjangnya apabila dibandingkan dengan lebarnya besarnya melebihi 2. Pada pelat satu arah pembebanan yang terjadi diterima oleh balok-balok (pada bagian yang lebih panjang) dan hanya diterima sebagian kecil oleh balok-balok yang lebih pendek.

2. Pelat dua arah

Yaitu pelat yang panjangnya apabila dibandingkan dengan lebarnya besarnya kurang dari 2. Pada pelat dua arah pembebanan yang terjadi diterima oleh seluuh komponen balok disekeliling panel dari pelat.

4.2.1. Preliminary Design

4.2.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Dimensi balok seperti disyaratkan pada SKSNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut

□ Balok Utama

$$h = \frac{1}{16} \times L \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{SK SNI 3.2.5 - (a)})$$

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

dimana :



- L = bentang kotor balok (cm)
Fy = mutu tulangan baja (MPa)
h = tinggi balok (cm)
b = lebar balok (cm)

Hasil perhitungan :

Balok Induk

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$h = \frac{1}{16} \times L \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{SK SNI 3.2.5 - (a)})$$
$$= \frac{1}{16} \times 800 \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right)$$
$$= 42.85 \approx 75 \text{ cm}$$

dengan syarat :

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \text{ maka } b = 45 \text{ cm}$$

Jadi dimensi Balok Induk direncanakan 45/75 cm

Balok Anak

$$L = 720 \text{ cm} \quad (\text{menerus})$$

$$h = \frac{1}{21} \times L \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{SK SNI 3.2.5 - (a)})$$
$$= \frac{1}{21} \times 720 \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right)$$
$$= 29.39 \approx 60 \text{ cm}$$

dengan syarat :

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \text{ maka } b = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi Balok Anak direncanakan 40/60

4.2.1.2. Perencanaan Tebal Pelat

Preliminary design pelat dilakukan sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah dan didesain hanya menerima beban lentur saja. Hal ini didasarkan pada dimensi dari



pelat mempunyai perbandingan bentang panjang dan pendek yang tidak melebihi atau sama dengan 2

(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6.1.2)

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3.3. yaitu :

$$h_1 = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0.12 \left(1 + \frac{l}{\beta} \right) \right]} \quad (\text{SK SNI psl 3.2. -12})$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad (\text{SK SNI psl 3.2. -13})$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h_3 = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} \quad (\text{SK SNI psl 3.2. -14})$$

Ketiga perumusan diatas menggunakan nilai f_y dengan satuan Mpa.

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

- 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_m = nilai rata-rata dari α untuk semua balok pada tepi



dari suatu panel

α = rasio dari kekakuan lentur penampang balok

terhadap kekakuan pelat

$$= \frac{Ecb \times Ib}{Ecs \times Is}$$

dimana :

$$Ecb = Ecs$$

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

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

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

dimana :

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

t = tebal pelat

bw = lebar balok

h = tinggi balok

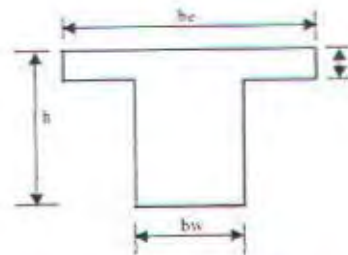
Menurut SK SNI T-15-03 1991 3.1.10 disebutkan beberapa kriteria menentukan lebar efektif (be) dari balok T.

Interior

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

$$be_2 = 16 \cdot t + bw$$

$$be_3 = L_n - bw$$



Gbr. 4.1 Balok Interior

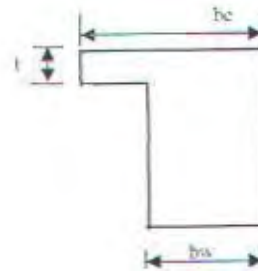


Eksterior

$$be_1 = \frac{1}{12} L_n + bw$$

$$be_2 = 6.t + bw$$

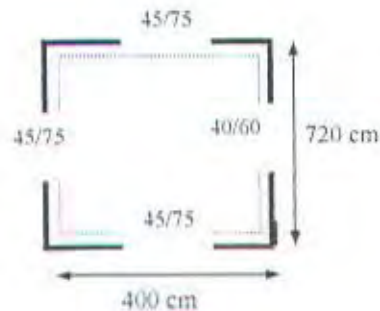
$$be_3 = \frac{1}{2} \cdot L_n + bw$$



Gbr. 4.2 Balok Eksterior

Didalam struktur gedung RSUD Dr.Soetomo terdapat dua macam ukuran/bentuk pelat :

1. Ukuran pelat 400 cm x 720 cm



$$L_n = 720 - (45/2 + 45/2) = 675 \text{ cm}$$

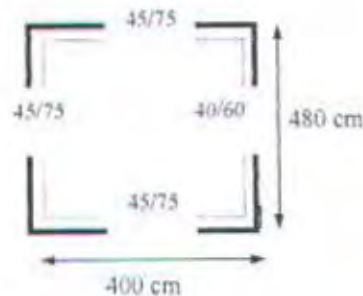
$$S_n = 400 - (45/2 + 40/2) = 357.5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{675}{357.5} = 1.89$$

Pelat dua arah

Gbr.4.3 Pelat 400cm x 720cm

2. Ukuran pelat 400 cm x 480 cm



$$L_n = 480 - (45/2 + 45/2) = 435 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 - (45/2 + 40/2) = 357.5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{435}{357.5} = 1.22$$

Pelat dua arah

Gbr.4.4 Pelat 400cm x 480cm



Dari denah perencanaan, pelat atap dan pelat lantai telah ditentukan ukurannya dan jenis pelat adalah tipikal serta termasuk pelat dua arah.

Perhitungan Tebal Pelat

Perhitungan tebal pelat pelat atap dan lantai dihitung menggunakan tabel perhitungan untuk mempermudah pengerjaan, dimana karena perencanaan gedung RSUD.Dr.Soetomo ini menggunakan pelat pracetak maka tebal pelat diusahakan seragam untuk mempermudah didalam pelaksanaan

Perhitungan tebal pelat yang direncanakan dibuat seragam pada semua macam tebal pelat, dan karena pelat direncanakan sebagian pelat pracetak dengan overtopping (cor setempat), maka tebal pelat yang direncanakan yaitu :

1. Tebal Pelat Atap 14 cm.

Dimana :

- Tebal Pelat Pracetak : 8 cm
- Tebal Overtopping : 6 cm

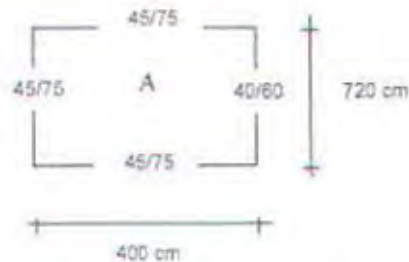
2. Tebal Pelat Lantai 14 cm

Dimana :

- Tebal Pelat Pracetak : 8 cm
- Tebal Overtopping : 6 cm

Contoh Perhitungan Tebal Pelat

Pada contoh perhitungan tebal pelat lantai ini dipakai pelat lantai tipe A2, dimana tebal pelat yang direncanakan yaitu 14 cm.



Gbr.4.5. Sketsa pelat lantai A

$$L_n = 720 - (45/2 + 45/2) = 675 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 - (45/2 + 40/2) = 357.5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{675}{357.5} = 1.89$$

Pelat dua arah.

- Tinjauan Balok interior

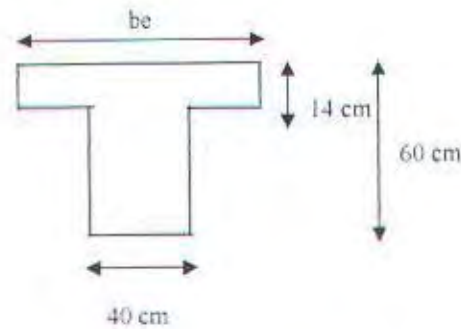
Balok : 40/60 bentang 720 cm

$$be_1 = 180 \text{ cm}$$

$$be_2 = 264 \text{ cm}$$

$$be_3 = 720 \text{ cm}$$

Diambil $be = 180 \text{ cm}$



$$k = \frac{1 + \left(\frac{180}{40} - 1\right) \left(\frac{14}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{60}\right) + 4 \left(\frac{14}{60}\right)^2 + \left(\frac{180}{40} - 1\right) \left(\frac{14}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{180}{40} - 1\right) \left(\frac{14}{60}\right)}$$

$$= 1.84$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1.84$$

$$= 1322750.95 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 720 \times 14^3$$

$$= 164640.00 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 8.03$$



• Tinjauan Balok Interior

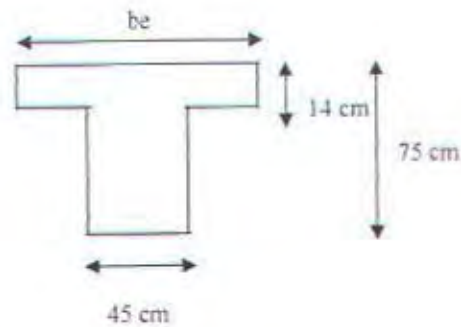
Balok : 45/75 bentang 720 cm

$$be1 = 180 \text{ cm}$$

$$be2 = 264 \text{ cm}$$

$$be3 = 720 \text{ cm}$$

Diambil $be = 180 \text{ cm}$



$$k = \frac{1 + \left(\frac{180}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{75}\right) + 4 \left(\frac{14}{75}\right)^2 + \left(\frac{180}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{180}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)}$$

$$= 1.73$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 45 \times 75^3 \times 1.73$$

$$= 2739934.90 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 720 \times 14^3$$

$$= 164640.00 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 16.4$$

• Tinjauan Balok Ekterior

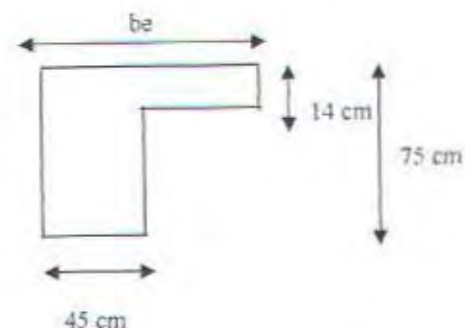
Balok : 45/75 bentang 400 cm

$$be1 = 78.33 \text{ cm}$$

$$be2 = 129 \text{ cm}$$

$$be3 = 200 \text{ cm}$$

Diambil $be = 78.33 \text{ cm}$





$$k = \frac{1 + \left(\frac{78.33}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{75}\right) + 4 \left(\frac{14}{75}\right)^2 + \left(\frac{78.33}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{78.33}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)}$$

$$= 1.25$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 45 \times 75^3 \times 1.25$$

$$= 1971035.79 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 400 \times 14^3$$

$$= 91466.67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 21.55$$

• Tinjauan Balok Interior

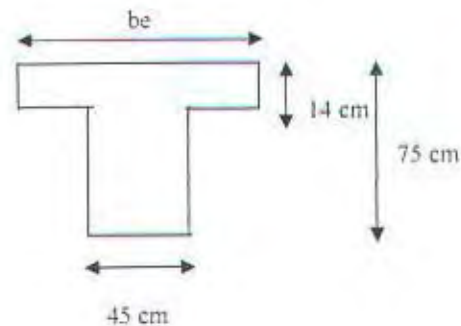
Balok : 45/75 bentang 400 cm

$$be1 = 100 \text{ cm}$$

$$be2 = 269 \text{ cm}$$

$$be3 = 400 \text{ cm}$$

Diambil $be = 100 \text{ cm}$



$$k = \frac{1 + \left(\frac{100}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{75}\right) + 4 \left(\frac{14}{75}\right)^2 + \left(\frac{100}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{100}{45} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)}$$

$$= 1.38$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 45 \times 75^3 \times 1.38$$

$$= 2177837.64 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 400 \times 14^3$$

$$= 91466.67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 23.81$$



$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{1}{4}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) \\ &= \frac{1}{4}(8.03 + 16.64 + 21.55 + 23.81) \\ &= 17.51\end{aligned}$$

Untuk pelat dua arah, ketebalan pelat harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3.3 yaitu :

$$o \quad h_1 = \frac{675 \times \left(0.8 + \frac{320}{1500}\right)}{36 + 5(1.89) \times \left[17.51 - 0.12 \left(1 + \frac{1}{1.89}\right)\right]} = 3.42 \text{ cm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$o \quad h_2 = \frac{675 \times \left(0.8 + \frac{320}{1500}\right)}{36 + 9 \times 1.89} = 12.9 \text{ cm}$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$o \quad h_3 = \frac{675 \times \left(0.8 + \frac{320}{1500}\right)}{36} = 19 \text{ cm}$$

Untuk $\alpha_m \geq 2$ maka tebal minimum pelat adalah 9 cm

Jadi tebal pelat A2 yang direncanakan yaitu 14 cm sudah memenuhi syarat dan bisa digunakan.

Dari Lampiran dapat diketahui bahwa tebal pelat yang direncanakan pada pelat atap dan pelat lantai memenuhi syarat dan bisa dipergunakan.

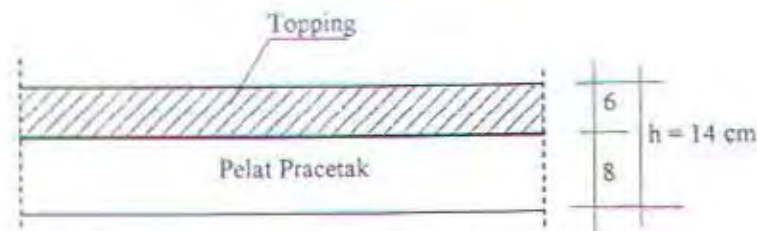
4.2.2. Pembebanan Struktur Pelat

Peraturan yang digunakan sebagai patokan 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 meyatu 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 .

Permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat.

Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan penggunaan hanya tulangan lapangan saja. Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan jepit dengan penulangan pada lapangan maupun pada tumpuan. Penulangan akhir nantinya merupakan dipilih pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.



Gbr. 4.6. Sket Potongan Pelat Lantai Pracetak



- Beban Mati (PPI'83 pasal 2.2.)
 - Beton bertulang = 2400 kg/m^2
 - Plafond + penggantung = 18 kg/m^2
 - Kusen + kaca = 40 kg/m^2
 - Ducting AC + pipa = 30 kg/m^2
 - Tegel (1 cm) = 24 kg/m^2
- Beban Hidup (PPI'83 pasal 3.1 dan pasal 3.2)
 - Pelat atap gedung = 100 kg/m^2
 - Pelat Lantai = 250 kg/m^2

Beban-beban yang bekerja pada pelat :

1. Pembebanan Pelat lantai

▪ Sebelum Komposit

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = $0.08 \times 2400 = DL = 192 \text{ kg/m}^2$
- Berat Topping = $0.06 \times 2400 \dots (a) = 144 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

- PPI'83 tabel 3.1 LL = 250 kg/m^2

▪ Sesudah Komposit

Beban mati

- Berat sendiri pelat = $0.14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$
- Plafond + penggantung = 18 kg/m^2



- Tegel (t = 3 cm) = 0.03×2400 = 72 kg/m^2
 - Spesi (t = 3 cm) = 0.03×2100 = 63 kg/m^2
 - Ducting AC + Pipa = 30 kg/m^2 +
- DL = 519 kg/m^2

Beban Hidup

- PPI'83 tabel 3.1 LL = 250 kg/m^2

2. Pembebanan Pelat Atap

• Sebelum Komposit

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = 0.08×2400 = DL = 192 kg/m^2
- Berat Topping = 0.06×2400 .. (a) = 144 kg/m^2

Beban Hidup

- PPI'83 tabel 3.2 LL = 100 kg/m^2

• Sesudah Komposit

Beban mati

- Berat sendiri pelat = 0.14×2400 = 336 kg/m^2
- Plafond + penggantung = 18 kg/m^2
- Aspal (t = 2 cm) = 0.02×1400 = 28 kg/m^2
- Spesi (t = 3 cm) = 0.03×2100 = 63 kg/m^2
- Ducting AC + Pipa = 30 kg/m^2 +

DL = 475 kg/m^2



Beban Hidup

- PPI'83 tabel 3.2

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

4.2.3. Kombinasi Pembebanan

Beban ultimate yang didapat dari kombinasi pembebanan berikut ini didasarkan pada SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.2.2 butir 1.

A. Pelat Lantai

- *Sebelum Komposit*

$$\begin{aligned} Q_{u1} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 192 + 1.6 \times 250 \\ &= 630.40 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{u1} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times (192+144) + 1.6 \times 0 \\ &= 403.20 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- *Sesudah Komposit*

$$\begin{aligned} Q_{u1} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 519 + 1.6 \times 250 \\ &= 1022.80 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

B. Pelat Atap

- *Sebelum Komposit*

$$\begin{aligned} Q_{u2} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 192 + 1.6 \times 100 \\ &= 390.40 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Q_u 2 &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times (192 + 144) + 1.6 \times 0 \\ &= 403.20 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

□ *Sesudah Komposit*

$$\begin{aligned} Q_{u2*} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 475 + 1.6 \times 100 \\ &= 730 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.4. Perhitungan Penulangan Pelat Pracetak

4.2.4.1 Pemodelan dan Analisa Gaya Dalam

Pada perencanaan permodelannya dan analisa pelat terbagi :

1. Pelat pracetak yaitu sebelum komposit, perletakannya bebas. Jadi pelat pracetak tersebut direncanakan menggunakan tulangan lapangan saja. Setelah pelat pracetak dipasang berikut topping (beton belum mengeras), perletakannya tetap bebas.
2. Kemudian setelah topping mengeras dan finishing terpasang yaitu setelah komposit, maka perletakannya jepit-jepit. Jadi disini perhitungan tulangan terjadi pada daerah tumpuan dan lapangan. Untuk tulangan tumpuan dipasang pada topping, sedangkan tulangan lapangannya dibandingkan dengan tulangan lapangan sebelum komposit.

Perhitungan gaya dalam (momen-momen) pelat sebelum dan sesudah komposit, menggunakan tabel koefisien momen dari PBI '71 tabel 13.3.2 , dengan anggapan pelat sebelum komposit adalah bebas dan sesudah komposit adalah jepit.



4.2.4.2 Perencanaan Penulangan Pelat

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi dilapangan, karena elemen pelat yang dipakai adalah pelat komposit, jarak dan diameter tulangan pelat sedapat mungkin diusahakan seragam antara pelat yang satu dengan yang lain pada tiap lantainya. Untuk itu pada perhitungan tulangan pelat diambil hanya pada keadaan yang dianggap kritis, sedangkan untuk pelat yang lainnya dapat diseragamkan dengan pelat yang dianggap kritis tadi.

Perhitungan tulangan dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan setelah komposit dan tahap kedua penulangan sebelum komposit.

Dalam penulangan elemen pelat ini penulis menyusun langkah-langkah dalam penulangan lentur sebagai berikut :

1. Diberikan data-data d , f_y , f_c' dan M_u
2. Menetapkan batas-batas harga perbandingan tulangan yang dapat dipilih sebagai berikut :

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

dimana ketentuan β_1 adalah :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 && \text{untuk } 0 < f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \\ &= 0.85 - 0.008 (f_c' - 30) && \text{untuk } 30 < f_c' < 55 \text{ Mpa} \\ &= 0.65 && \text{untuk } f_c' \geq 55 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0.002 \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 3.16.12-2.1}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

Hitung harga tulangan ρ yang dibutuhkan



$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \quad \text{dengan harga} \quad m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'}$$

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

3. Hitung A_s dan pilih tulangan serta jarak penulangannya

$$A_s = \rho b d$$

Syarat : Jarak tul. lentur utama $\leq 3 \times$ tebal pelat = 240 mm

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

5. Kontrol Kekuatan Pelat

$$\rho = \frac{A_{s \text{ ada}}}{b \times d} > \rho_{\min} = 0.002$$

$$M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) > M_{lx}$$

$$\text{dimana : } a = \frac{M_u \times f_y}{f_c \times b \times 0.85}$$

Dalam perhitungan penulangan pelat ini penulis menyajikannya dalam bentuk table perhitungan yang disajikan pada lampiran.



4.2.4.3 Perhitungan Tulangan Pelat.

□ Data-data perencanaan :

- ⊕ Tebal selimut beton = 20 mm
- ⊕ ϕ tulangan rencana = 10 mm
- ⊕ Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- ⊕ Mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- ⊕ $\beta = 0.85$

$$\ominus \rho_b = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85 \left[\frac{600}{600 + 320} \right]}{320} = 0.044$$

$$\ominus \rho_{\min} = 0.002$$

$$\ominus \rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b = 0.033$$

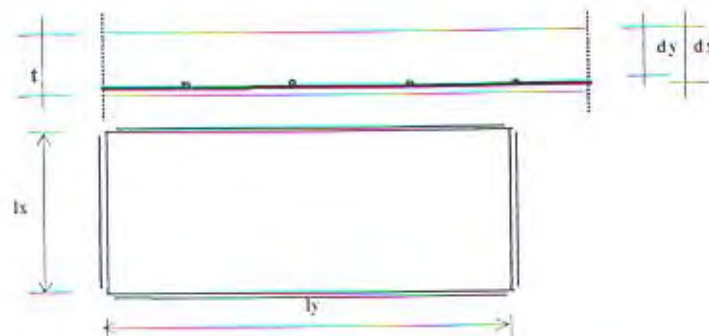
⊕ Pada pelat jarak dx, dy

Untuk Sebelum komposit :

- $dx = 80 - 20 - \frac{1}{2}(10) = 55 \text{ mm}$
- $dy = 80 - 20 - 10 - \frac{1}{2}(10) = 45 \text{ mm}$

Untuk Sesudah komposit :

- $dx = 140 - 20 - \frac{1}{2}(10) = 115 \text{ mm}$
- $dy = 140 - 20 - 10 - \frac{1}{2}(10) = 105 \text{ mm}$





Dari lampiran dapat kita ketahui hasil perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

Pelat Atap

Daerah	Sesudah Komposit	Sebelum Komposit
Lapangan X	D10 – 300	D10 – 150
Lapangan Y	D10 – 350	D10 – 300
Tumpuan X	D10 – 200	-
Tumpuan Y	D10 – 250	-

Pelat Lantai

Daerah	Sesudah Komposit	Sebelum Komposit
Lapangan X	D10 – 300	D10 – 100
Lapangan Y	D10 – 300	D10 – 150
Tumpuan X	D10 – 150	-
Tumpuan Y	D10 – 200	-

Kesimpulan, dipasang :

Pelat Atap

Arah	Tumpuan	Lapangan
X	D10 – 200	D10 – 150
Y	D10 – 250	D10 – 300



Pelat Lantai

Arah	Tumpuan	Lapangan
X	D10 - 150	D10 - 100
Y	D10 - 200	D10 - 150

Tulangan susut

Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.1 tulangan susut perlu dipasang pada struktur pelat, dimana tulangan ini dipasang tegak lurus dengan arah tulangan lentur.

$$\begin{aligned} A_s \text{ susut} &= 0.00196 \times b \times d \\ &= 0.00196 \times 1000 \times 115 = 225.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

direncanakan diameter tulangan susut $\phi 8$ ($A_s = 50.27 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak antara tulangan susut, adalah :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 5t = 5 \times 140 = 700 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.2} \end{aligned}$$

$$S_{\text{ada}} = (50.27/225.4) \times 1000 = 223.03 \text{ mm}$$

dipakai tulangan susut $\phi 8 - 200$ ($A_s = 251.51 \text{ mm}^2 > 225.4 \text{ mm}^2$)

4.2.5 KONTROL LENDUTAN DAN RETAK

• Kontrol Lendutan

Pada perhitungan kontrol lendutan ini penulis hanya akan menghitung lendutan pada tipe pelat yang paling kritis dimana lendutan terkritis terdapat pada



pelat lantai ukuran 400 cm x 720 cm dimana akan diambil momen terbesar yang bekerja dan diambil tulangan minimum yang diperlukan oleh pelat tersebut.

Dari perhitungan pembebanan, diketahui :

$$M_{D+L} = 654.59 \text{ kgm} = 6545.9 \text{ Nm}$$

$$M_D = 358.59 \text{ kgm} = 3585.9 \text{ Nm}$$

$$M_t = 256 \text{ kgm} = 2560 \text{ Nm}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 25742 \text{ MPa}$$



Untuk arah Y

$$\text{Tulangan D10-300 mm} \rightarrow A_s = 261.67 \text{ mm}^2 = 2.6167 \text{ cm}^2$$

Menghitung I_g dan I_{cr}

$$I_g = \frac{1}{12} \times 100 \times 14^3 = 22866.7 \text{ cm}^4 = 22.8667 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Penampang retak transformasi :

$$100 \times Y \times 0.5 \cdot Y = 2.6167 \times (10.5 - Y)$$

$$50 Y^2 + 2.6167 Y - 27.47 = 0$$

$$Y = 0.716 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot h^3 + n \cdot A_s \cdot (d - Y)^2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot 140^3 + 261.67 \cdot (105 - 7.16)^2 \\ &= 917171546.1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung I_e

$$M_{cr} = f_r \cdot I_g / Y_t = 0.7 \cdot \sqrt{30} \cdot 22.8667 \times 10^7 / 70 = 12524607.41 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} / M_{max} = 34.92 > 1$$

$$\text{Sehingga } I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \right) \cdot I_{cr}$$



$$I_e = I_g = 22.8667 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Lendutan jangka pendek :

$$(\Delta i)_{D+L} = \frac{5 M (l_n)^2}{48 E_c I_g} = 6.0 \text{ mm}$$

$$(\Delta i)_D = \frac{5 M (l_n)^2}{48 E_c I_g} = 3.3 \text{ mm}$$

$$(\Delta i)_L = (\Delta i)_{D+L} - (\Delta i)_D = 6 \text{ mm} - 3.3 \text{ mm} = 2.7 \text{ mm}$$

Lendutan jangka panjang :

$$\Delta = \frac{\epsilon}{(1+50\rho)} \rightarrow \rho = A_s / (b \cdot d) = 0.$$

$\epsilon = 2$ untuk jangka waktu 5 th/lebih

$$= \frac{2}{(1+0)} = 2$$

$$\Delta_{total} = \Delta_{cp} + sh = \Delta (\Delta i)_D = 2 \times 3.3 = 6.6 \text{ mm}$$

Syarat Lendutan : (SK SNI T-15-1991-03 Tabel 3.2.5(b))

$$(\Delta i)_L + (\Delta_{cp} + sh) < L/240$$

$$2.7 \text{ mm} + 6.6 \text{ mm} < 7200/240$$

$$17.82 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok}$$

Untuk arah X

$$\text{Tulangan D10-300 mm} \rightarrow A_s = 261.67 \text{ mm}^2 = 2.6167 \text{ cm}^2$$

Menghitung I_g dan I_{cr}

$$I_g = \frac{1}{12} \times 100 \times 14^3 = 22866.7 \text{ cm}^4 = 22.8667 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Penampang retak transformasi :

$$100 \times Y \times 0.5 \cdot Y = 2.6167 \times (11.5 - Y)$$

$$50 Y^2 + 2.6167 Y - 30.09 = 0$$



$$Y = 0.75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= 1/3.b.h^3 + n.A_s.(d-Y)^2 \\ &= 1/3.1000.140^3 + 261.67.(115-7.5)^2 \\ &= 917690590.6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung I_e

$$M_{cr} = f_r.I_g/Y_t = 0.7.\sqrt{30} . 22.8667 \times 10^7/70 = 12524607.41 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr}/M_{max} = 34.92 > 1$$

Sehingga
$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)^3\right) I_{cr}$$

$$I_e = I_g = 22.8667 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Lendutan jangka pendek :

$$(\Delta i)_{D+L} = \frac{5 M(l_n)^2}{48 E_c I_g} = 6.0 \text{ mm}$$

$$(\Delta i)_D = \frac{5 M(l_n)^2}{48 E_c I_g} = 3.3 \text{ mm}$$

$$(\Delta i)_L = (\Delta i)_{D+L} - (\Delta i)_D = 6 \text{ mm} - 3.3 \text{ mm} = 2.7 \text{ mm}$$

Lendutan jangka panjang :

$$\Lambda = \epsilon/(1+50\rho') \rightarrow \rho' = A_s/(b.d) = 0.$$

$\epsilon = 2$ untuk jangka waktu 5 th/lebih

$$= 2/(1+0) = 2$$

$$\Delta_{total} = \Delta_{cp} + sh = \Lambda(\Delta i)_D = 2 \times 3.3 = 6.6 \text{ mm}$$

Syarat Lendutan : (SK SNI T-15-1991-03 Tabel 3.2.5(b))

$$(\Delta i)_L + (\Delta_{cp} + sh) < L/240$$



$$2.7 \text{ mm} + 6.6 \text{ mm} < 7200/240$$

$$17.82 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok}$$

Dari perhitungan diatas dapat kita ketahui bahwa pelat telah memenuhi persyaratan lendutan yang diijinkan, sehingga pelat layak digunakan.

• **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

$$Z = f_s \sqrt{d_c \cdot A} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 3.3.6-4}$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja ,

$$\begin{aligned} f_s &\text{ dapat diambil } 0.6 \times f_y \\ &= 0.6 \times 320 \text{ MPa} = 192 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

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

$$= 25 \text{ mm (decking + (jari - jari tulangan))}$$

A = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan tersebut dibagi dengan jumlah batang tulangan.



$$A = (0.05\text{m} \times 1 \text{ m}) : 4 = 0.0125 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \sqrt{0.025 \times 0.0125}$$

$$= 13.03 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \text{ok}$$

Gbr.4.7 Kontrol Retak



4.2.6 PANJANG PENYALURAN TULANGAN PELAT

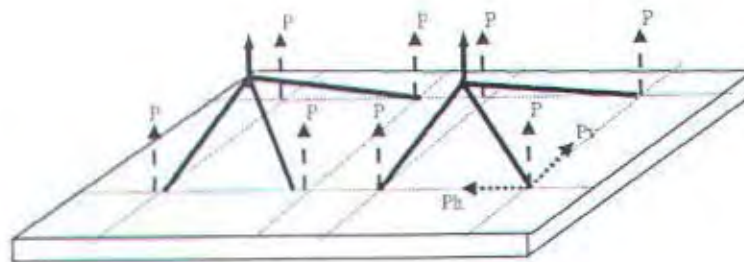
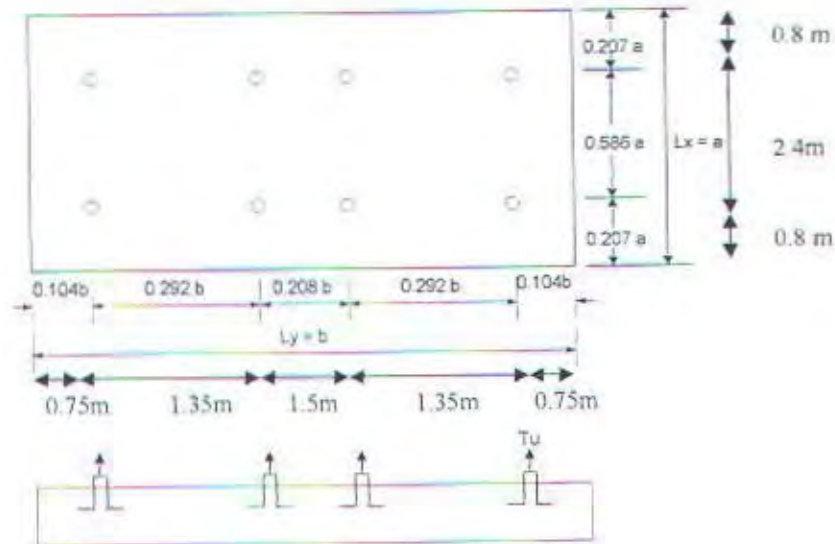
Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Penyaluran tulangan pada perencanaan ini didasarkan pada SKSNI T-15-1991-03

1. $l_{db} > 8 db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 psl 3.5.5.1)
2. $l_{db} > 150 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 psl 3.5.5.1)
3.
$$l_{db} = \frac{100 db}{\sqrt{f_c'}} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 psl 3.5.5.2})$$
$$= \frac{100 \times 10}{\sqrt{30}}$$
$$= 182.57 \text{ mm}$$
4.
$$l_{db} > \frac{l_{db} \cdot f_y}{400} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 psl 3.5.5.1})$$
$$> \frac{182.57 \times 320}{400}$$
$$> 146.056 \text{ mm}$$

maka, diambil panjang penyaluran pelat $l_{db} = 200 \text{ mm}$

4.2.7 PERHITUNGAN TULANGAN ANGKAT

Sewaktu pengangkatan, pelat dianggap sebagai balok sederhana. Pelat diangkat pada delapan titik tumpu dengan jarak penanaman tulangan seperti pada gambar :



Gbr. 4.7. Pengangkatan Pada Pelat

Pelat dianggap sebagai balok sederhana. Pembebanan saat ereksi meliputi berat sendiri pelat pracetak dan berat pekerja sebanyak 2 orang. Gaya horisontal yang bekerja ditransformasikan dalam dua arah, yaitu arah v yang sejajar sumbu pendek



pelat dan arah h yang sejajar sumbu panjang pelat. Ketinggian titik angkat adalah 1.2 m dari muka pelat.

Pelat 400 x 720 m²

Beban-beban yang bekerja pada pelat pracetak :

- Berat sendiri $= 4 \times 7.2 \times 0.08 \times 2400 = 5529.6 \text{ kg}$
- Stud + tulangan angkat $= 1\% \times 5529.6 = 55.3 \text{ kg}$

$$\text{Beban mati total} = 5584.9 \text{ kg}$$

$$\text{Setiap tumpuan memikul beban mati sebesar } 5584.9/8 = 698.1 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup 2 orang pekerja} = P_{LL} = 2 \times 100 = 200 \text{ kg}$$

Pada saat pengangkatan elemen, beban ultimate harus dikalikan dengan koefisien kejut sebesar 1.2.

$$\begin{aligned} \text{Jadi beban ultimate (Tu)} &= 1.2 \times 1.2 \times 5584.9 + 1.2 \times 1.6 \times 200 \\ &= 8426.26 \text{ kg} \end{aligned}$$

Setiap tumpuan memikul beban mati sebesar :

$$P = W/8 = 8426.26/8 = 1053.28 \text{ kg}$$

$$P_v = P/\tan \theta = 1053.28 \times 1.2/1.2 = 1053.28 \text{ kg}$$

$$P_h = P/\tan \Phi = 1053.28 \times 1.2/1.35 = 936.35 \text{ kg}$$

tegangan tarik ijin baja U32 menurut PPBBI pasal 2.2.2 :

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1.5} = \frac{3200}{1.5} = 2133.33 \text{ kg/cm}^2$$

maka :

$$\varnothing \text{ tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 1053.28}{\pi \times 2133.33}} = 0.79 \text{ mm}$$



Akibat gaya horisontal

Menurut PPBBI ps1 2.2.6. tegangan geser yang diijinkan untuk baja beton mutu U32 adalah :

$$P \text{ ijin} = 0.58 \cdot \sigma_{\text{tarik ijin}} = 0.58 \times 2133.33 = 1237.14 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_{\text{tul. angkat i}} > \sqrt{\frac{4 \times 1053.28}{\pi \times 1237.14}} = 1.04 \text{ cm}$$

$$\phi_{\text{tul. angkat j}} > \sqrt{\frac{4 \times 936.35}{\pi \times 1237.14}} = 0.98 \text{ cm}$$

Kesimpulan :

Dipasang tulangan angkat 8 ϕ 12 mm

Kontrol Tulangan Angkat

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

$$f_{\text{plat}} = \frac{M_y}{I}$$

f_{cr} untuk beton 3 hari adalah 2.4 MPa

Untuk perhitungan momen pelat akibat pengangkatan , pelat diasumsikan sebagai balok diatas beberapa tumpuan sendi dengan jarak antar sengi sama dengan jarak antar tulangan angkat.

$$\text{Beban Merata yang terjadi tiap m}^2 = (8426.26 / (7.2 \times 4)) = 292.58 \text{ kg/m}^2$$

berdasarkan PCI dapat diketahui momen maksimum yang bekerja pada pelat dimana besar momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} +M_x = -M_x &= 0.0054 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0.0054 \times 292.58 \times 4^2 \times 7.2 \end{aligned}$$



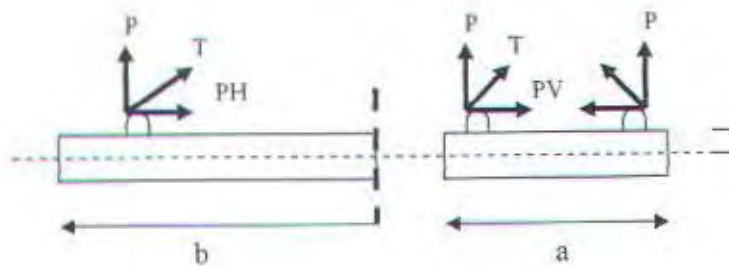
$$= 182.01 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$+M_y = -M_y = 0.0027 \times w \times a \times b^2$$

$$= 0.0027 \times 292.58 \times 4 \times 7.2^2$$

$$= 163.81 \text{ kgm}$$

Selain itu perlu juga diperhitungkan momen yang terjadi akibat adanya sudut pengangkatan pada pelat baik arah x maupun arah y.



arah b (bentang 7.2 m)

$$M_x = 163.81 \text{ kg.m} = 1606950 \text{ Nmm}$$

$$Y = \frac{1}{2} . h (= 80 \text{ mm})$$

$$= 40 \text{ mm}$$

$$M_x \text{ akibat sudut pengangkatan} = P \times Y_c / \tan \theta = P_v \times Y_c$$

$$= 1053.28 \times 40$$

$$= 42131.2 \text{ kgmm} = 413307.1 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen Total} = 413307.1 + 1606950 = 2020257 \text{ Nmm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} . b . h^3$$

$$= \frac{1}{12} . (7200/4) . 80^3$$

$$= 7.68 \times 10^7$$

$$f_{\text{plat}} = \frac{2020257 \times 40}{7.68 \times 10^7} = 1.05 \text{ MPa} < 2.4 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

(Handwritten signature)



arah y (bentang 4 m)

$$M_y = 182.01 \text{ kg.m} = 1785518 \text{ Nmm}$$

$$Y = \frac{1}{2} \cdot h (= 80 \text{ mm})$$

$$= 40 \text{ mm}$$

$$M_x \text{ akibat sudut pengangkatan} = P \times Y_c / \tan \Phi = Ph \times Y_c$$

$$= 936.35 \times 40$$

$$= 37454 \text{ kgmm} = 367423.7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen Total} = 367423.7 + 1785518 = 2152942 \text{ Nmm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot (4000/4) \cdot 80^3$$

$$= 4.27 \times 10^7$$

$$f_{\text{plat}} = \frac{2152942 \cdot 40}{4.27 \times 10^7} = 2.01 \text{ MPa} < 2.4 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

4.3. PERENCANAAN BALOK ANAK PRACETAK

4.3.1. Data-data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 320 MPa
- Dimensi Balok Anak : 40 cm x 60 cm (bentang 7.2 m)

4.3.2. Pembebanan Balok Anak

4.3.2.1. Type-type Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak tersebut adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban segitiga pada lajur yang pendek serta beban trapesium pada lajur yang panjang. Beban-beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

Beban ekuivalen tersebut digunakan sebagai beban merata pada balok anak untuk perhitungan analisa strukturnya.

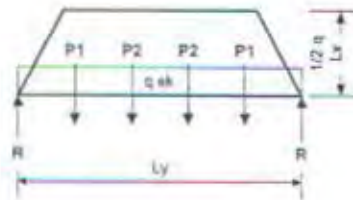


Gbr. 4.8. Distribusi beban pada balok akibat beban pelat



Variasi pembebanan dan beban ekivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini adalah :

Beban Ekivalen Trapesium

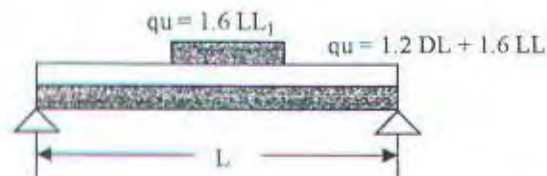


$$q_{ek} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot Lx \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right]$$

4.3.2.2. Pola Pembebanan Balok

Ada 2 (dua) macam pola pembebanan pada balok anak yaitu :

1. Pola Pembebanan Sebelum Komposit



Gbr. 4.9. Pembebanan Balok Anak Sebelum Komposit

Keterangan :

DL = DL₁ + DL₂

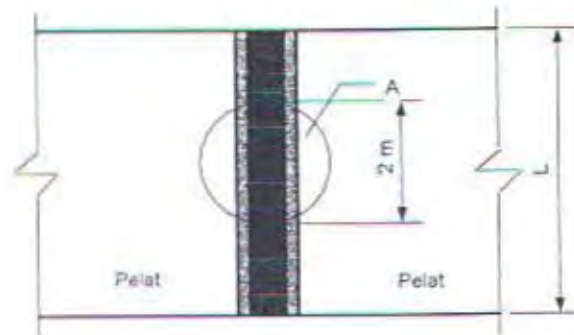
DL₁ = Beban sendiri balok

DL₂ = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban mati

LL₁ = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban hidup

LL₂ = Beban hidup akibat penempatan material topping

Untuk pembebanan material untuk pengecoran overtopping pada balok dapat dijelaskan sebagai berikut :



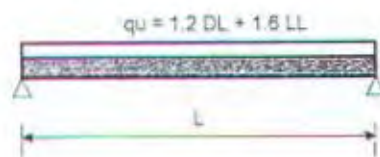
Gbr. 4.10. Pembebanan Balok Anak Akbat Overtopping

Keterangan :

A = Luasan penempatan material pengecoran overtopping yang dibawa oleh bucket berkapasitas 1 m^2 , yang diasumsikan berbentuk lingkaran dengan diameter 2 m

V = Kapasitas bucket = 1 m^3

2. Pola Pembebanan Sesudah Komposit



Gbr. 4.11. Pembebanan Balok Anak Sesudah Komposit

Keterangan :

DL = $DL_1 + DL_2$

DL_1 = Beban sendiri balok

DL_2 = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban mati

LL = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban hidup



4.3.2.3. Perhitungan Pembebanan

Dimensi Balok Anak : 40/60

Bentang Balok Anak : 7.2 m

Beban-beban yang bekerja :

1. Sebelum Komposit

□ Beban Mati

Berat sendiri balok $(DL_1) = 0.47 \times 0.40 \times 2400 = 451.20 \text{ kg/m}$

Berat trapesium ekivalen pelat ($q_d = 192 \text{ kg/m}^2$) :

$$\begin{aligned} q_{ek} = DL_2 &= 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 192 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\ &= 374.12 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- $DL = 451.2 + 374.12 = 825.32 \text{ kg/m}$

□ Beban Hidup

Beban trapesium ekivalen pelat ($q_l = 250 \text{ kg/m}^2$) :

$$\begin{aligned} q_{ek} = LL_1 &= 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 250 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\ &= 487.14 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- $LL_1 = 487.14 \text{ kg/m}$

- $LL_2 = \text{cast in place} = 1200 \text{ kg/m}$



2. Sesudah Komposit

□ Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok } (DL_1) = 0.60 \times 0.40 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

Berat tarapesium ekivalen pelat ($q_d = 519 \text{ kg/m}^2$):

$$\begin{aligned} q_{ek} = DL_2 &= 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 519 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\ &= 1011.30 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$DL = 1011.30 + 576 = 1587.3 \text{ kg/m}$$

□ Beban Hidup

Beban trapesium ekivalen pelat ($q_L = 250 \text{ kg/m}^2$):

$$\begin{aligned} q_{ek} = LL &= 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 250 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\ &= 487.14 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$LL = 487.14 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Pembebanan:

1. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} qu_1 &= (1.2 DL + 1.6 LL) \\ &= (1.2 \times (825.32) + 1.6 \times 487.14) \\ &= 1769.81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$qu_2 = 1.6 \times 1200 = 1920 \text{ kg/m}$$

(dengan q sepanjang 2 m sepanjang tengah balok)



2. Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}q_u &= (1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}) \\ &= (1.2 \times (1587.30) + 1.6 \times 487.14) \\ &= 2684.18 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok anak perhitungan dilakukan dengan menggunakan koefisien momen dan koefisien gaya lintang yang sesuai dengan PBI 1971 dengan menganggap balok anak ditumpu oleh dua perletakan sederhana, sedangkan pada keadaan sebelum komposit, perhitungan dilakukan dengan program bantu SAP 2000

Setelah gaya-gaya dalam balok anak diketahui, selanjutnya akan dihitung kebutuhan penulangan balok anak baik sebelum komposit maupun sesudah komposit. Pada akhirnya penulangan yang akan dipakai adalah penulangan yang membutuhkan lebih banyak dari kedua keadaan, sebelum atau sesudah komposit.

4.3.3. Penulangan Balok Anak

4.3.3.1. Penulangan Lentur dan Geser Balok Anak

A. Langkah-langkah Penulangan Lentur Balok Anak

1. Data perencanaan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0.8 \text{ (faktor reduksi untuk lentur tanpa beban aksial)}$$

2. Menetapkan harga :

$$\text{Diameter tulangan lentur : D-22 (As = 380 mm}^2\text{)}$$

$$\text{Diameter sengkang : D-10 (As = 78.5 mm}^2\text{)}$$

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



3. Hitung d

□ Setelah komposit

$$d = h - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

□ Sebelum komposit

$$d = h - \text{tebal pelat} - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$

4. Menetapkan batas-batas harga perbandingan tulangan yang dapat dipilih :

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

$f_c' \leq 30$ Mpa (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2.(7)) maka :

nilai $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3.(3)})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.5})$$

5. Menentukan ρ_{perlu}

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

dimana :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d}$$

Jika : $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} \rightarrow$ dipakai ρ_{\min}

$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max} \rightarrow$ tulangan tekan diperhitungkan



6. Menentukan A_s dan jumlah tulangan :

Tarik : $A_s = \rho b d$

Tekan :

Bila $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ tulangan tekan dipakai praktis saja,
yaitu minimal 2 buah atau
 $A_s' = 20\% A_s$

B. Langkah-langkah Penulangan Geser Balok Anak

1. Data :

V_u = gaya geser berfaktor = D

Faktor reduksi, $\phi = 0.6$

Diameter tulangan sengkang : 10 mm

2. Gaya geser nominal beton : $V_n = V_u / \phi$

3. Cek :

Apakah $V < \phi V_c + 2/3 \sqrt{f_c'} b w d$

Dimana : $V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} b w d$

Bila tidak memenuhi, perbesar penampang.

4. Bila $\phi V_c > V_n \geq 1/2 \phi V_c \rightarrow$ gunakan tulangan geser minimum

yaitu : $A_v = b w s / 3 f_y$

5. Bila $V_n > \phi V_c \rightarrow$ tulangan geser harus diberikan sehingga

$$V_n \leq \phi(V_c + V_s)$$

dimana :

Kuat geser nominal tulangan geser :

$$V_s = A_v f_y d / s \quad (u/ \text{ sengkang vertikal})$$

$$V_s = A_v f_y d / s (\sin \alpha + \cos \alpha) \quad (u/ \text{ sengkang miring})$$

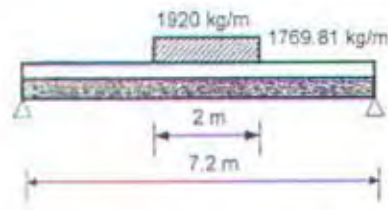
6. Jarak maksimum : $S_{max} = d/2 < 600 \text{ mm}$

Bila $V_s > 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d$, maka $S_{max} = d/4 < 300 \text{ mm}$

Pada perhitungan penulangan balok anak , penulis hanya akan menyajikan sebuah contoh perhitungan penulangan balok anak B1 pada lantai , selanjutnya perhitungan penulangan balok anak disajikan dalam bentuk tabel yang tertera pada lampiran.

4.3.3.2. Contoh Perhitungan Penulangan Balok Anak

A. Sebelum Komposit



Gb.4.12. Skema pembebanan sebelum komposit

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000 didapat besarnya gaya-gaya dalam maksimum (input dan output dapat dilihat dalam lampiran).

$$M \text{ lapangan} = 17420.37 \text{ kgm}$$



Gaya lintang (V_u) = 8291.32 kg

Penulangan Lentur Balok Anak

Data perencanaan :

- Mutu bahan : $f_y = 320$ MPa
 $f_c' = 30$ MPa
- Decking = 40 mm
- $d = h - \text{decking} - \text{diameter tul.geser} - \frac{1}{2} \text{ diameter tul.lentur}$
 $= 460 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$
 $= 399$ mm

maka :

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \quad \text{SKSNI T - 15 - 1991 - 03 psl 3.1.4.3}$$
$$= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85 \left[\frac{600}{600 + 320} \right]}{320}$$
$$= 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b$$
$$= 0.033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$
$$= \frac{1.4}{320}$$
$$= 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'}$$
$$= \frac{320}{0.85 \times 30}$$
$$= 12.55$$



Daerah Lapangan

$$M_u \text{ lapangan} = 17420.37 \text{ kg/m} = 1.71 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Asumsi awal :

$a < t \rightarrow$ balok T palsu (balok berpenampang persegi) dengan lebar b_e

menentukan lebar efektif balok :

$$b_e \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 7200 = 1800 \text{ mm}$$

$$b_e \leq b_w + 16t = 400 + 16 \times 140 = 2640 \text{ mm}$$

$$b_e \leq (L_n + b_w) = (6800 - 400) = 7200 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_e = 1800 \text{ mm}$

$$R_n = \frac{1.71 \times 10^8}{0.8 \times 400 \times 399^2} = 3.35 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.35}{320}} \right] \\ &= 0.01128 \end{aligned}$$

$$\text{maka : } \rho_{\text{min}} = 0.004375 < \rho_{\text{perlu}} = 0.01128$$

(pakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.01128$)

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

$$= 0.01128 \times 400 \times 339$$

$$= 1800.53 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 6 D 22

$$A_s \text{ ada} = 6 \times A_v$$

$$= 2279.64 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots\dots \text{OK}$$



Penulangan Geser Balok Anak

Gaya geser berfaktor :

$$V_u = 8291.32 \text{ kg} = 81337.84 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81337.84}{0.6} = 135563.07 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 339 \\ &= 145694 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.6 \times 145694 \\ &= 87416.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 339 \\ &= 582776.80 \text{ N} \end{aligned}$$

syarat :

$$\begin{aligned} V_n &< V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ 135563.07 \text{ N} &< 196814.97 + 582776.80 \\ 135563.07 \text{ N} &< 670193.32 \text{ N} \rightarrow \text{penampang tidak berubah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5 \phi V &< V_u < \phi V_c \\ 43708.3 \text{ N} &< 81337.84 \text{ N} < 87416.5 \text{ N} \rightarrow \text{pakai tulangan min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{3 \times A_v \times f_y}{b_w} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times 0.25 \times 10^2 \times 3 \times 320}{400} \\ &= 376.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

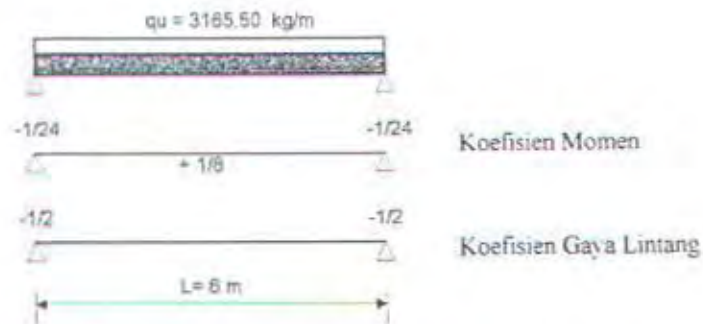
$$s_{\text{min}} < d/2 = 339/2 = 169.5 \text{ mm}$$

$$< 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10-175



B. Sesudah Komposit



Gbr. 4.13. Skema Pembebanan Sesudah Komposit

$$\text{Momen} = \text{koefisien} \times q_u \times L^2$$

$$\text{Gaya Lintang} = \text{koefisien} \times q_u \times L$$

sehingga :

$$\text{Mu lapangan} = 1/8 \times 2684,18 \times 7,2^2 = 17393,49 \text{ Kgm}$$

$$\text{Mu tumpuan} = 1/24 \times 2684,18 \times 7,2^2 = 5797,83 \text{ Kgm}$$

$$\text{Gaya lintang (Vu)} = 1/2 \times 2684,18 \times 7,2 = 9663,05 \text{ Kg}$$

Penulangan Lentur Balok Anak

Data perencanaan :

- Mutu bahan : $f_y = 320 \text{ MPa}$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

- Decking = 40 mm
- $d = h - \text{decking} - \text{diameter tul.geser} - 1/2 \text{ diameter tul.lentur}$
 $= 600 - 40 - 10 - 1/2 \times 22$
 $= 539 \text{ mm}$



Daerah Lapangan

$$Mu \text{ lapangan} = 17393.49 \text{ Kgm} = 1.706 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Asumsi awal :

$a < t \rightarrow$ balok T palsu (balok berpenampang persegi) dengan lebar be

menentukan lebar efektif balok :

$$be \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 7200 = 1800 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 16 t = 400 + (16 \times 140) = 264 \text{ mm}$$

$$be \leq Ln + bw = 7200 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $be = 1800 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{1.706 \times 10^8}{0.8 \times 400 \times 539^2} \\ = 1.87 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\ = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.87}{320}} \right] \\ = 0.00608$$

maka $\rho_{\text{min}} = 0.004375 < \rho_{\text{perlu}} = 0.00596 < \rho_{\text{max}} = 0.033$ (pakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00608$)

As perlu = $\rho b d$

$$= 0.00596 \times 400 \times 539$$

$$= 1284.6 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 4 D 22

As ada = $4 \times Av$

$$= 1519.76 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kontrol penampang :



$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot e} \\ &= \frac{1519.76 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1800} \\ &= 10.59 \text{ mm} < t \text{ pelat} = 140 \text{ mm} \rightarrow \text{Balok T palsu} \end{aligned}$$

sehingga anggapan awal diatas sudah tepat, jadi perhitungannya dapat dikatakan sudah benar.

Daerah Tumpuan

$$M_u \text{ tumpuan} = 5797.83 \text{ kgm} = 5.69 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{5.69 \times 10^7}{0.8 \times 400 \times 539^2} \\ &= 0.612 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.612}{320}} \right] \\ &= 0.0019 \leq \rho_{\text{min}} = 0.004375 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \rho_{\text{perlu}} = 0.004375$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.004375 \times 400 \times 539 \\ &= 943.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipakai tulangan 3 D 22

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 3 \times A_v \\ &= 1139.82 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$



Penulangan Geser Balok Anak

Gaya geser berfaktor :

$$V_u = 9663.05 \text{ kg} = 94794.5 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{94794.5}{0.6} = 157991 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 539 \\ &= 196814.97 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.6 \times 196814.97 \\ &= 118088.98 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 539 \\ &= 787259.89 \text{ N} \end{aligned}$$

syarat :

$$\begin{aligned} V_n &< V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ 157991 \text{ N} &< 196814.97 + 787259.89 \\ 157991 \text{ N} &< 984074.86 \text{ N} \rightarrow \text{penampang tidak berubah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &> \phi V_c \\ 94794.5 \text{ N} &> 118088.98 \text{ N} \rightarrow \text{pakai tulangan min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{3 \times A_v \times f_y}{b_w} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times 0.25 \times 10^2 \times 3 \times 320}{400} \\ &= 376.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{\text{min}} &< d/2 = 539/2 = 269.5 \text{ mm} \\ &< 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10-250



C. Pemasangan Tulangan Akhir

Dari perhitungan penulangan balok anak pada kedua keadaan, baik sesudah komposit maupun sebelum komposit didapat :

Kondisi Pembebanan	Penulangan Lentur		Penulangan Geser
	Lapangan	Tumpuan	
Sebelum Komposit	6 D 22		D 10 – 175
Sesudah Komposit	4 D 22	3 D 22	D10 – 250

Dari kedua keadaan tersebut, diambil harga yang menentukan yaitu yang membutuhkan tulangan terbanyak yaitu :

1. Penulangan Lentur
Daerah Lapangan : 6 D 22
Daerah Tumpuan : 3 D 22
2. Penulangan Geser : D10 – 175

4.3.4. Kontrol Lendutan dan Retak

4.3.4.1. Kontrol Lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar mempunyai kekakuan cukup untuk membatasi deformasi yang mungkin memperlemah kekakuan ataupun kemampuan kelayakan struktur pada beban kerja. Lendutan suatu balok tidak perlu dihitung bila tebal minimum sudah sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.2.1. Untuk balok pada dua tumpuan tebal minimum yang disyaratkan adalah :



$$h_{min} = \frac{L}{16} \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

Dimensi balok anak : 40 x 60 cm²

Bentang (L) : 720 cm

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{720}{16} \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right) \\ &= 38.57 \text{ cm} < 60 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

karena syarat tebal minimum telah dipenuhi, maka kontrol lendutan dapat diabaikan.

4.3.4.2. Kontrol Retak

Didalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6, apabila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai 'z' yang diberikan harus :

$$\begin{aligned} Z = f_s \cdot \sqrt{d_c \cdot A} &< 30,10^6 \text{ N/mm} \text{ untuk struktur dalam ruangan} \\ &< 25,10^6 \text{ N/mm} \text{ untuk struktur yang dipengaruhi oleh} \\ &\text{cuaca luar} \end{aligned}$$

dimana :

f_s = tegangan pada tulangan pada beban kerja, diambil 0.6 f_y dalam MPa

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

A = luas efektif beton disekitar tulangan lentur tarik dengan titik pusat yang sama dengan tulangan dibagi dengan jumlah batang tulangan



Contoh perhitungan :

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$f_s = 0.6 \times 320 = 192 \text{ Mpa}$$

$$d_c = 40 + 10 + 22/2 = 61 \text{ mm}$$

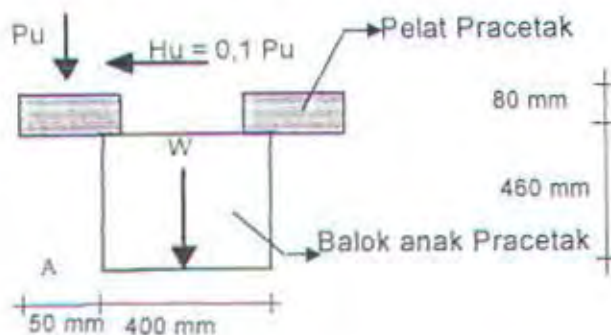
$$A = d \cdot b / n \text{ tul} = 539 \times 400 / 6 = 35933.33 \text{ mm}^2$$

$$Z = (192 \times \sqrt[3]{64.5 \times 35933.33}) = 0.0215 \cdot 10^6 \text{ N/mm} < 25 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

4.3.5. Kontrol Guling

Pada saat meletakkan pelat pracetak pada kedudukan diatas balok anak, pelat memberikan beban yang tak berimbang di salah satu sisi balok anak dan menjadikan rawan terhadap bahaya guling.

Beban guling diakibatkan oleh berat pelat, yang berada disalah satu sisi balok anak dan berat pekerja yang ada diatas pelat tersebut. Sedangkan berat sendiri balok anak melawan momen guling yang ditimbulkan oleh pelat pracetak.



Gbr. 4.14. Kontrol Guling Pada Balok Anak

Kontrol terhadap guling perlu dilakukan karena ini terkait dengan pelaksanaan di lapangan. Perlu ditinjau apakah balok mampu menahan momen guling yang



diakibatkan pada waktu pelat diletakkan diatas balok dan dilaksanakan pengecoran topping.

✦ Beban dari pelat

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0.08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pekerja} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1.2 \times 192 + 1.6 \times 100 = 390.40 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{beban ekivalen (q}_{ek}) \text{ trapesium} &= \frac{1}{2} \times 390.40 \times 7.2 \times (1 - \frac{1}{3} \times (\frac{2}{7.2})^2) \\ &= 913 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{untuk balok bentang 7.2 m : } P_u = 7.2 \times 913 = 6573.6 \text{ kg}$$

$$\text{✦ Beban horisontal (H}_u) = 0.1 \times P_u = 657.36 \text{ kg (diasumsikan)}$$

$$W = 2400 \times 0.40 \times 0.47 \times 7.2 = 3248.64 \text{ kg}$$

Momen terhadap titik guling A :

$$\text{Momen Guling} \leq \text{Momen Penahan}$$

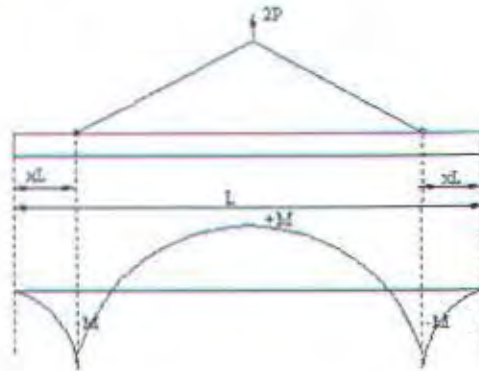
$$P_u \times (0.05/2) + H_u \times (0.460) < W \times (0.40/2)$$

$$466.73 \text{ kgm} < 649.73 \text{ kgm} \dots\dots\dots \text{OK}$$



4.3.6. Pengangkatan Elemen Balok Anak

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



(gb. 4.15. Momen Pada Saat Pengangkatan Balok)

(PCI Design Handbook)

dimana :

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

$$-M = \frac{w \cdot x^2 L^2}{2}$$



$$x = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \tan \theta}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)} \right]}$$

Balok Anak 40x46

$$Yt = Yb = 23 \text{ cm}$$

$$I = \left(\frac{1}{12} \right) \cdot 40 \cdot 46^3 = 213333.3 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt = 23 \text{ cm (dianggap gaya geser yang terjadi di muka balok)}$$

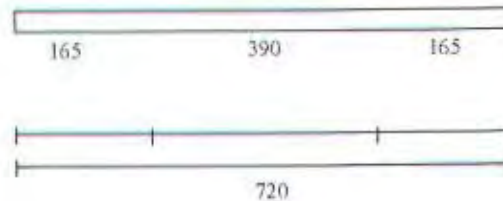


$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 23}{720 \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{23}{23} \left(1 + \frac{4 \times 23}{720 \tan 45} \right)} \right]} = 0.23$$

$$xL = 0.23 \times 720 = 165 \text{ cm}$$

Beban Pada Balok

- Berat Sendiri : $0.40 \times 0.46 \times 2400 = 441.6 \text{ kg/m}^2$
- Berat Pekerja = 100 kg
- $Tu = (1.2 \times 1.2 \times 541.6) + (1.2 \times 1.6 \times 100) = 971.904 \text{ kg}$



Tulangan Angkat :

Diperhitungkan terhadap koefisien kejut = 1.2

$$P = \frac{1}{2} \times ((1.2 \times 1.2 \times 541.6) + (1.2 \times 1.6 \times 100)) \\ = 485.92 \text{ kg}$$

$$Ph = P / \tan 45 = 485.92 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps.2.2.2 , tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah = $f_y / 1.5$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = 3200 / 1.5 = 2133.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{Px4}{\sigma_{ijin}x\pi}} \\ \geq \sqrt{\frac{485.92 \times 4}{2133.33 \times \pi}} \geq 0.54 \text{ cm}$$



Akibat gaya horisontal

Menurut PPBBI ps1 2.2.6, tegangan geser yang diijinkan untuk baja beton mutu U32 adalah :

$$P \text{ ijin} = 0.58 \cdot \sigma_{\text{tarik ijin}} = 0.58 \times 2133.33 = 1237.14 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_{\text{tul. angkat}} > \sqrt{\frac{4 \times 485.92}{\pi \times 1237.14}} = 0.71 \text{ cm}$$

Dipergunakan tulangan angkat $\phi 10$ mm

Untuk perhitungan momen pelat akibat pengangkatan, pelat diasumsikan sebagai balok diatas beberapa tumpuan sendi dengan jarak antar sengi sama dengan jarak antar tulangan angkat.

$$\begin{aligned} +M &= \frac{wL^2}{8} \left(1 - 4x + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right) \\ &= \frac{971.904 \times 7.2^2}{8} \left(1 - 4 \times 0.23 + \frac{4 \times 230}{7.2 \tan 45} \right) \\ &= 1308.57 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -M &= \frac{w \cdot x^2 \cdot L^2}{2} \\ &= 0.5 \times 971.904 \times 0.23^2 \times 7.2^2 = 1332.64 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi

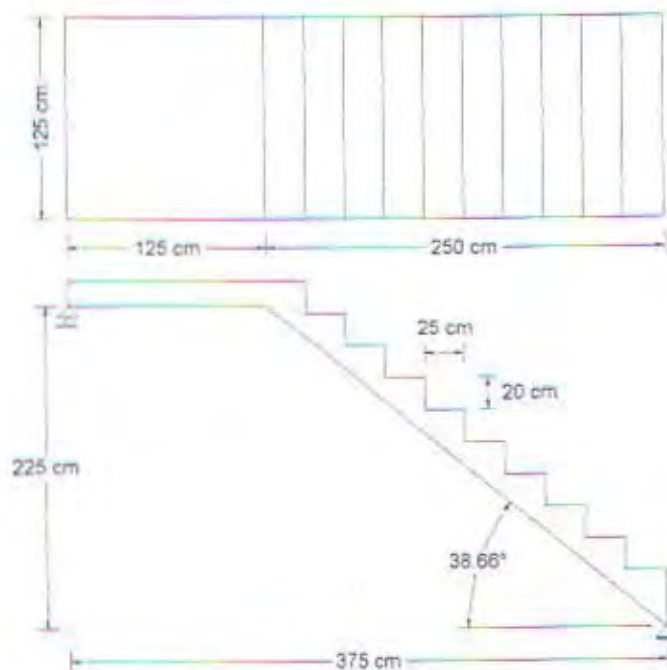
$$\begin{aligned} F &= \frac{MxY}{I} = \frac{13.07 \times 10^6 \times 230}{\frac{1}{6} \times 400 \times 460^3} \\ &= 0.92 \text{ Mpa} < \text{Tegangan ijin (fr = } 0.7 \sqrt{f_c'} = 4.14 \text{ Mpa)Ok !} \end{aligned}$$

4.4. PERENCANAAN TANGGA

4.4.1. Umum

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik konstruksi maupun perletakaannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat (shell) maupun konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi ini akan menentukan besarnya gaya-gaya reaksi yang akan terjadi pada konstruksi tangga tersebut.

Dalam perencanaan ini, tangga ini diasumsikan sebagai frame dua dimensi dengan perletakan jepit-rol, yang nantinya akan dianalisa untuk mencari gaya-gaya dalamnya dengan memakai perencanaan struktur statis tertentu.



Gbr. 4.16. Denah Tangga



4.4.2. Data-data Perencanaan

- Mutu beton : $f_c' = 30$ Mpa
- Mutu baja : $f_y = 320$ Mpa
- Panjang Tangga : 375 cm
- Lebar tangga : 275 cm
- Tinggi antar lantai : 450 cm

4.4.3. Perhitungan Pelat Tangga

Syarat perencanaan : $60 < 2t + i < 65$

Lebar injakan (i) diambil = 25 cm

Tinggi injakan (t), diambil = 20 cm

Jadi konstruksi dirancang sebagai berikut : Perhitungan Pelat Tangga

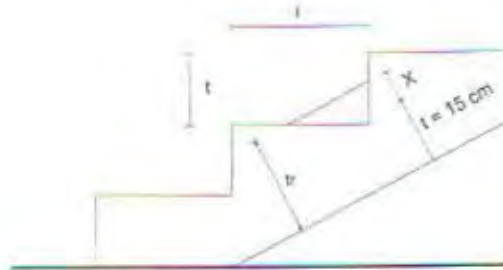
- Tebal pelat tangga dan bordes = 15 cm
- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Beda tinggi lantai ke bordes = 225 cm
- Banyaknya injakan yang ada = 10 buah
- Jarak horizontal = $10 \times 25 = 250$ cm
- Jarak vertikal = $10 \times 20 = 200$ cm
- Sudut kemiringan tangga (α) = $\arctan \frac{20}{25} = 38.66^\circ < 45^\circ$
- Perhitungan tebal pelat rata-rata :

Tebal pelat tangga = 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Tebal X} &= 0.5 \times t \text{ injakan} \times \cos \alpha \\ &= 0.5 \times 20 \times \cos 38.66^\circ \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 5.73 \text{ cm} \sim 6 \text{ cm} \\ \text{Tebal pelat rata-rata} &= \text{tebal pelat tangga} + X \\ &= 15 + 6 \\ &= 21 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gbr. 4.17. Dimensi anak tangga

4.4.4. Pembebanan Tangga dan Bordes

Beban-beban yang bekerja pada tangga meliputi berat sendiri tangga ditambah beban hidup merata di atasnya.

1. Pelat Tangga

➤ Beban mati :

- Pelat tangga = $0.21 \times 2400 / \cos 38.66 = 706.907 \text{ kg/m}^2$
- Spesi + tegel = $3 \times (21 + 24) = 135.000 \text{ kg/m}^2$
- Sandaran = 40.000 kg/m^2

Total (DL)	=	881.907 kg/m^2
------------	---	--------------------------

➤ Beban hidup LL = 300 kg/m^2

Maka :

$$q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$



$$\begin{aligned} &= 1.2 \times 881.907 + 1.6 \times 300 \\ &= 1538.288 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Pelat Bordes

➤ Beban mati :

- Pelat bordes = $(0.15 \times 2400) = 360 \text{ kg/m}^2$
 - Spesi + tegel = $3 \times (21 + 24) = 135 \text{ kg/m}^2$
 - Sandaran $\underline{\hspace{10em}} = 40 \text{ kg/m}^2 +$
- Total (DL) = 535 kg/m^2

➤ Beban hidup $\hspace{10em} LL = 300 \text{ kg/m}^2$

Maka :

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 535 + 1.6 \times 300 \\ &= 1122 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.4.5. Analisa Gaya-gaya Dalam

Didalam analisa tangga dimodelkan sebagai frames dua dimensi dengan perletakan jepit-rol, dimana didalam analisa ini digunakan program bantu SAP 2000, input maupun output analisa tangga ini dapat dilihat pada lampiran.

Dari analisa struktur didapat gaya-gaya dalam yang bekerja pada tangga :

1. Pada pelat tangga :

- Momen maximum $\hspace{10em} = 3179.818 \text{ kgm}$
- Gaya lintang maximum $\hspace{10em} = 2184.539 \text{ kg}$



2. Pada pelat bordes :

- Momen maximum = 2733.448 kgm
- Gaya lintang maximum = 3063.321 kg

4.4.6. Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

4.4.6.1. Pelat Tangga

a) Penulangan Lentur

Arah X

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1.4/f_y \\ &= 1.4/320 = 0.004375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \rho_b \\ &= 0.03222\end{aligned}$$

$$M_u = 3179.818 \text{ kgm} = 3.18E7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= M_u/\phi \\ &= 3.18E7/0.8 \\ &= 3.975E7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 12 mm

$$D = 210 - 20 - 0.5 \times 12 = 204 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$$

$$R_n = \frac{M_n}{b_w \times d^2} = \frac{3.975E7}{1000 \times 204^2} = 0.955 \text{ Mpa}$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.955}{320}} \right]$$
$$= 0.003044$$

dipakai $\rho = 0.004375$

$$A_s \text{ perlu} = 0.004375 \times 1000 \times 204 = 892.5 \text{ mm}^2$$

Dipasang D12 – 120 (As ada = 942.478 mm²)

Arah Y

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

$$\begin{aligned} \text{Tulangan pembagi} &= 0.002 \times A_{\text{bruto}} \\ &= 0.002 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D10 – 200 mm (As ada = 392.7 mm²)

b) Penulangan Geser

$$V_u = 2184.539 \text{ kg}$$

Sumbangan kekuatan geser beton menurut SKSNI T-15-03-1991

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

$$\phi \cdot V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 284$$

$$= 153402.068 \text{ N}$$

$$= 15340.2068 \text{ kg} > V_u = 2184.539 \text{ kg}$$

karena $V_u < \phi \cdot V_c$, maka tidak perlu tulangan geser



Untuk seluruh elemen – elemen pada pelat tangga didapatkan bahwa gaya geser yang terjadi adalah di bawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

4.4.6.2. Pelat Bordes

a) Penulangan lentur

Arah X

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1.4/f_y \\ &= 1.4/320 = 0.004375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \rho_b \\ &= 0.03222\end{aligned}$$

$$M_u = 2733.448 \text{ kgm} = 2.733E7 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= M_u/\phi \\ &= 2.733E7/0.8 \\ &= 3.416E7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D 12 mm

$$D = 150 - 20 - 0.5 \times 12 = 124 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$$

$$R_n = \frac{M_n}{b_w \times d^2} = \frac{3.416E7}{1000 \times 124^2} = 2.222 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{12.55} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.222}{320}} \right] \\ &= 0.007286\end{aligned}$$



dipakai $\rho = 0.007286$

$$As \text{ perlu} = 0.007286 \times 1000 \times 124 = 903.492 \text{ mm}^2$$

Dipasang D12 – 120 (As ada = 942.478 mm²)

Arah Y

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

$$\begin{aligned} \text{Tulangan pembagi} &= 0.002 \times A_{\text{brutto}} \\ &= 0.002 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D10 – 200 mm (As ada = 392,7 mm²)

b) Penulangan Geser

$$Vu = 3063.321 \text{ kg}$$

Sumbangan kekuatan geser beton menurut SKSNI T-15-03-1991

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

$$\phi \cdot Vc = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 124$$

$$= 66978.368 \text{ N}$$

$$= 6697.837 \text{ kg} > Vu = 3063.321 \text{ kg}$$

karena $Vu < \phi \cdot Vc$, maka tidak perlu tulangan geser

Untuk seluruh elemen – elemen pada pelat bordes didapatkan bahwa gaya geser yang terjadi adalah di bawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.



Dari perhitungan diatas, maka kebutuhan penulangan tangga adalah sebagai berikut :

Tulangan pelat tangga

Tulangan lentur arah x : $\emptyset 12 - 120 \text{ mm}$

Tulangan lentur arah y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

Tulangan pelat bordes

Tulangan lentur arah x : $\emptyset 12 - 120 \text{ mm}$

Tulangan lentur arah y : $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$



BAB V
ANALISA STRUKTUR UTAMA



BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 UMUM

Didalam analisa struktur, stuktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku dari gedung tersebut. Struktur utama ini berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban grafitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun angin. Komponen struktur utama ini terdiri dari balok induk, kolom dan shearwall.

Didalam analisa struktur utama RSUD DR. Soetomo ini, pemodelan struktur mengacu kepada Peraturan UBC 97 dengan sistem yang dipergunakan adalah Building Frames System. Building Frames Sistem ini merupakan suatu sistem dimana beban grafitasi dipikul sepenuhnya oleh frames sedangkan gaya lateral yang bekerja padanya dipikul sepenuhnya oleh shearwall.

5.2 DATA-DATA PERANCANGAN

Perancangan gedung RSUD DR. Soetomo ini berdasarkan atas data – data sebagai berikut :

A. Data material bahan

1. Mutu beton

- Balok, f_c : 30 Mpa
- Kolom, f_c : 30 Mpa
- Shear Wall : 30 Mpa



2. Mutu baja tulangan

- Tulangan Utama, f_y : 320 Mpa
- Tulangan Sengkang, f_y : 320 Mpa

B. Data umum bangunan

- Fungsi Bangunan : Rumah Sakit Umum
- Tinggi Bangunan : 36 m
- Jumlah Tingkat : 8
- Tinggi Tiap Tingkat : 4.5 m
- Jenis Bangunan : Beton Bertulang
- Dimensi Balok : 45 x 75 cm
- Dimensi Kolom : 60 x 60 cm
- Tebal Shearwall : 30 cm
- Zona Gempa : Zona 4

5.3 PERHITUNGAN PEMBEBANAN PADA STRUKTUR UTAMA

5.3.1 Perhitungan Pembebanan Vertikal Pada Struktur

Pembebanan vertikal stuktur pada Building Frames System hanya diterima oleh frames saja, dimana pada pembebanan vertikal ini lokasi pembebanannya memakai sistem tribunary. Selanjutnya beban yang bekerja pada balok dianalisa langsung memakai program SAP 2000 tanpa mencari q ekuivalen dari beban tersebut.

Pada Bab IV telah diketahui pembebanan pada pelat, dan pada balok anak dimana pembebanan tersebut akan menjadi beban yang diterima oleh balok induk



selain itu beban dinding dan berat sendiri balok induk akan ikut kedalam pembebanan pada balok induk. Adapun besarnya beban – beban tersebut adalah :

1. Beban Akibat Pelat

Beban Pelat Lantai

Beban Mati : 519 kg/m²

Beban hidup : 250 kg/m²

Beban Pelat Atap

Beban Mati : 475 kg/m²

Beban hidup : 100 kg/m²

Lokasi pembebanan dan jenis beban yang bekerja akibat pelat pada balok induk dapat dilihat pada lampiran.

2. Beban Sendiri Balok

Balok 45/75 cm dengan berat beton 2400 kg/m

$$q = 0.45 \times 0.75 \times 2400 = 810 \text{ kg/m}$$

3. Beban Akibat Dinding

$$q = 4.5 \times 250 = 1125 \text{ kg/m}$$



5.3.2 Perhitungan Berat Total Gedung

Lantai	Jenis Beban	Macam Beban	Berat Total (kg)	Total (kg)
Lantai 8 (atap)	Mati	Pelat	412574.4	1002596.16
		balok anak	58291.2	
		balok induk	222476.76	
		kolom	60264	
		aspal (t=2cm)	34381.2	
		spesi penutup	54027.6	
		ducting AC+pipa	36837	
		shearwall	72576	
		Hidup (reduksi = 0.3)	beban air hujan	
	beban hidup		39360	
Lantai 4-7	Mati	Pelat	373867.2	1099810.32
		balok anak	55111.68	
		balok induk	212990.04	
		Kolom	120528	
		penutup lantai	31155.6	
		Spesi	48958.8	
		Tangga	13066	
		ducting AC + pipa	33381	
		Shearwall	145152	
	Hidup (reduksi = 0.3)	beban hidup	65600	
Lantai 1-3	Mati	pelat/m2	489988.8	1407584.4
		balok anak/m	74188.8	
		balok induk/m	294154.2	
		kolom/m	159408	
		penutup lantai/m2	40832.4	
		spesi/m2	64165.2	
		tangga	13066	
		ducting AC + pipa/m2	43749	
		shearwall	145152	
	Hidup (reduksi = 0.3)	beban hidup	82880	
Total berat gedung			=	9624590.64



5.3.3 Perhitungan Gaya Horizontal Pada Struktur

5.3.3.1 Perhitungan Gaya Geser Dasar

Untuk perencanaan gaya gempa dipergunakan peraturan UBC 1997 termasuk didalamnya menghitung gaya geser dasar. Perhitungan gaya gempa dasar ini dipergunakan untuk mengecek gaya gempa yang dihasilkan oleh analisa dinamis, dimana besarnya gaya gempa yang dihasilkan pada analisa dinamis tidak boleh kurang dari 90% dari perhitungan analisa gempa statis.

Dalam section 1630.2.1 UBC 1997 design gaya geser dasar ditetapkan sebagai berikut :

Total gaya geser dasar yang bekerja dapat dihitung berdasarkan :

$$V = \frac{C_v I}{R T} W \dots\dots\dots \text{Pers (30-4)}$$

Dimana total gaya geser dasar tidak perlu melebihi :

$$V = \frac{2.5 C_v I}{R} W = \dots\dots\dots \text{Pers (30-5)}$$

Dan total gaya geser dasar tidak boleh kurang dari :

$$V \geq 0.11 C_v I W \dots\dots\dots \text{Pers (30-6)}$$

- Periode dasar struktur (T)

Perhitungan periode dasar struktur dapat dilakukan dengan dua metode :

1. Metode A

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \dots\dots\dots \text{Pers (30-8) Section 1630.2.2 UBC 1997}$$

2. Metode B

$$T = 2. \pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2 \right) + \left(g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i \right)}$$

Perhitungan T dengan Metode A :



$$T = C_t(h_n)^{3/4} \dots\dots\dots \text{Pers (30-8) Section 1630.2.2 UBC 1997}$$

Dimana : $C_t=0.0853$ for steel momen resisting frames

$C_t=0.0731$ for reinforment concrete momen resisting framesand
eccentrically braces frames

$C_t=0.0488$ for all other building

Sehingga dapat dihitung :

$$T = 0.0488(36)^{3/4} = 0.717 \text{ detik}$$

- BFS $\Rightarrow R = 5.5$, $\Omega_o = 2.8$ Tabel 16-N UBC 1997
- Zona 4 $\Rightarrow Z = 0.4$ Tabel 16-I UBC 1997
- Zona 4 dan Tipe tanah S_D , $C_v = 0.64$ Tabel 16-R UBC 1997
- Zona 4 dan Tipe tanah S_D , $C_a = 0.44$ Tabel 16-Q UBC 1997
- Rumah Sakit (fasilitas umum), $I = 1.25$ Tabel 16-K UBC 1997

Dari data – data diatas dapat dihitung besarnya gaya geser dasar :

$$V = \frac{C_v I}{R T} W = \frac{0.64 \times 1.25}{5.5 \times 0.717} \times 9624590.64 = 1952497.15 \text{ kg}$$

$$V \leq \frac{2.5 C_a I}{R} W = \frac{2.5 \times 0.44 \times 1.25}{5.5} \times 9624590.64 = 2406147.66 \text{ kg}$$

$$V \geq 0.11 C_a I W = 0.11 \times 0.44 \times 1.25 \times 9624590.64 = 582287.73 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan $V = 1952497.15 \text{ kg}$



Perhitungan Gaya Geser Tiap Lantai

Gaya geser yang telah didapatkan pada perhitungan diatas , akan didistribusikan secara vertikal ke masing – masing lantai

Penyebaran gaya lateral dilakukan sesuai Section 1630.5 UBC 1997, dengan perumusan sebagai berikut :

Menghitung gaya gempa yang diterima tiap lantai.

$$F_x = \frac{(V - F_t)w_x h_x}{\sum w_i h_i} \dots \dots \dots \text{Pers (30-15) UBC'97}$$

Dimana :

V : Gaya Geser Dasar

F_t : Gaya gempa pada puncak struktur , untuk T > 0.7 ,

$$F_t = 0.07.T.V = 97995.832 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat : } F_t < 0.25 V = 488124.288 \text{ kg}$$

w_x : Berat struktur per tingkat

h_x : Tinggi lantai

Tingkat	W _i	H _i	W _i H _i	F _x
8	1002596.16	36	36093461.76	463803.95
7	1099810.32	31.5	34644025.08	351118.04
6	1099810.32	27	29694878.64	300958.32
5	1099810.32	22.5	24745732.2	250798.60
4	1099810.32	18	19796585.76	200638.88
3	1407584.40	13.5	19002389.4	192589.68
2	1407584.40	9	12668259.6	128393.12
1	1407584.40	4.5	6334129.8	64196.56
Total	9624590.64		182979462.2	1952497.15

Tabel 5.1 Gaya Geser Dasar Tiap Lantai



5.3.3.2 Perhitungan Analisa Gempa Dinamis

Perhitungan gaya gempa dinamis dihitung langsung memakai program Sap 2000, dimana perhitungan gempa dinamis ini mengacu kepada peraturan UBC 97 section 1631. Dimana input data pada analisa dinamis adalah :

- Respon spectrum fuction

Didalam mendesign respon spectrum fuction mengacu kepada nilai C_a dan C_v dimana tertera pada figure 16-3 UBC 97. dimana nilai C_a dan C_v direduksi dengan faktor pembagi R .

- Respon Spectrum Case

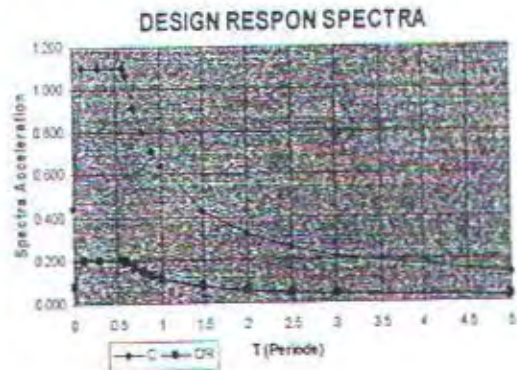
Didalam mendesign spectrum case nilai acceleration ordianates sesuai dengan UBC 97 section 1631.2 haruslah dikalikan dengan kecepatan grafitasi sebesar 9.81 m/dt^2 , dengan nilai mempertimbangkan terjadi damping sebesar 0.05.

- Perhitungan analisa gempa dinamis hendaknya diperhitungkan bahwa jumlah Jumlah mode yang dimasukkan mempertimbangkan sekurang-kurangnya 90% jumlah partisipasi massa yang dihasilkan masuk kedalam perhitungan gaya gempa dinamis.

Selain itu juga perlu dipenuhi bahwa total reaksi gaya geser dasar yang dihasilkan pada analisa gempa dinamis tidak boleh kurang dari 90% total gaya geser dasar yang dihasilkan pada perhitungan gempa statis, hal ini sesuai dengan disyaratkan pada UBC 97 section 1631.5.4.1.



T	C	CR
0	0.4400	0.0800
0.1163636	1.1000	0.2000
0.3	1.1000	0.2000
0.5818182	1.1000	0.2000
0.6	1.0667	0.1939
0.7	0.9143	0.1662
0.8	0.8000	0.1455
0.9	0.7111	0.1293
1	0.6400	0.1164
1.5	0.4267	0.0776
2	0.3200	0.0582
2.5	0.2560	0.0465
3	0.2133	0.0388
5	0.1280	0.0233



Tabel 5.2. Design Respon Spectra

Selain itu perlu juga diperhitungkan dalam analisa gaya gempa terhadap momen puntir yang terjadi pada struktur akibat beban gempa yang bekerja, hal ini sesuai dengan yang diisyaratkan pada UBC 97 section 1630.7, kemudian momen puntir yang didapat dimasukan sebagai beban momen yang memutar sumbu vertikal di pusat massa. Dimana momen puntir ini diperhitungkan berdasarkan :

1. Momen torsi yang akibat pusat kekakuan yang tidak berimpit dengan pusat massa struktur (e_c).
2. Momen torsi yang terjadi dengan anggapan terjadi pergeseran pusat massa sebesar 5 % dari lebar gedung yang diisyaratkan dalam UBC.

Dimana untuk momen torsi yang diakibatkan pada kasus II, untuk gedung yang tidak simetris seperti yang tertuang pada Tabel 16-M UBC 97, nilai momen torsi yang terjadi haruslah dikalikan dengan faktor pengali sebesar A_x .

Dimana besarnya A_x :

$$A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{avg}} \right]^2$$



δ_{avg} = nilai rata-rata displacement yang terjadi pada struktur di tingkat x

δ_{max} = nilai displacement max pada tingkat x

Selanjutnya perhitungan momen torsi yang terjadi dapat ditabelkan sebagai berikut :

Arah y

Lantai	Fy (kg)	ec (m)	Momen Torsi Akibat ec	Momen Torsi Akibat pergeseran s %	Momen Torsi Total di Pusat Massa
8	463803.95	4	1855215.79	1298651.06	3931169.05
7	351118.04	4	1404472.16	983130.51	2904414.34
6	300958.32	4	1203833.28	842683.30	2208676.49
5	250798.60	4	1003194.40	702236.08	1479318.07
4	200638.88	4	802555.52	561788.86	655230.42
3	192589.68	4	770358.72	693322.85	1395005.28
2	128393.12	4	513572.48	462215.23	940639.93
1	64196.56	4	256786.24	231107.62	472541.72

Arah x

Lantai	Fy (kg)	ec (m)	Momen Torsi Akibat ec (kgm)	Momen Torsi Akibat pergeseran s %	Momen Torsi Total di Pusat Massa
8	463803.95	0	0	500908.26	559602.35
7	351118.04	0	0	379207.48	397390.32
6	300958.32	0	0	325034.99	303017.47
5	250798.60	0	0	270862.49	195973.53
4	200638.88	0	0	216689.99	75902.98
3	192589.68	0	0	207996.86	140263.22
2	128393.12	0	0	138664.57	95226.35
1	64196.56	0	0	69332.29	48235.62

Tabel 5.3. Perhitungan Momen Torsi



5.3.3.3 Perhitungan Beban Akibat Angin

Berdasarkan UBC 97, dikatakan bahwa untuk segala macam gedung atau struktur haruslah didesign dan dibangun untuk mampu menahan akibat beban angin. Dimana pada UBC 97 beban angin dihitung berdasarkan Section 1615 Division III-Wind Design.

- Pada Gedung RSUD DR. Soetomo ini, kecepatan angin dasar yang bekerja pada struktur adalah 70 mph (112.7 km/jam), yang termasuk kedalam kategori exposure B.

Sesuai UBC 97 design tekanan angin untuk gedung dapat dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$P = C_e \cdot C_q \cdot q_s \cdot I_w$$

Dimana :

P = tekanan angin

C_e = koefisien kombinasi ketinggian, exposure dan gust faktor yang diberikan pada tabel 16-G.

C_q = koefisien tekanan struktur yang diberikan pada tabel 16-H.

q_s = tekanan angin pada ketinggian standar table 16-F.

I_w = faktor penting yang diberikan pada tabel 16-K.

Keterangan :

- koefisien kombinasi ketinggian, exposure dan gust faktor (C_e) yang diberikan pada tabel 16-G UBC 97 menggunakan satuan feet sehingga perlu dikalikan faktor pengali 304.8 untuk menjadi satuan mm.



Nilai – nilai ketinggian untuk mencari faktor exposure yang berada diantaranya

, dapat dicari dengan cara interpolasi.

- Tekanan angin (q_s) pada ketinggian standar 33 feet (10000 mm) yang diberikan pada table 16-F, untuk kecepatan angindasar 70 mph besar presure :

$$q_s = 12.6 \text{ psf} = 12.6 \times 0.0479 = 0.6035 \text{ KN/m}^2$$

- Untuk primary frames , koefisien tekanan struktur (C_q) yang diberikan pada tabel 16-H , dimana beban angin yang bekerja pada pemodelan struktur memakai metode 2 (Projected Area Method).

Dimana untuk gedung dengan ketinggian $40.5 \text{ m} > 12.192 \text{ m}$ maka :

$$C_q = 1.4 \text{ untuk horisontal pada segala sisi arah}$$

- Untuk gedung dengan fungsi rumah sakit termasuk kedalam kategori essential facilities yang terdapat pada table 16-K dimana nilai faktor penting $I_w = 1.15$.

Lantai	Tinggi		C_e	C_q	q_s	I_w	Tekanan Angin	
	(m)	(feet)					(psf)	(kg/m ²)
8	36	105.63	1.627	1.4	12.6	1.15	33.00	158.09
7	31.5	92.43	1.580	1.4	12.6	1.15	32.05	153.50
6	27	79.23	1.526	1.4	12.6	1.15	30.96	148.29
5	22.5	66.02	1.460	1.4	12.6	1.15	29.62	141.88
4	18	52.82	1.387	1.4	12.6	1.15	28.13	134.77
3	13.5	39.61	1.307	1.4	12.6	1.15	26.51	126.99
2	9	26.41	1.207	1.4	12.6	1.15	24.48	117.27
1	4.5	13.20	1.060	1.4	12.6	1.15	21.50	103.00

- Besarnya gaya angin yang bekerja pada stuktur dapat dihitung dengan perumusa berikut : gaya angin = tekanan angin x luas pengaruh angin
- Perhitungan tekanan angin pada tiap lantai dapat dilihat pada tabel berikut :



Selanjutnya perhitungan beban angin yang bekerja pada tiap portal dapat dihitung yang kemudian dimasukkan sebagai beban horizontal pada pemodelan struktur, dimana perhitungan beban angin pada tiap portal dapat dilihat pada lampiran.

5.4 PEMODELAN STRUKTUR

Didalam perancangan gedung RSUD DR. Soetomo ini gedung dimodelkan sebagai Building Frame System dengan shearwall. Didalam pemodelan Building Frames System shearwall didesain untuk menerima total beban lateral dan frames didesain untuk menahan Seluruh beban grafitasi. Namun demikian karena shearwall dan balok-kolom berada pada satu struktural sistem dengan pelat sebagai diafragma yang kaku akan mengalami translasi sama besarnya, sehingga perlu diperhatikan didalam mendesain struktur dimana balok-kolom harus didesain untuk tidak runtuh akibat translasi yang besar akibat dari beban lateral dan tidak rusak dalam menerima beban gempa yang kecil.

Untuk memenuhi persyaratan yang disebut diatas maka pada pemodelan struktur ini pemodelan dibagi menjadi 4 macam pemodelan struktur, dimana pemodelan I digunakan untuk mencari gaya dalam frames akibat grafitasi, pemodelan pemodelan II untuk mencari gaya dalam elemen LFRS sekaligus mencari translasi yang ditimbulkan oleh beban lateral, pemodelan III untuk mencari gaya dalam frames NLFPS akibat gempa, sedangkan pemodelan IV digunakan untuk mencari gaya dalam pada frames akibat deformasi lateral pada pemodelan II.



Perhitungan gaya – gaya dalam struktur Building Frame System menggunakan bantuan software analisa struktur SAP 2000.

Pembagian pemodelan struktur dijabarkan sebagai berikut :

Permodelan I

Didalam pemodelan pertama ini ditujukan untuk mendapatkan gaya dalam struktur akibat grafitasi, gaya dalam yang didapatkan ini nantinya akan dikombinasikan dengan gaya dalam yang dihasilkan pada pemodelan struktur lainnya. Pada pemodelan pertama ini kekakuan semua elemen tetap ada dengan input beban adalah kombinasi beban grafitasi dan angin..

Permodelan II

Pada pemodelan ini struktur dianalisa sebagai frames tiga dimensi dimana gaya lateral yang terjadi diterima sepenuhnya oleh LFRS (Lateral Resisting Frames System) dalam hal ini adalah shearwall dan koloktor elemen sedangkan elemen struktur lain yang bukan bagian dari penahan gaya gempa tidak menerima gaya lateral tersebut.

Untuk itu maka kekakuan dari frames NLFRS ditiadakan dalam hal ini direduksi menjadi 1/100 kalinya sedangkan kekakuan dari shearwall tetap ada sehingga seolah-olah gaya lateral dapat diterima sepenuhnya oleh shearwall.

Permodelan I memiliki dua tujuan yaitu :

1. Untuk mendapatkan besarnya Δ_m yang terjadi pada komponen penahan gaya lateral yaitu shearwall.

Δ_m didapatkan dari perumusan :



$$\Delta m = 0,7 \times R \times \Delta s$$

Δs adalah besarnya output displacements yang dihasilkan.

2. Untuk mendapatkan gaya – gaya dalam akibat gempa pada struktur LFRS.

Dari perhitungan gaya lateral yang terjadi dapat dilihat bahwa gaya lateral yang disebabkan oleh gempa jauh lebih besar dari gaya lateral yang disebabkan oleh angin sehingga gaya lateral yang ditinjau hanya pada gaya lateral yang disebabkan oleh gempa.

Permodelan III

Didalam pemodelan ketiga ini ditujukan untuk mendapatkan gaya dalam pada struktur NLFRS akibat beban gempa yang bekerja padanya, pemodelan ini sesuai dengan konsep dasar perencanaan gempa bahwa frames tidak boleh rusak dalam menerima gempa kecil.

Untuk itu pada pemodelan ketiga ini kekakuan semua elemen tetap ada dengan beban yang bekerja padanya adalah beban gempa dan torsi yang diakibatkan oleh tidak esentrisnya kekuan struktur engan pusat massanya. Selanjutnya pemodelan ini akan dikombinasikan dengan pemodelan I untuk mendapatkan gaya dalam yang dipakai pada perhitungan.

Permodelan IV

Permodelan struktur yang terakhir ini dimaksudkan bahwa frames harus mampu menerima beban grafitasi pada saat displacement terbesar pada tiap tingkat kearah lateral yang disebabkan oleh gempa, hal ini dimaksudkan bahwa struktur NLFRS tidak boleh runtuh pada saat beban gempa besar terjadi.



Untuk itu pada pemodelan keempat ini struktur mempunyai perilaku yang sama dengan pemodelan ketiga namun beban yang bekerja pada struktur adalah pembebanan joints displacement sebesar Δm arah lateral yang disebabkan oleh pemodelan struktur pertama. Pemodelan ini selanjutnya di kombinasikan dengan pemodelan kedua yang kemudian dibandingkan dengan pemodelan struktur yang ketiga, untuk menentukan konsep perhitungan yang bekerja pada struktur NLFRS.

5.4.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur utama didasarkan pada UBC 97 section 1612.2.1 dimana secara umum kombinasi pembebanan yang bekerja adalah sebagai berikut :

1. $1.4D + 1.7L$
2. $0.75(1.4D + 1.7L + 1.7 W)$
3. $0.9D + 1.3 W$
4. $1.1(1.2D + f_l L + 1.0E)$
 $f_l = 1.0$ untuk lantai umum
 $= 0.5$ untuk beban hidup lain
5. $1.1(0.9D + 1.0E)$
6. $1.4D + 1.4 L + E$
7. $0.9 D + E$

dimana :

D = beban mati

L = beban hidup

W = beban angin



E = beban gempa

$$E = \rho E_h + E_v$$

$$\rho = 1$$

E_h = komponen gaya gempa horizontal yaitu gaya geser dasar (V)

E_v = komponen gaya gempa vertikal

$$= 0.5 C_a I.D$$

Kombinasi pembebanan pada frames dibagi menjadi 2 keadaan yaitu kombinasi untuk struktur NLFRS dan kombinasi untuk struktur LFRS.

- Kombinasi pembebanan untuk LFRS.
 1. $1.4D + 1.7L$
 2. $0.75 (1.4D+1.7L+1.7W)$
 3. $0.9D + 1.3W$
 4. $1.1 (1.2D+L+E) = 1.32D + 1.1L + 1.1E_h$
 5. $1.1 (0.9D+E) = 0.99D + 1.1E_h$
- Kombinasi pembebanan untuk NLFRS.
 1. $1.4D + 1.7L$
 2. $1.4D + 1.4L + E = 1.4D + 1.4L + E_h$
 3. $0.9D + E$

5.4.2 Kontrol Periode (T) Getar Alami Struktur

Periode yang didapatkan pertamakali dari perumusan :

$$T_A = C_1(h_n)^{3/4}$$

Selanjutnya harus ditinjau dengan metode B dengan perumusan



$$TB = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2\right) + \left(g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i\right)} \dots \text{Pers (30-10) UBC'97}$$

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

Sesuai dengan UBC 97 section 1630.2.2 bahwa perlu dipenuhi periode yang dihitung dengan analisa dinamis (TB) tidak boleh melebihi periode yang dihitung melalui pendekatan (TA) sebesar 40% untuk zona gempa 4.

Dari analisa struktur yang dilakukan didapatkan nilai δ .Harga δ tiap tingkat digunakan untuk mendapatkan displacement relatif tingkat (δ_i) .

Hasil yang didapat dari perhitungan-perhitungan diatas dan harga f_i , dan w_i didapat dari hasil perhitungan sebelumnya, kemudian ditabelkan .

No	w_i Kg	δ_i cm	δ_i^2 cm ²	$\delta_i^2 w_i$ Kgcm ²	F_i kg	$F_i \delta_i$ Kgcm
8	1002596.16	0.795	0.6320	633665.8	463803.95	368724.1
7	1099810.32	0.819	0.6708	737709.9	351118.04	287565.7
6	1099810.32	0.822	0.6757	743124.2	300958.32	247387.7
5	1099810.32	0.793	0.6288	691614.6	250798.60	198883.3
4	1099810.32	0.73	0.5329	586088.9	200638.88	146466.4
3	1407584.40	0.631	0.3982	560445.2	192589.68	121524.1
2	1407584.40	0.489	0.2391	336583.0	128393.12	62784.2
1	1407584.40	0.277	0.0767	108002.5	64196.56	17782.4
	9624590.64		3.8542	4397234.2		1385959.4



No	Wl Kg	Δx cm	w _i ² cm ²	TB ² ·Wl Kgcm ²	F _i kg	F _i ·Δx Kgcm
8	1002596.16	1.557	2.4242	2430542.7	463803.95	722142.7
7	1099810.32	1.552	2.4087	2649117.5	351118.04	544935.2
6	1099810.32	1.507	2.2710	2497723.1	300958.32	453544.2
5	1099810.32	1.408	1.9825	2180334.4	250798.60	353124.4
4	1099810.32	1.246	1.5525	1707473.1	200638.88	249996.0
3	1407584.40	1.014	1.0282	1447272.6	192589.68	195285.9
2	1407584.40	0.706	0.4984	701590.7	128393.12	90645.5
1	1407584.40	0.312	0.0973	137019.9	64196.56	20029.3
	9624590.64		12.2630	13751074.2		1385959.4

Tabel 5.5 Kontrol Periode Dengan Metode B

$$TB \text{ arah } x = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^6 w_i \delta_i^2\right) \div \left(g \sum_{i=1}^6 f_i \delta_i\right)}$$

$$= 0.357 \text{ detik}$$

$$TB \text{ arah } y = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^6 w_i \delta_i^2\right) \div \left(g \sum_{i=1}^6 f_i \delta_i\right)}$$

$$= 0.6314 \text{ detik}$$

Hasil metode A : TA = 0.717 detik

$$TA + 0.4 TA = 0.9321 \text{ detik}$$

Hasil metode B : TB = 0.34127 detik < 0.9321 detik(OK)

Dari hasil diatas disimpulkan bahwa periode yang digunakan tidak perlu dirubah dengan periode yang didapat dari metode B.

5.4.3 Kontrol Gaya Gempa Dinamis

- Kontrol partisipasi massa pada gempa dinamis

Sesuai dengan UBC 97 section 1631.5.2 jumlah mode harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jumlah massa yang berpartisipasi didalam perhitungan



gempa dinamis tidak boleh kurang dari 90% dari massa yang ada.

Dari hasil analisa dinamis pada pemodelan I dan pemodelan II didapat partisipasi massa :

Pemodelan I → 15 mode

Untuk arah x = 99.89 % > 90%

Untuk arah y = 99.20 % > 90 %

Pemodelan II → 24 mode

Untuk arah x = 96.13 % > 90%

Untuk arah y = 90.02 % > 90 %

Dari nilai diatas jumlah partisipasi massa yang bekerja telah memenuhi persyaratan yang ditentukan, sehingga jumlah mode tidak perlu ditambah lagi.

- **Kontrol gaya geser dasar**

Pada UBC 97 section 1631.5.4.1 dikatakan bahwa total gaya geser dasar yang bekerja pada analisa dinamis boleh direduksi sehingga nilai gaya geser total yang bekerja tidak boleh kurang dari 90 % dari gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisa statis.

Dari hasil output dapat diketahui :

Pemodelan I

$$\begin{array}{l} V_{\text{hasil analisa dinamis}} = 1.951 \times 10^6 \text{ kg} \\ V_{\text{hasil analisa statis}} = 1.952 \times 10^6 \text{ kg} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} V_{\text{hasil analisa dinamis}} / V_{\text{hasil analisa statis}} \\ = 99.999 \% > 90 \% \end{array}$$

Pemodelan III

$$\begin{array}{l} V_{\text{hasil analisa dinamis}} = 1.895 \times 10^6 \text{ kg} \\ V_{\text{hasil analisa statis}} = 1.952 \times 10^6 \text{ kg} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} V_{\text{hasil analisa dinamis}} / V_{\text{hasil analisa statis}} \\ = 97.06 \% > 90 \% \end{array}$$



Dari hasil diatas nilai gaya geser dasar hasil analisa dinamis lebih besar dari hasil analisa statis, sehingga telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

5.4.4 Kontrol Drift Antar Tingkat

Displacement yang terjadi kearah lateral perlu dikontrol dengan batasan drift yang tertuang pada UBC 97 section 1630.10, dimana kontrol drift pada saat ΔM tidak boleh lebih besar dari $0.02h_s$ untuk periode (T) > 0.7 detik. Dari Tabel 5.4 dapat kita ketahui bahwa drift yang terjadi pada tiap tingkat pada arah x dan arah y telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Sesuai dengan UBC 97 section 1630.1.3 P- Δ effect tidak perlu diperhitungkan untuk zone gempa 3 dan 4 jika hasil drift antar tingkat pada saat Δs tidak melebihi $0.02h_s/R$, dari tabel 5.4 dapat kita ketahui bahwa P- Δ effect tidak perlu diperhitungkan untuk elemen LFR (Lateral Force Resisting) sistem pada semua tingkat.

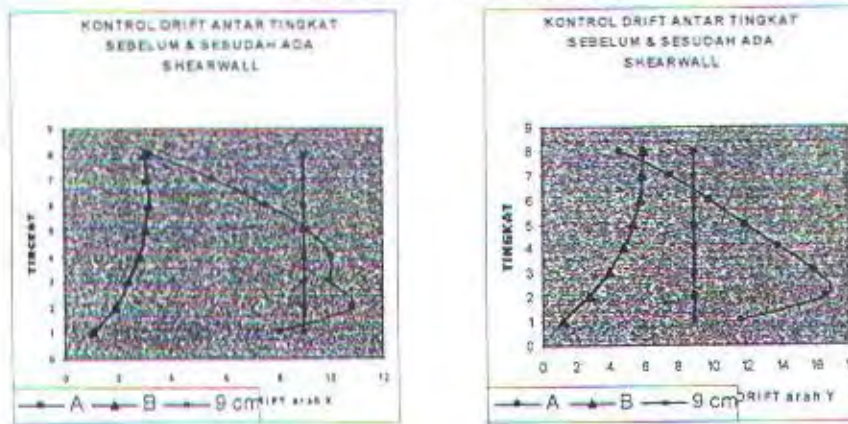
ArahU1

Tingkat	Δs (cm)	drift (cm)	Kontrol	ΔM (cm)	drift (cm)	Kontrol
8	5.882	0.888	ok	22.6457	3.4188	ok
7	4.994	0.911	ok	19.2269	3.50735	ok
6	4.083	0.911	ok	15.71955	3.50735	ok
5	3.172	0.876	ok	12.2122	3.3726	ok
4	2.296	0.801	ok	8.8396	3.08385	ok
3	1.495	0.684	ok	5.75575	2.6334	ok
2	0.811	0.522	ok	3.12235	2.0097	ok
1	0.289	0.289	ok	1.11265	1.11265	ok
		syarat<	1.636		syarat<	9.000

Arah U2

Tingkat	AS	drift	Kontrol	AM	drift	Kontrol
8	9.103	1.533	ok	35.04655	5.90205	ok
7	7.570	1.528	ok	29.1445	5.8828	ok
6	6.042	1.483	ok	23.2617	5.70955	ok
5	4.559	1.384	ok	17.55215	5.3284	ok
4	3.175	1.221	ok	12.22375	4.70085	ok
3	1.954	0.984	ok	7.5229	3.7884	ok
2	0.970	0.877	ok	3.7345	2.60645	ok
1	0.293	0.293	ok	1.12805	1.12805	ok
		syarat <	1.636		syarat <	9

Tabel 5.6 Kontrol Drift Antar



Grafik 5.1 Perbandingan Drift Sebelum dan sesudah adanya shearwall

Dimana : A = Drift antar tingkat sesudah ada shearwall

B = Drift antar tingkat sebelum ada shearwall

Syarat drift antar tingkat 9 cm

Dari grafik ini dapat kita lihat bahwa sebelum ada shearwall drift yang terjadi tidak memenuhi persyaratan yang ada yaitu 9 cm, setelah ada shearwall kontrol drift yang dilakukan memenuhi semua yang disyaratkan pada semua tingkat.



BAB VI

**PERANCANGAN
STRUKTUR UTAMA**



BAB VI

PERANCANGAN STRUKTUR UTAMA

6.1 UMUM

Setelah perhitungan analisa struktur utama memakai software analisa struktur selesai dilakukan, akan didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur utama yang kemudian dipergunakan untuk perencanaan struktur utama.

Didalam perencanaan struktur utama ini, balok induk dan kolom direncanakan dengan memakai metode pracetak dimana balok induk merupakan balok komposit yaitu balok pracetak dengan pelat pracetak dan overtopping. Sedangkan untuk shearwall direncanakan dengan cor setempat. Perencanaan struktur utama ini pemodelan strukturnya mengacu pada UBC 97 sedangkan penulangannya mengacu pada peraturan SKSNI T-15-1991-03 serta peraturan lainnya yang menunjang.

6.2 PERANCANGAN BALOK INDUK

Didalam UBC 97 telah dijelaskan bahwa balok dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu balok kolektor elemen yang merupakan bagian dari LFRS dan balok NLFR sistem dimana balok bukan bagian dari struktur penahan gaya lateral.

Perencanaan tulangan balok induk di hitung 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 : 45/75

6.2.1 Penulangan Balok NLFPS

Pada struktur Building Frames Sistem, balok NLFPS direncanakan hanya menerima gaya grafitasi saja, namun perlu ditinjau juga bahwa balok tidak boleh rusak akibat gempa kecil dan tidak boleh runtuh akibat gempa besar. Sehingga pada perhitungannya momen yang terjadi akibat grafitasi harus dikombinasikan dengan momen yang terjadi akibat gempa pada pemodelan ketiga, selain itu perlu juga di cek apakah momen akibat deformasi kearah lateral melebihi momen akibat gempa. Hal ini hanya dilakukan didalam perencanaan balok sesudah komposit.

Sebagai contoh perhitungan diambil balok induk lantai satu dengan dimensi 45/75 cm (B1 3) pada elemen 163, dengan bentang 7.2 m.

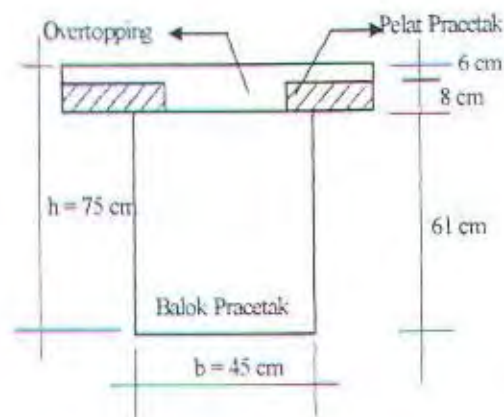
6.2.1.1 Penulangan Lentur Balok

Perhitungan penulangan lentur balok induk pracetak pada prinsip dapat dilakukan dengan dua tahap, dimana Tahap I balok sebelum komposit dan Tahap II balok sesudah komposit.

Pada saat sesudah komposit balok induk akan berperilaku monolit, sehingga kekuatan dan kekakuan balok akan bertambah dengan adanya kontribusi bagian dari slab. Dalam keadaan ini balok dan pelat bersama-sama dapat dianggap memikul semua beban yang bekerja termasuk berat sendirinya.

A. Penulangan Lentur Sebelum Komposit

Sebelum komposit balok induk dianggap sebagai balok precast dengan penampang persegi. Pada perhitungan penulangan balok sebelum komposit balok direncanakan dengan anggapan bahwa balok terletak pada dua sendi, hal ini dikarenakan pada balok induk belum berperilaku monolit dengan pelat sehingga balok harus mampu memikul berat sendiri ditambah dengan berat sendiri pelat. Pada keadaan ini penulangan hanya diperhitungkan pada daerah lapangan saja.

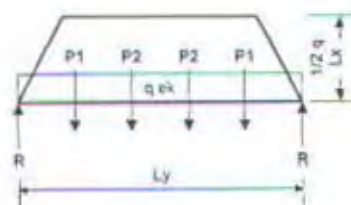


Gbr. 6.1. Balok Induk Sebelum dan Sesudah Komposit

Beban yang bekerja :

o Beban terbagi rata

- Berat sendiri balok = $0.45 \times 0.61 \times 2400 = 659 \text{ kg/m}$
- Beban trapesium ekivalen pelat



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

Beban Mati

Berat sendiri trapesium ekuivalen pelat ($q_d = 192 \text{ kg/m}^2$):

$$\begin{aligned}q_{ek} &= DL_2 = 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\&= 2 \times \frac{1}{2} \times 192 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\&= 374.12 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Berat trapesium ekuivalen topping ($q_d = 144 \text{ kg/m}^2$)

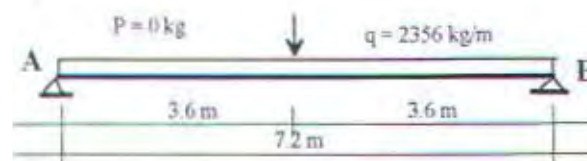
$$\begin{aligned}q_{ek} &= DL_3 = 2 \times \frac{1}{2} \times q_d \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\&= 2 \times \frac{1}{2} \times 144 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\&= 280.60 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban Hidup

Beban trapesium ekuivalen pelat ($q_L = 250 \text{ kg/m}^2$):

$$\begin{aligned}q_{ek} &= LL_1 = 2 \times \frac{1}{2} \times q_L \times Lx \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\&= 2 \times \frac{1}{2} \times 250 \times 2 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{7.2} \right)^2 \right] \\&= 487.14 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$q_u = 1.2 \times (280.6 + 374.12 + 659) + 1.6 \times 487.14 = 2356 \text{ kg/m}$$



Gbr.6.2. Skema pembebanan balok induk sebelum komposit



$$M_{max} = (1/8 \times 2356 \times 7.2^2) + (1/4 \times 0 \times 7.2)$$
$$= 15265 \text{ kgm}$$

$$D = 1/2 \times ((2356 \times 7.2) + 0)$$
$$= 8480 \text{ kg}$$

Persyaratan tulangan :

- Rasio Tulangan Balance (ρ_b) = 0.044
- Rasio Tulangan Maksimum (ρ_{max}) = 0.033
- Rasio Tulangan Minimum (ρ_{min}) = 0.0044
- Rasio antara baja dan beton (m) = 10.76

Rencana Penulangan :

- Tulangan pokok : D25 mm ($A_s = 490.625 \text{ mm}^2$)
- Sengkang : $\phi 10$ mm ($A_s = 78.5 \text{ mm}^2$)
- Decking : 40 mm

Maka didapat :

$$M_u = 1.6441 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$d = 750 - 140 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 25 = 547.5 \text{ mm}$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{1.6441 \times 10^8}{0.8 \times 450 \times 547.5^2} = 1.41 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.41}{320}} \right]$$

$$\rho = 0.0046 > \rho_{min} = 0.0044$$



$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 0.0046 \times 450 \times 547.5 \\ &= 1121 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D 25 ($\text{As} = 1471.875 \text{ mm}^2$)

B. Penulangan Lentur Sesudah Komposit

Perhitungan gaya-gaya dalam setelah komposit diperoleh dari analisa struktur dengan bantuan program SAP 2000, hasil dari kombinasi pembebanan pemodelan 1 dan pemodelan 3 Dari hasil analisa tersebut diperoleh nilai-nilai momen sebagai berikut :

- $M_{\text{tumpuan i}} = - 35159 \text{ kgm}$
- $M_{\text{lapangan}} = 14444 \text{ kgm}$
- $M_{\text{tumpuan j}} = - 14579 \text{ kgm}$

Persyaratan tulangan :

- Rasio Tulangan Balance (ρ_b) = 0.044
- Rasio Tulangan Maksimum (ρ_{max}) = 0.033
- Rasio Tulangan Minimum (ρ_{min}) = 0.0044
- Rasio antara baja dan beton (m) = 10.76

o Penulangan Lentur Daerah Tumpuan

Pada perhitungan penulangan daerah tumpuan balok dianggap balok persegi. Hal ini dikarenakan pada tumpuan terjadi momen negatif (tekan) sehingga flens dianggap tidak mempunyai kontribusi terhadap kekuatan momen di tumpuan.

$$M_{\text{tumpuan}} = 3.45 \times 10^8 \text{ Nmm}$$



$$b = 450 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 687.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{3.45 \times 10^8}{0.8 \times 450 \times 687.5^2} = 2.027 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.027}{320}} \right]$$

$$\rho = 0.0066 > \rho_{\min} = 0.0044$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0.0066 \times 450 \times 687.5 \\ &= 2044 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 5 D 25 ($A_s = 2453.13 \text{ mm}^2$)

o Penulangan Daerah Lapangan

Penulangan daerah lapangan dilakukan dengan anggapan bahwa balok berperilaku sebagai balok T palsu, dimana flens memiliki kontribusi terhadap kekuatan momen pada daerah lapangan.

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 1.417 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$d = 750 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 687.5 \text{ mm}$$

$$b_{e1} = \frac{1}{4} \cdot L_b = 1800 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 16 \cdot t + b_w = 2690 \text{ mm}$$

$$b_{e3} = L_n - b_w = 7200 \text{ mm}$$

$$b_e = 1800 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{1.417 \times 10^8}{0.8 \times 1000 \times 687.5^2} = 0.21 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.21}{320}} \right]$$



$$\rho_{ada} = 0,00065$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= 0,00065 \times 1800 \times 687,5 \\ &= 808 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan 3 D 25 ($As = 1472 \text{ mm}^2$)

Chek ρ_{min} :

$$\rho_{min} = 0,0044 < \rho_{pakai} = As/(b.d) = 808/(1800 \times 687,5) = 0,00476 \dots \dots \text{OK!}$$

Kontrol Mu :

$$\begin{aligned} \text{Chek balok T palsu } a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot be} \\ &= \frac{808 \times 320}{0,85 \times 30 \times 1800} = 10,26 \text{ mm} < t \text{ pelat} = 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi As \cdot fy (d - a/2) \\ &= 0,8 \times 808 \times 320 (687,5 - 10,26/2) \\ &= 2,6 \times 10^8 \text{ Nmm} > Mu_{lapangan} = 1,761 \times 10^8 \text{ Nmm} \dots \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

o Tulangan Lentur Akhir

Dengan membandingkan penulangan sebelum komposit dengan setelah komposit maka penulangan lentur yang dipakai pada balok B13 pada lantai 1 adalah berdasarkan penulangan setelah komposit yaitu :

- o Tulangan lentur daerah tumpuan : 5 D 25 ($As = 2453,13 \text{ mm}^2$)
- o Tulangan lentur daerah lapangan : 3 D 25 ($As = 1980,56 \text{ mm}^2$)

6.2.1.2 Penulangan Geser dan Torsi

Didalam Perencanaan Geser pada struktur perlulah dipenuhi agar tidak terjadi patah pada tulangan geser balok. Untuk itu pada Building Frames Sistem telah diatur bahwa perencanaan geser pada balok gaya geser dan momen yang terjadi pada balok



akibat kombinasi pembebanan grafitasi dan gempa haruslah tidak kurang dari gaya yang diakibatkan kombinasi pembebanan akibat deformasi dan beban grafitasi berfaktor, jika hal ini terjadi maka perencanaan geser yang terjadi haruslah dilakukan dengan detiling khusus pada balok tersebut, hal ini untuk mengantisipasi agar leleh terjadi pada tulangan lentur bukan pada tulangan geser yang diakibatkan oleh gempa yang kuat.

Dari data program struktur SAP 2000 pada balok induk BI3 (elemen 163) diperoleh gaya-gaya dalam geser dan torsi sebagai berikut :

- o Vu akibat grafitasi = 19582 kg = 1.919×10^5 N
- o Vu akibat gempa = 2745 kg = 0.269×10^5 N
- o Vu akibat deformasi = 13622 kg = 1.336×10^5 N
- o Mu akibat gempa = 10083 kg = 9.891×10^5 N
- o Mu akibat deformasi = 50290 kg = 4.933×10^5 N
- o Tu = 2.03×10^7 Nmm

a. Torsi Maksimum yang mampu dipikul penampang

Geser torsi minimal (batas) :

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

Dimana :

$$\sum x^2 y = (450)^2 (750) + 2 (140)^2 (687.5) = 1.788 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$\sum x^2 y = (450)^2 (610) + (140)^2 (1800) = 1.588 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

diambil yang terbesar yaitu : $1.788 \times 10^8 \text{ mm}^3$



$$T_u = \frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times 1.788 \times 10^8 = 0.4896 \times 10^8 \text{ Nmm} > 0.179 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Jadi torsi dapat diabaikan dan dilakukan perhitungan geser saja.

b. Kebutuhan Tulangan Geser

Chek Momen : Momen gempa < Momen displacement

$$10083 \text{ kgm} < 50290 \text{ kgm} \rightarrow \text{perlu detailing dengan Mkap}$$

$$V_u = 0.7x \frac{M_{kap i} + M_{kap j}}{L_n} + 1.05V_g$$

$$\begin{aligned} V_g &= (D+L) \times L_n / 2 \\ &= (2784) \times 7.2 / 2 \\ &= 10021 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_{kap i} = A_s \times 1.25 \times f_y \times (d-a/2)$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot 1.25 \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b_e} \\ &= \frac{2453.13 \times 1.25 \times 320}{0.85 \times 30 \times 450} = 85.51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{kap i} &= 2453.13 \times 1.25 \times 320 \times (687.5 - 85.51/2) \\ &= 6.33 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{kap j} = M_{kap i} = 6.33 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0.7x \frac{M_{kap i} + M_{kap j}}{L_n} + 1.05V_g \\ &= 0.7x \frac{6.33 \times 10^8 + 6.33 \times 10^8}{660} + 1.05 \times 10021 \times 9.81 \\ &= 237420 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < 1.05 \times ((V_{D,b} + V_{L,b}) + 4V_{E,b})$$

$$= 1.05 \times (19582 \times 9.81 + 4 \times 2745 \times 9.81) = 3.15 \times 10^5 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}$$



$$V_c = 0 \rightarrow V_s = V_u/0.6 = 237420/0.6 = 395701 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u/\phi - V_c)}$$
$$= \frac{(2 \times 0.25 \times \pi \times 10^2) \times 320 \times 687.5}{(395701 - 0)} = 87.3 \text{ mm}$$

Tulangan Geser yang dipakai $\phi 10-75$ mm.

Pada lokasi pertama sengkang dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai :

- $\frac{d}{4} = \frac{687.5}{4} = 171.875 \text{ mm}$
- $8 \times \text{diameter tulangan longitudinal} = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $24 \times \text{diameter tulangan geser} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
- 200 mm

Jadi diambil sengkang pertama $\phi 10-75$ mm.

Sengkang kedua (s_2) direncanakan dipakai $\phi 10-150$ diletakkan diluar daerah sendi plastis sejarak $2h$ dari muka kolom

Maka dipasang sengkang :

Dalam jarak s_1 : $\phi 10 - 75$

Dalam jarak s_2 : $\phi 10 - 150$

6.2.2 Penulangan Balok Kolektor Elemen

Penulangan balok kolektor elemen harus didesain untuk menerima beban gempa yang terjadi untuk diteruskan kepada shearwall. Untuk itu didalam mendesain balok kolektor elemen gaya geser yang bekerja padanya diasumsikan momen kapasitas bekerja pada muka kolom setiap joint dan elemen balok dibebani beban



grafitasi tributary sepanjang balok. Hal diatas dimaksudkan agar tidak lelehnya tulangan geser sebelum lelehnya tulangan lentur.

Karena balok kolektor elemen merupakan suatu elemen penahan gempa maka penulangan balok kolektor elemen ini berdasarkan kombinasi dari pemodelan 1 dengan pemodelan 2 dimana kombinasinya merupakan kombinasi untuk elemen LRFRS. Pada prinsipnya perhitungan balok kolektor elemen pada umumnya sama dengan balok NLRFS dimana gaya akibat gempa lebih besar dari gaya akibat displacement. Perhitungan balok kolektor elemen selanjutnya dapat ditabelkan seperti yang tertera pada lampiran.

6.2.3 Penulangan Stud Balok Induk

A. Transfer Gaya Horisontal

Mekanisme dari transfer gaya geser horisontal dihitung berdasarkan besarnya gaya geser yang dipindahkan melalui permukaan temu. ACI 318.83 mengusulkan dua metode alternatif untuk merencanakan transfer gaya horisontal, yaitu :

1. Perencanaan berdasarkan pada gaya geser berfaktor vertikal pada penampang yang ditinjau.
2. Perencanaan berdasarkan pada kekuatan geser friksi pada bidang temu dimana kekuatan geser tersebut mampu menjamin perubahan aktual gaya tekan / tarik yang terjadi pada penampang yang ditinjau

Dalam perancangan ini dipakai metoda yang kedua, karena lebih mendekati kenyataan, dimana dasar desain :

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



dimana : V_u = gaya geser horisontal berfaktor dari penampang yang ditinjau.

V_{nh} = kekuatan geser horisontal nominal

$\phi = 0.65$ SK SNI '91 3.2.3

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

1. Bila bidang kontakya bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan,

maka : $V_{nh} \leq 0.6 b_v \cdot d$ dalam Newton

Dimana : b_v = lebar bidang kontak

d = jarak dari serat tekan terluar terhadap titik pusat dari tulangan tarik untuk keseluruhan penampang komposit

2. Bila dipasang sengkang pengikat minimum , tetapi tidak sengaja dikasarkan ,

maka geser $V_{nh} \leq 0.6 b_v \cdot d$ dalam 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 tonjlan dan cekungan permukaan kira – kira 5 mm , maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih besar dari $2.5 \cdot b_v \cdot d$

▪ Kuat geser nominal maksimum yang didasarkan pada beton adalah :

$1.2 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot l_{vh}$ atau $5.5 \cdot b_v \cdot l_{vh}$ dalam Newton. Jadi dengan kata lain

$$F_{nh \text{ max}} = 1.2 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot l_{vh}$$

▪ Luas tulangan geser horisontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_{vf} = \frac{V_{nh}}{\mu f_y} \quad \text{.....SK SNI '91 ps.3.4.7}$$

dimana : A_{vf} = Luas Tulangan geser horisontal

V_{nh} = Gaya geser horisontal nominal

$\mu = 1 \times 1$ untuk komposit



- l = 1.0 untuk beton normal
- = 0.85 untuk beton pasir ringan
- = 0.75 untuk beton ringan

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

$$s = L_vh \cdot A_{tie} / A_{vi}$$

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

Penulangan geser minimum :

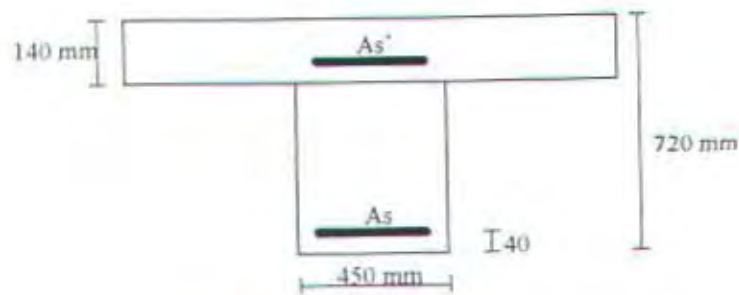
$$A_{vi} (\text{min}) = b_v \cdot l_vh / 3f_y$$

B. Perhitungan Penulangan Stud

Stud berfungsi sebagai sengkang pengikat antara elemen pracetak dan elemen cast in place. Stud harus mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horisontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen. Dengan demikian kedua elemen tersebut dapat menjadi suatu elemen yang komposit dalam memikul beban. Sebagai pendekatan, panjang balok yang mentransfer gaya geser permukaan $L_vh = L/4$.

Pada perencanaan gedung RSUD.Dr.Soetomo ini, diambil satu contoh perhitungan pada balok induk B13 dengan bentang 7.2 m pada lantai 1. Jadi panjang permukaan geser horisontal $L_vh = 7200/4 = 1800 \text{ mm}$

Penulangan Geser di Daerah Tumpuan



Gbr.6.3. Potongan balok di daerah tumpuan

sejarak 0 s/d $L_{vh} = 1800$ mm

Tulangan atas = 5 D 25 ($A_s = 2453.125$ mm²)

Tulangan bawah = 3 D 25 ($A_s' = 1471.875$ mm²)

$V_{nh} = T = A_s \times f_y = 2453.125 \times 320 = 785000$ N

$0.6 \cdot b_v \cdot L_{vh} = 0.6 \times 450 \times 1800 = 486000$ N < V_{nh}

$2.5 \cdot b_v \cdot L_{vh} = 2.5 \times 450 \times 1800 = 2025000$ N > V_{nh}

Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.10.5, dengan syarat yang diminta adalah permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna dan sengaja dikasarkan dengan amplitudo ± 5 mm dan harus dipasang sengkang minimum :

$$A_{vf \min} = \frac{b_v \cdot L_{vh}}{3 f_y} = \frac{450 \times 1800}{3 \times 320} = 843.75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat : $\phi 10$ ($A_{siv} = 2 \times 78.5 = 157$ mm²)

$$s = \frac{L_{vh} \cdot A_{siv}}{A_{vf}} = \frac{1800 \times 157}{843.75} = 334.93 \text{ mm}$$

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

$$s_{\max} = 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm}$$



$$= 4 \times 1430 = 560 \text{ mm}$$

jadi dipasang sengkang pengikat $\phi 10 - 300 \text{ mm}$.

Penulangan Geser di Daerah Lapangan

sejarak $L_{vh} = 1800 \text{ mm}$

$$\text{Tulangan atas} = 2 \text{ D } 25 \text{ (} A_s' = 1320 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3 \text{ D } 25 \text{ (} A_s = 1981 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$F_{nh} = T = A_s \times f_y = 1981 \times 320 = 633920 \text{ N}$$

$$0.6 \cdot b_v \cdot L_{vh} = 0.6 \times 450 \times 1800 = 486000 \text{ N} < F_{nh}$$

$$2.5 \cdot b_v \cdot L_{vh} = 2.5 \times 450 \times 1800 = 2025000 \text{ N} > F_{nh}$$

Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.10.5, dengan syarat yang diminta adalah permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna dan sengaja dikasarkan dengan amplitudo $\pm 5 \text{ mm}$ dan harus dipasang sengkang minimum :

$$A_{vf \min} = \frac{b_v \cdot L_{vh}}{3 f_y} = \frac{450 \times 1800}{3 \times 320} = 843.75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat : $\phi 10$ ($A_{tie} = 2 \times 78.5 = 157 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{L_{vh} \cdot A_{tie}}{A_{vf}} = \frac{1800 \times 157}{843.75} = 334.93 \text{ mm}$$

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

$$s_{\max} = 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 4 \times 140 = 560 \text{ mm}$$

jadi dipasang sengkang pengikat $\phi 10 - 300 \text{ mm}$.



6.2.4 Panjang Penyaluran

a. 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 dan lebih kecil

$$Ldb = \frac{0.02 \cdot Ab \cdot fy}{\sqrt{fc'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari} \quad Ldb = db \cdot fy$$

dimana :

Ab = luas satu batang tulangan, mm^2

fy = tegangan leleh tulangan, MPa

fc' = tegangan leleh beton, MPa

db = diameter batang tulangan, mm

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

- Tulangan berada 300 mm diatas dasar 1.4
- Memakai $fy > 400$ Mpa $[2-(400/fy)]$
- Tulangan yang dililit spiral dengan 0.75

Diameter tidak kurang dari 5 mm dan

Jarak lilitannya tidak lebih dari 100 mm

Contoh perhitungan :

Diameter tulangan (ϕ tul) = 25 mm

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$Ldb = \frac{0.02 \times 490.625 \times 320}{\sqrt{30}} = 573.28 \text{ mm}$$

$$Ldb = 0.06 \times 25 \times 320 = 480 \text{ mm}$$

diambil $Ldb = 573.28 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$



b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

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

$$L_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} \text{ tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0.04 \cdot db \cdot f_y$$

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

- Tulangan yang dililit spiral dengan 0,75
Diameter tidak kurang dari 5 mm dan
jarak lilitannya tidak lebih dari 100 mm

Contoh perhitungan :

$$L_{db} = \frac{25 \times 320}{4\sqrt{30}} = 365.15 \text{ mm dan } L_{db} = 0.04 \times 25 \times 320 = 320 \text{ mm}$$

diambil $L_{db} = 365.15 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

6.2.5 Kontrol Balok Induk

A. 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 tabel 5.2.5.a sebagai berikut :

- Balok dua tumpuan $h_{\min} = \frac{1}{16} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

- Satu ujung menerus $h_{\min} = \frac{1}{18.5} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$



- Kedua ujung menerus $h_{\min} = \frac{1}{21} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Kantilever $h_{\min} = \frac{1}{8} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

Untuk perhitungan ini, lendutan tidak dihitung dikarenakan tebal balok yang ada lebih besar dari tebal minimum (Pada perhitungan perencanaan dimensi balok tebalnya sudah diperbesar).

B. Kontrol Retak

Didalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6, apabila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai 'z' yang diberikan harus :

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} < \begin{array}{l} 30 \cdot 10^6 \text{ N/mm} \text{ untuk struktur dalam ruangan} \\ 25 \cdot 10^6 \text{ N/mm} \text{ untuk struktur yang dipengaruhi} \\ \text{oleh cuaca luar} \end{array}$$

dimana :

- f_s = tegangan pada tulangan pada beban kerja, diambil $0.6 f_y$ dalam MPa
- d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan, mm
- A = luas efektif beton disekitar tulangan lentur tarik dengan titik pusat yang sama dengan tulangan dibagi dengan jumlah batang tulangan



Contoh perhitungan :

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$f_s = 0.6 \times 320 = 192 \text{ Mpa}$$

$$d_c = 40 + 10 + 25/2 = 62.5 \text{ mm}$$

$$A = d.b/n \text{ tul} = 687.5 \times 450 / 3 = 103125 \text{ mm}^2$$

$$Z = (192 \times \sqrt[3]{64.5 \times 103125}) = 0.487 \cdot 10^6 \text{ N/mm} < 25 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

C. Kontrol Guling

Kontrol terhadap guling perlu dilakukan karena ini terkait dengan pelaksanaan di lapangan. Perlu ditinjau apakah balok mampu menahan momen guling yang diakibatkan pada waktu pelat diletakkan diatas balok dan dilaksanakan pengecoran topping.

❖ Beban dari pelat

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0.08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pekerja} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1.2 \times 192 + 1.6 \times 100 = 390.40 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{beban ekuivalen } (q_{ek}) \text{ trapesium} &= \frac{1}{2} \times 390.40 \times 7.2 \times (1 - \frac{1}{3} \times (\frac{2}{7.2})^2) \\ &= 913 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{untuk balok bentang } 7.2 \text{ m ; } P_u = 7.2 \times 913 = 6573.6 \text{ kg}$$

$$\Leftrightarrow \text{Beban horisontal } (H_u) = 0.1 \times P_u = 657.36 \text{ kg (diasumsikan)}$$

$$W = 2400 \times 0.45 \times 0.61 \times 7.2 = 4743.36 \text{ kg}$$

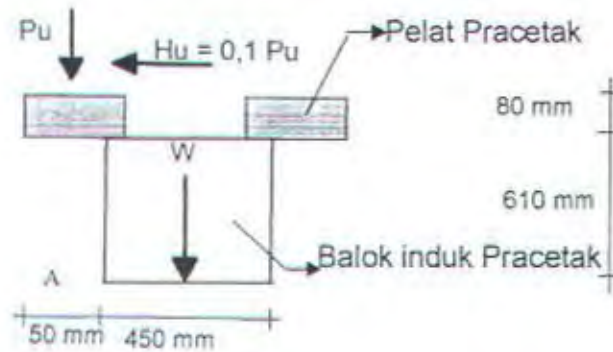
Momen terhadap titik guling A :

Momen Guling \leq Momen Penahan

$$P_u \times (0.04) + H_u \times 0.61 < W \times (0.45/2)$$

$$(6573.6 \times 0.04) + (657.36 \times 0.61) < 4743.36 \times 0.225$$

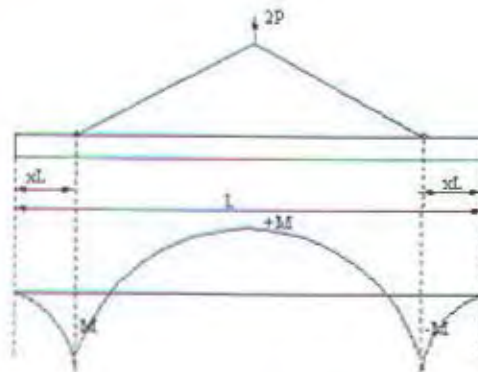
$$633.93 \text{ kgm} < 1067.256 \text{ kgm} \dots \text{Ok.}$$



Gbr 6.4. Kontrol Guling Balok Induk

6.2.6 Pengangkatan Elemen Balok Induk

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



(Gbr. 6.5 Momen Pada Saat Pengangkatan Balok)

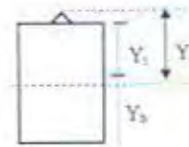
(PCI Design Handbook)



dimana :

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

$$-M = \frac{w \cdot x^2 L^2}{2}$$



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

Balok Induk 45 x 69

$$Y_t = Y_b = 34.5 \text{ cm}$$

$$I = \left(\frac{1}{12} \right) \cdot 45 \times 69^3 = 1231908 \text{ cm}^4$$

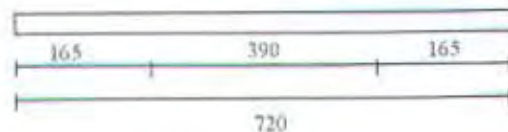
$Y_c = Y_t = 34.5 \text{ cm}$ (dianggap gaya geser yang terjadi di muka balok)

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 34.5}{720 \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{34.5}{34.5} \left(1 + \frac{4 \times 34.5}{720 \tan 45} \right)} \right]} = 0.24$$

$$xL = 0.24 \times 720 = 172.8 \text{ cm}$$

Beban Pada Balok

- Berat Sendiri : $0.45 \times 0.69 \times 2400 = 745.2 \text{ kg/m}^2$
- Berat Pekerja = 100 kg
- $Tu = (1.2 \times 1.2 \times 745.2) + (1.2 \times 1.6 \times 100) = 1265.088 \text{ kg}$



Gbr. 6.6. Titik Pengangkata Balok Induk



Tulangan Angkat :

Diperhitungkan terhadap koefisien kejut = 1.2

$$P = \frac{1}{2} \times ((1.2 \times 1.2 \times 745.2) + (1.2 \times 1.6 \times 100)) \\ = 632.544 \text{ kg}$$

$$P_h = P / \tan 45 = 632.544 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps.2.2.2 , tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah = $f_y / 1.5$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = 3200 / 1.5 = 2133.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{P \times 4}{\sigma_{ijin} \times \pi}} \\ \geq \sqrt{\frac{632.544 \times 4}{2133.33 \times \pi}} \\ \geq 0.615 \text{ cm}$$

Akibat gaya horisontal

Menurut PPBBI psl 2.2.6. tegangan geser yang diijinkan untuk baja beton mutu U32 adalah :

$$P \text{ ijin} = 0.58 \cdot \sigma \text{ tarik ijin} = 0.58 \times 2133.33 = 1237.14 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi \text{ tul. angkat} > \sqrt{\frac{4 \times 632.544}{\pi \times 1237.14}} = 0.81 \text{ cm}$$

Dipergunakan tulangan angkat $\phi 10$ mm

Untuk perhitungan momen pelat akibat pengangkatan , pelat diasumsikan sebagai balok diatas beberapa tumpuan sendi dengan jarak antar sengi sama dengan jarak antar tulangan angkat.



$$\begin{aligned} +M &= \frac{wL^2}{8} \left(1 - 4x + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right) \\ &= \frac{1265.088 \times 7.2^2}{8} \left(1 - 4 \times 0.24 + \frac{4 \times 0.345}{7.2 \tan 45} \right) \\ &= 1899.15 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -M &= \frac{w \cdot x^2 \cdot L^2}{2} \\ &= 0.5 \times 1265.088 \times 0.24^2 \times 7.2^2 = 1888.77 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi

$$\begin{aligned} F &= \frac{MxY}{I} = \frac{19 \times 10^6 \times 345}{\frac{1}{6} \times 450 \times 690^2} \\ &= 0.266 \text{ Mpa} < \text{Tegangan ijin (} f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 4.14 \text{ Mpa)} \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

6.3 PERENCANAAN KOLOM

6.3.1 Umum

Perencanaan kolom meliputi penulangan lentur kolom, kontrol terhadap triaksial bending kolom dengan *Bressler Reciprocal Method* dan penulangan geser kolom. Perencanaan konsol pendek sebagai penyangga balok pracetak yang akan disambung dengan kolom dibahas dalam Bab Perencanaan Sambungan.

Elemen kolom dilaksanakan Metode pracetak. Gaya dalam yang bekerja dihitung dengan software SAP 2000. Pedoman Peraturan perncanaan yang dipakai adalah UBC 97, SKSNI T-5-1991-03, Reinforced Concrete Design oleh Chu-Kia Wang serta Grafik bantu interaksi M-N empat sisi dari Laboratorium Konstruksi Jurusan Teknik Sipil ITS.



Dasar Teori

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai *beam column*, dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsingan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar :

$M_o = P \cdot \Delta$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan dalam subbab-subbab berikut ini.

Karena kolom direncanakan bukan sebagai penahan gaya lateral, maka gaya dalam yang dihasilkan pada kolom harus di chek dengan gaya dalam yang dihasilkan oleh deformasi ke arah lateral sebesar ΔM . Dalam hal ini jika gaya dalam yang dihasilkan oleh deformasi melebihi gaya dalam yang ada maka kolom haruslah direncanakan dengan memakai momen kapasitas yang ada pada balok disekitarnya.

• Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai atau balok diujung-ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor tekuk (k) yang besarnya

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (*unbraced*)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (*braced*)

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari tingkat penjepit ujung atas (ψ_A) dan tingkat penjepit ujung bawah (ψ_B) dimana tingkat penjepit ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan :

$$\psi(A/B) = \frac{\sum (EI_c/L_c) \text{ kolom}}{\sum (EI_b/L_b) \text{ balok}}$$



dimana :

$\psi (A/B)$ = tingkat penjepita ujung atas dan bawah

I_b, I_c = Momen Inersia balok, kolom

L_b, L_c = Panjang elemen balok, kolom

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari nomogram atau grafik Alignment dari *Structural Stability Research Council Guide* dengan cara menarik garis yang menghubungkan nilai ψ_A dan ψ_B yang disesuaikan apakah kolom yang direncanakan tergolong *braced frame* atau *unbraced frame*.

- **Pembatasan Penulangan Kolom**

Nilai dari ρ adalah $0.01 \leq \rho \leq 0.08$. Hal ini berarti rasio penulangan kolom disyaratkan untuk tidak boleh kurang dari 1% dan tidak boleh lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom.

Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya rangkak (*creep*) yang terjadi pada beton. Pertimbangan lainnya adalah untuk kemudahan pelaksanaan dilapangan.

Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 6 buah untuk sengkang pengikat spiral.

- **Kolom Pendek**

Suatu unsur tekan pendek bila dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan (runtuhnya beton) sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya. Oleh sebab itu untuk perencanaan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.



Suatu komponen struktur tekan dikatakan pendek apabila perbandingan kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k L_n$) terhadap radius girasi (r):

$$\frac{k L_n}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

dimana :

↳ $M_2 > M_1$ (*braced frame*)

↳ nilai $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1 \rightarrow \frac{k.L_n}{r} < 22$ (*unbraced frame*)

↳ Nilai r dapat diambil sebesar $\sqrt{I_A}$ atau

$r = 0.3 h$ dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi

$r = 0.25 d$ untuk kolom bulat ($d =$ diameter kolom)

bila $M_1/M_2 > 0$; single curvature

bila $M_1/M_2 < 0$; double curvature

• Kolom Panjang

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsingan besar akan menimbulkan lendutan kesamping (menekuk) akibat momen sekunder yang terjadi, sehingga mengurangi kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.



• Faktor Pembesaran Momen untuk Kolom Panjang

Dalam peraturan ACI, perhitungan dari pengaruh kelangsingan dapat didekati dengan menggunakan cara pembesaran momen, dimana jumlah dari momen primer dan sekunder dikalikan dengan suatu faktor pembesaran δ .

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2a} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 psl 3.3.6.}$$

dimana :

M_c = Momen rencana kolom setelah diperbesar

M_{2b} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan berarti seperti beban gravitasi

M_{2a} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan guncangan kesamping seperti beban gempa

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - (P_u / \phi P_c)} \geq 1 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psl 3.3.7})$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - (\sum P_u / \phi P_c)} \geq 1 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psl 3.3.8})$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left[\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right] > 0.4 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psl 3.3.12.})$$

Nilai M_{1b}/M_{2b} negatif untuk momen double curvature.



Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5-1, untuk *unbraced frame* kedua nilai δ_b dan δ_s harus dihitung, sedangkan untuk *braced frame* δ_s harus diambil sebesar 1.

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k L_n)^2} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3.9})$$

$$EI = \frac{0.2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta_d} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3.10})$$

$$\approx 0.3 E_c I_g \quad (\text{pendekatan})$$

- ϕ = faktor reduksi kekuatan
= 0.65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat)

Dalam Tugas Akhir ini perencanaan RSUD Dr. Soetomo kolom dirancang sebagai *braced frame* karena ada pengekangan goyangan ke samping struktur oleh *shear wall*.

6.3.2 Penulangan Kolom

Diambil contoh perhitungan untuk kolom Type KI 2 Lantai 2.

Data-data perencanaan :

- Dimensi kolom = 600 x 600 mm²
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 320 MPa
- Decking = 40 mm
- Tulangan Utama = D36
- Beugel = D10
- Tinggi kolom = 4500 mm



- Jenis kolom = braced (dengan pengaku)

6.3.3 Penulangan Lentur Kolom

1. Gaya-gaya yang bekerja pada kolom

Dari hasil Sap 2000 dapat kita lihat bahwa untuk kolom KI 2 momen yang terjadi akibat deformasi kearah lateral lebih besar dari momen yang ada akibat gempa, sehingga kolom direncanakan dengan memakai momen kapasitas balok yang mengapitnya. Dimana gaya aksial pada kolom melebihi dari $A_g \cdot f_c / 10 = 1080000$ N.

Arah x (diapit oleh balok B1 I)

$$\Sigma M_{u,k} = 0.7 \times W_d \times \Sigma M_{kap,b}$$

$$\Sigma M_{u,k} < 1.05 \times (M_D + M_L + 4M_E)$$

$$M_{kap, bka} = M_{kap} \text{ balok kiri} = 9.72 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{uk} &= \frac{h_n}{h} \times 0.7 \times 1.3 \times \left(\frac{L_{ki}}{L_{nki}} M_{kap, bki} + \frac{L_{ka}}{L_{nka}} M_{kap, bka} \right) \\ &= \frac{4.5 - 0.75}{4.5} \times 0.7 \times 1.3 \times \left(\frac{8}{8 - 0.6} \times 9.72 \times 10^8 + \frac{8}{8 - 0.6} \times 9.72 \times 10^8 \right) \\ &= 15.93 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{u,k} &> 1.05 \times (M_D + M_L + 4M_E) = 1.05 \times ((7183) + 4 \times 14818) \\ &> 5.75 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{uk} \text{ atas} = M_{uk} \text{ bawah} = 5.75 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$N_{u,k} = \frac{0.7 \times R_{vx} \times \Sigma M_{kap,b}}{l_h} + 1.05 N_{g,k}$$

$$N_{u,k} < 1.05 \times \left(N_{g,k} + \frac{4}{K} N_{E,k} \right)$$



$$N_{u,k} = \frac{0.7 \times (1.1 - 0.025 \times 7) \times (9.72 \times 10^8 + 9.72 \times 10^8)}{8000} + 1.05 \times 4.51 \times 10^6$$
$$= 4.89 \times 10^6 \text{ N}$$

$$N_{u,k} < 1.05 \times (N_{g,k} + \frac{4}{K} N_{e,k})$$
$$< 1.05 \times (4.51 \times 10^6 + 4 \times 64485 \times 9.81) = 7.39 \times 10^6 \text{ N}$$

$$N_{u,k} = 4.89 \times 10^6 \text{ N}$$

Arah y (diapit oleh balok B13)

$$\Sigma M_{u,k} = 0.7 \times W_d \times \Sigma M_{kap,b}$$

$$\Sigma M_{u,k} < 1.05 \times (M_D + M_L + 4M_E)$$

$$M_{kap, bka} = M_{kap, balok\ kiri} = 6.33 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{uk} = \frac{h_n}{h} \times 0.7 \times 1.3 \times (\frac{L_{ki}}{L_{nki}} M_{kap, bki} + \frac{L_{ka}}{L_{nka}} M_{kap, bka})$$
$$= \frac{4.5 - 0.75}{4.5} \times 0.7 \times 1.3 \times (\frac{7.2}{7.2 - 0.6} \times 6.33 \times 10^8 + \frac{7.2}{7.2 - 0.6} \times 6.33 \times 10^8)$$
$$= 10.47 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\Sigma M_{u,k} > 1.05 \times (M_D + M_L + 4M_E) = 1.05 \times ((11882) + 4 \times 9463)$$
$$> 4.61 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{uk\ atas} = M_{uk\ bawah} = 4.61 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$N_{u,k} = \frac{0.7 \times R_{vy} \times \Sigma M_{kap,h}}{l_h} + 1.05 N_{g,k}$$

$$N_{u,k} < 1.05 \times (N_{g,k} + \frac{4}{K} N_{e,k})$$

$$N_{u,k} = \frac{0.7 \times (1.1 - 0.025 \times 7) \times (6.33 \times 10^8 + 6.33 \times 10^8)}{7200} + 1.05 \times 4.51 \times 10^6$$
$$= 4.84 \times 10^6 \text{ N}$$

$$N_{u,k} < 1.05 \times (N_{g,k} + \frac{4}{K} N_{e,k})$$
$$< 1.05 \times (4.51 \times 10^6 + 4 \times 64485 \times 9.81) = 7.39 \times 10^6 \text{ N}$$

$$N_{u,k} = 4.84 \times 10^6 \text{ N}$$



2. Perhitungan faktor tekuk (k)

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa}$$

EI balok (ukuran 450 mm x 750 mm)

$$I_g = 1/12 \times 450 \times 750^3 = 1.58 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{cr} = 0.5 \times I_g = 0.79 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$EI = E_c \times I_{cr} = 2.04 \times 10^{14}$$

EI kolom (ukuran 600 mm x 600 mm)

$$I_g = 1/12 \times 600 \times 600^3 = 1.08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$EI = E_c \times I_g = 2.78 \times 10^{14}$$

Faktor Jepitan Atas

$$\psi_{\text{A}} = \frac{\sum (EI_c / L_c) \text{ kolom}}{\sum (EI_b / L_b) \text{ balok}} = \frac{2 \times (2.78 \times 10^{14} / 4500)}{2 \times (2.04 \times 10^{14} / 7200)} = 2.18$$

Faktor Jepitan Bawah

$\psi_{\text{B}} = 0$ (secara teoritis), tetapi *Structural Stability Research Council* menyarankan bahwa untuk tujuan praktek ψ_{B} tidak boleh diambil kurang dari 1. Sehingga nilai

$$\psi_{\text{B}} = 1$$

dari nomogram non dimensi didapatkan faktor tekuk (k) = 0.82

3. Kontrol Kelangsingan

Jenis kolom dalam perencanaan ini adalah kolom dengan pengaku samping (braced frame)

$$\text{Jari-jari girasi (r)} = 0.3 h = 0.3 \times 600 = 180$$

$$\text{Nilai Kelangsingan} = \frac{k \cdot Lu}{r}$$



$$= \frac{0.82 \times 3750}{180}$$
$$= 17.08 < 22$$

Nilai kelangsingan < batas kelangsingan, berarti kolom termasuk kolom pendek.
Karena jenis kolom termasuk kolom pendek maka di dalam menentukan tulangan
lentur kolom tanpa menggunakan perbesaran momen.

Untuk : $M_{uy}/M_{ux} < b/h = 1$, maka yang terbesar :

$$\phi M_{nx} = M_{ux} + M_{uy} \cdot \frac{h}{b} \times \frac{1-\beta}{\beta}$$
$$= 5.75 \times 10^8 + 4.61 \times 10^8 \times 1 \times \frac{1-0.65}{0.65}$$
$$= 8.23 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$k_y = \frac{P_u}{A_g} = \frac{4.89 \times 10^6}{600^2} = 13.58$$

$$k_x = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{9.79 \times 10^8}{600^2 \times 600} = 3.8$$

Dari diagram interaksi M-N F320-30-0.8-4 diperoleh $\rho = 4.1 \%$

sehingga, diperoleh :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times A_g = 0.041 \times 600 \times 600 = 14760 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 16 ϕ 36 ($A_s = 16278 \text{ mm}^2$)

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{16278}{600 \times 600} = 0.0452$$

4. Check *Biaksial Bending Moment* dengan *Bresler Reciprocal Method*

Perhitungan P_{ob}

$$P_{ob} = 0.8 \phi (f_c'(A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y)$$



$$\begin{aligned} &= 0.8 \times 0.65 (30 \times (600^2 - 16278) + 16278 \times 320) \\ &= 7.27 \times 10^6 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Pnx

$$\frac{Mux}{Ag \times h} = \frac{5.75 \times 10^8}{600^2 \times 600} = 2.662$$

dari diagram interaksi F320-30-0.8-4, dengan $\rho = 0.041$ didapat :

$$\frac{\phi.Pnx}{Ag} = 18.1$$

$$\begin{aligned} Pnx &= 18.1 \times 600^2 / 0.65 \\ &= 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Pny

$$\frac{Muy}{Ag \times h} = \frac{4.61 \times 10^8}{600^2 \times 600} = 3.57$$

dari diagram interaksi F320-30-0.8-4, dengan $\rho = 0.041$ didapat :

$$\frac{\phi.Pny}{Ag} = 14.1$$

$$\begin{aligned} Pny &= 14.1 \times 600^2 / 0.65 \\ &= 7.81 \times 10^6 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \frac{1}{Pnb} &= \frac{1}{Pnx} + \frac{1}{Pny} - \frac{1}{Po} \\ &= \frac{1}{10^7} + \frac{1}{7.81 \times 10^6} - \frac{1}{7.27 \times 10^6} \end{aligned}$$

$$Pnb = 1.11 \times 10^7 \text{ N}$$

$$Pu = 4.89 \times 10^6 \text{ N}$$



$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{4.89 \times 10^6}{0.65} = 0.75 \times 10^7 \text{ N}$$

$$P_{nb} = 1.11 \times 10^7 \text{ N} > P_n = 0.75 \times 10^7 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{OK !})$$

6.3.4 Penulangan Geser dan Torsi Kolom

Didalam perencanaan geser untuk kolom K2, dimana kolom dibebani oleh kombinasi lentur dan aksial melebihi kombinasi lentur dan aksial akibat deformasi, maka kolom haruslah direncanakan berdasarkan terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut.

Data-data perencanaan :

- $M_u a = M_u b = 6.98 \times 10^8 \text{ Nmm}$
- $b_w = 600 \text{ mm}$
- ϕ utama = $\phi 36 \text{ mm}$
- ϕ sengk. = $\phi 10$
- $d = 600 - 40 - 10 - 36/2 = 532 \text{ mm}$

c. Torsi Maksimum yang mampu dipikul penampang

Geser torsi minimal (batas) :

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

Dimana :

$$\sum x^2 y = 600^2 \times 600 = 1.588 \times 10^8 = 2.16 \times 10^8 \text{ mm}$$

$$T_u = \frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times 2.16 \times 10^8 = 2.16 \times 10^8 \text{ Nmm} > 0.179 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Jadi torsi dapat diabaikan dan dilakukan perhitungan geser saja.



d. Kebutuhan Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{M_{uk, a} + M_{uk, b}}{l_n} \\ &= \frac{8.23 \times 10^8 + 8.23 \times 10^8}{4500} \\ &= 365880 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &< 1.05 \times ((V_{D,b} + V_{L,b}) + 4V_{E,b}) \\ &= 4.35 \times 10^5 \text{ N} \dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) (\sqrt{f_c'} / 6) b_w d = 6.04 \times 10^5 \text{ N}$$

$V_c > V_u / 6 \rightarrow$ Pakai sengkang minimum

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w} \\ &= \frac{(2 \times 0.25 \times \pi \times 10^2) \times 320 \times 3}{600} = 251.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pada lokasi pertama sengkang dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai :

- $\frac{h}{4} = \frac{600}{4} = 150 \text{ mm}$
- $8 \times \text{diameter tulangan longitudinal} = 8 \times 32 = 256 \text{ mm}$
- 100 mm

Jadi diambil sengkang pertama $\text{Ø}10\text{-}100 \text{ mm}$.

Sengkang kedua (s_2) direncanakan dipakai $\text{Ø}10\text{-}250$ diletakkan diluar daerah sendi plastis $s > d_v / 2 = 260 \text{ mm}$

Maka dipasang sengkang :

Dalam jarak s1 : $\phi 10 - 100$

Dalam jarak s2 : $\phi 10 - 250$

6.3.5 Pengangkatan Elemen Kolom

Dalam perencanaan perlu ditinjau kekuatan kolom saat dilakukan pengangkatan .



Gbr.6.7. Urutan Pengangkatan Elemen

Kondisi paling kritis terjadi pada kondisi kedua , dimana pada kemiringan tertentu akan timbul momen akibat pengangkatan .



$$M1 = \frac{1}{2} \times q \times a$$

$$R1 = \frac{1}{2} \times q \times (L-a) - \frac{1/2 \times q \times a}{L-a}$$

$$Mx = R1x - (1/2 \cdot q \cdot x^2)$$

Syarat ekstrim :

$$\frac{dMx}{dx} = 0$$

$$R1 - qx = 0$$

$$x = \frac{R1}{q} = \frac{L^2 - (2aL)}{2(L-a)}$$



$$M_{\max} = M_2 = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \text{ dimana : } R_1 = q \cdot x$$

$$= q \cdot x^2 - \frac{1}{2} q x^2$$

$$= \frac{1}{2} q x^2$$

$$= \frac{1}{2} q \left(\frac{L^2 - (2aL)}{2(L-a)} \right)^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{2} q \cdot \left(\frac{L^2 - (2aL)}{2(L-a)} \right)^2$$

$$q = \frac{0,6 \times 0,6 \times 7,2 \times 2,4}{7,2} = 0,864 \text{ t/m}$$

$$L = 7,2 \text{ m}$$

Didapat nilai $a = 1,83 \text{ m}$

Kontrol tegangan yang terjadi

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} q a^2$$

$$= 1,45 \text{ tm} = 1,45 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M}{Z} = \frac{1,45 \times 10^7}{1/6 \times 600 \times 600^2}$$

$$= 0,403 \text{ Mpa} < 0,7 \sqrt{30} = 3,781 \text{ Mpa} \text{ok}$$

Jadi elemen kolom aman terhadap pengangkatan .

6.4 PERANCANGAN SHEARWALL

6.4.1 Umum

Dalam Perancangan struktur dengan sistem BFS ini sangat bergantung pada Shearwall sebagai penahan gaya lateral baik yang berasal dari beban angin atau beban gempa. Perancangan shearwall berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3



sebagai struktur pemikul beban lentur dan aksial serta pasal 3.7 sebagai struktur dinding.

Kuat Beban Aksial Rancang

Perencanaan kuat beban aksial rancang ϕP_{nw} berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.5.2 pers. 3.7.1 :

$$\phi P_{nw} = 0.55 \phi f_c' A_g \left[1 - \left(\frac{kLe}{32h} \right)^2 \right]$$

dimana :

$$\phi = 0.70$$

$$k = 0.80 \text{ (dikekang pada salah satu ujungnya)}$$

L_e = jarak vertikal antara 2 tumpuan

H = tebal dinding

Perencanaan Geser

Perencanaan geser harus dilakukan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 dimana dinyatakan bahwa :

Perencanaan dinding geser pada struktur dasar dibedakan dengan struktur di atasnya, perbedaan ini terletak pada kuat geser rencana pada dinding geser. Pada dinding geser selain lantai dasar kekuatan geser beton (V_c) diharapkan turut menyumbangkan kekuatan untuk memikul gaya geser yang terjadi, sedangkan pada lantai dasar gaya geser pada dinding geser diasumsikan diterima hanya oleh tulangan sehingga akan terjadi keadaan paling kritis pada lantai dasar, dimana apabila terjadi pembesaran dinamis tulangan shearwall pada lantai dasar tetap mampu untuk



menahan gaya yang terjadi , sehingga sendi plastis diharapkan akan terjadi pada bagian bawah shearwall dasar (lantai terbawah)

Perencanaan Dinding geser harus mengikuti ketentuan sebagai berikut .

- Kuat geser rencana bagi dinding geser pada penampang dasar sehubungan dengan adanya pembesaran dinamis :

$$V_{ndmaks} = \alpha I \times 0.7 \times \frac{M_{kap,d}}{M_{E,d,maks}} \times V_{E,d,maks}$$

.....SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.7.3

dimana :

$M_{kap,d}$ = Momen Kapasitas dinding geser pada penampang dasar yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan yang terpasang dan dengan tegangan tarik baja tulangan sebesar 1,25 fy

$M_{E,d,maks}$ = Momen lentur maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar .

$V_{E,d,maks}$ = Gaya geser maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang .

- Kuat geser V_n pada sembarang penampang horisontal terhadap geser bidang dinding tidak boleh lebih besar dari $(5 \sqrt{f_c'} / 6) h d$
- Untuk kuat geser V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.6 :

$$V_c = \left(\sqrt{f_c'} / 4 \right) h d + \frac{N_u d}{4l_u}$$

atau



$$V_c = \left[\left[\sqrt{f_c'} / 2 + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} / 2 + 2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] + 10 \right] hd$$

dimana :

l_w = panjang horisontal dinding

$d = 0.8 l_w$. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.4) .

Tidak berlaku jika $(M_u/V_u - l_w/2)$ bernilai negatif, sedangkan V_c tidak boleh lebih dari $(\sqrt{f_c'} / 6) hd$ (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.5)

- Rasio (ρ_h) dari luas tulangan geser horisontal terhadap luas bruto penampang tidak boleh kurang dari 0.0025. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(2)) .
- Spasi dari tulangan geser horisontal S_2 tidak boleh lebih dari $l_w/5$, $3h$ atau pun 500 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(3)) .
- Rasio (ρ_n) dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_u}{l_w} \right) (\rho_h - 0.0025)$$

ataupun 0.0025, tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan geser horisontal perlu. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(4)) .

Syarat-syarat penulangan pada dinding geser :

1. Diameter tulangan $< 1/10$ dd (tebal dinding)
2. Untuk dinding dengan tebal $d \geq 200$ mm, maka setiap arah harus dipasang 2 lapis tulangan (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2b))

Persyaratan diatas bertujuan untuk :



- Melindungi kerusakan beton akibat adanya beban tertukar terutama pada keadaan inelastik.
 - Mengendalikan lebar retak yang akan timbul pada dinding karena penyebaran tulangan lebih merata sepanjang dan setinggi sepertiga dinding tersebut.
3. Jarak antar tulangan vertikal :
 ≤ 200 mm didalam daerah ujung dan ≤ 300 mm diluar daerah ujung
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3f))
 4. Jarak antar tulangan horisontal :
Di dalam daerah ujung tidak boleh diambil lebih dari 200 mm (≤ 200 mm) (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3h))
Diluar daerah ujung tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding ($\leq 3d$), seperlima lebar dinding ($\leq l_d/5$) dan ≤ 450 mm
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3g))
 5. Panjang daerah ujung tidak boleh kurang dari lebar dinding ($\geq l_d$), seperenam dari tinggi dinding ($\geq h_d/6$) dan tidak boleh lebih besar dari dua kali lebar dinding ($\leq 2l_d$)
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3i))

6.4.2 Dasar-Dasar Perencanaan

1. Ratio tulangan minimum dari luas tulangan vertikal terhadap penampang bruto beton harus memenuhi :
 - 0,0012 untuk tulangan $< D16$, dengan mutu baja < 400 Mpa



- 0.0015 untuk batang deform lainnya, atau
 - 0.0012 untuk jaringan kawat baja las tidak lebih besar dari W31 atau D31
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3.2)
2. Ratio tulangan minimum dari luas tulangan horisontal terhadap penampang bruto beton harus memenuhi :
- 0.002 untuk tulangan < D16, dengan mutu baja < 400 Mpa
 - 0.0025 untuk batang deform lainnya, atau
 - 0.002 untuk jaringan kawat baja las tidak lebih besar dari W31 atau D31
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3.2)
3. Bila tebal dinding lebih besar atau sama dengan 200 mm, maka dinding tersebut harus dipasang dua lapis tulangan.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5.2.(2))
4. Jarak antara tulangan vertikal sepanjang l_0 dari ujung tiang tidak boleh lebih dari 200 mm diluar daerah sepanjang l_0 .
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5.3.(6))
5. Jarak antar tulangan diluar daerah ujung l_0 tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding, seperlima lebar dinding dan 450 mm
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5.3.(7))
6. Jarak antar tulangan horisontal dalam daerah ujung sepanjang l_0 tidak boleh lebih dari enam kali diameter tulangan vertikal , setengan tebal dinding , atau 150 mm .
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5.3.(8))



7. Panjang daerah ujung lo tidak boleh kurang dari lebar dinding, seperenam dari tinggi dinding dan tidak perlu lebih besar dari dua kali lebar dinding.

(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.3.(9).)

6.4.3 Penulangan Dinding Geser

Perhitungan dinding geser lantai dasar diperhitungkan dengan mengasumsikan sendi plastis akan terjadi pada shear wall lantai dasar .

Data-data shearwall lantai dasar :

- Tinggi dinding = 450 cm
- Tebal dinding = 30 cm
- $P_u = 1716700 \text{ kg} = 16840827 \text{ N}$
- $V_u = 584520.658 \text{ kg} = 5734148 \text{ N}$
- $M_u = 211864.2 \text{ kgm} = 20.77 \times 10^8 \text{ Nmm}$
- Mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
- $l_w = 7200 \text{ m}$
- $d = 0.8 \times 7200 = 5760 \text{ mm}$

6.4.3.1 Kontrol Komponen Pembatas

Dalam SK SNI T-15-1991-03 disebutkan apabila pada batas dan sekeliling sisi – sisi bukaan dari dinding dan diafragma struktur, tegangan serat terluar maksimum

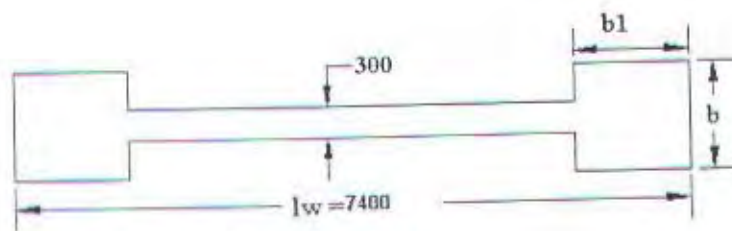


akibat gaya terfaktor, dimana termasuk pengaruh gempa melampaui $0.2 f_c'$ harus dipasang komponen struktur pembatas.

$f_c > 0.2 f_c' \rightarrow$ perlu komponen pembatas

$$f_c = \frac{Mn}{W} + \frac{Pn}{Ac}$$
$$= \frac{20.77 \times 10^8}{\frac{1}{6} \times 300 \times 7400^2} + \frac{16840827}{300 \times 7400} \leq 7 (= 0.2 \times 35)$$
$$= 9.48 \text{ MPa} \geq 7 \text{ Mpa} \rightarrow \text{memerlukan Komponen Pembatas}$$

Dimensi Komponen Pembatas



Gbr. 6.8. Komponen Pembatas

Syarat dimensi komponen Pembatas (Fig.5.36 Paulay-Priestley)

$$b \geq b_w ; \quad b_1 \geq \frac{b c l_w}{10 b}$$

$$b \geq b_c ; \quad b_1 \geq \frac{b c^2}{b}$$

$$b \geq h_1/16 ; \quad b_1 \geq h_1/16$$



$$bc = 0.017.1w \sqrt{\mu\phi}$$

$$\mu\phi = 19 \text{ (Fig. 5.33 Paulay - Priestley)}$$

$$bc = 0.017 \times 7400 \sqrt{19} = 548.35 \text{ mm}$$

Nilai b diambil 600 mm

Nilai bl diambil 600 mm

6.4.3.2 Chek Kekuatan Shear wall

ϕ Kekuatan Geser Beton pada Dinding Geser

Kuat geser maksimum yang mampu dipikul oleh penampang :

$$V_n = \left[\frac{5\sqrt{f_c'}}{6} \right] h \times d \quad \dots \text{(SKSNI T-15-1991-03 psl. 3.4.1 butir 3)}$$

$$V_n = \left[\frac{5\sqrt{35}}{6} \right] \times 4500 \times 5760$$

$$V_n = 12.78 \times 10^7 \text{ N}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{5.845 \times 10^7}{0.6} = 9.74 \times 10^7 \text{ N}$$

$$V_n \geq \frac{V_u}{\phi}$$

$$12.78 \times 10^7 \text{ N} > 9.74 \times 10^7 \text{ N}$$

Berarti dinding geser mampu memikul gaya geser



- Kemampuan Dinding Geser terhadap gaya Aksial

$$\phi P_{nw} = 0.55 \phi f_c' A_g \left[1 - \left(\frac{kL_e}{32h} \right)^2 \right]$$

dimana :

$$\phi = 0.70$$

$$k = 0.80 \text{ (dikekang pada salah satu ujungnya)}$$

$$A_g = 300 \times 5760 = 1728000 \text{ mm}^2$$

$$L_e = 4500 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$\phi P_{nw} = 0.55 \times 0.70 \times 35 \times 1728000 \times \left[1 - \left(\frac{0.8 \times 4500}{32 \times 300} \right)^2 \right]$$

$$= 20010375 \text{ N} > P_u (16840827 \text{ N}) \dots\dots\dots \text{OK}$$

Berarti dinding geser mampu menerima beban aksial

6.4.3.3 Penulangan Lentur Pada Shear wall

- Tulangan Lentur pada dasar shear wall

Untuk penulangan lentur digunakan tulangan ϕ 25

$$M_u = A_s \times L \times f_y \geq \frac{M_u}{0.8}$$

$$= A_s \times (7400-600) \times 320 \geq \frac{20.77 \times 10^8}{0.8}$$

$$A_s > 1193 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan } 6 \text{ } \phi 25 \text{ (} A_s = 2944 \text{ mm}^2 \text{)}$$



$$\text{Chek : } a = \frac{A_v \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{2944 \cdot 320}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 106 \text{ mm}$$

$$L = 7400 - 300 - 106 / 2 = 7047 \text{ mm}$$

$$M_n = 2944 \cdot 320 \cdot 7047 = 66,39 \times 10^8 \text{ Nmm} > M_u / \phi = 20,77 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Dipasang 6 Ø25 ($A_s = 2944 \text{ mm}^2$) sampai ketinggian $L_w = 6,4 \text{ m}$ pada daerah ujung, sedangkan diluar daerah ujung dipasang tulangan Ø12-300mm.

- Tulangan lentur pada ketinggian 6,4 m – 36 m

Untuk penulangan lentur digunakan tulangan ϕ 25

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times L \times f_y \geq \frac{M_u}{0,8} \\ &= A_s \times (7400 - 600) \times 320 \geq \frac{4,13 \times 10^8}{0,8} \end{aligned}$$

$$A_s > 237,25 \text{ mm}^2$$

Tulangan 4 Ø25 ($A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$)

$$\text{Chek : } a = \frac{A_v \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1962,5 \cdot 320}{0,85 \cdot 35 \cdot 300} = 70,36 \text{ mm}$$

$$L = 7400 - 300 - 70,36 / 2 = 7082 \text{ mm}$$

$$M_n = 1962,5 \cdot 320 \cdot 7082 = 44,47 \times 10^8 \text{ Nmm} > M_u / \phi = 5,16 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Dipasang 4 Ø25 ($A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$) sampai ketinggian $L_w = 36 \text{ m}$ pada daerah ujung, sedangkan diluar daerah ujung dipasang tulangan Ø12-300mm.

6.4.3.4 Penulangan Geser Horizontal

- Penulangan Geser pada dasar shear wall



Gaya Geser yang terjadi pada dasar shearwall akan ditahan oleh tulangan geser pada shearwall tanpa sumbangan kekuatan geser dari beton (V_c) atau pada kondisi kritis.

$$V_{ndmaks} = \alpha l \times 0.7 \times \frac{M_{kap.d}}{M_{E.d.maks}} \times V_{E.d.maks} > 14563877 \text{ N}$$

$$= 1.3 \times 0.7 \times \frac{(1.25 \times 66.39 \times 10^8)}{20.77 \times 10^8} \times 5.73 \times 10^6$$

$$= 6.29 \times 10^6 \text{ N}$$

$$S1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_s)}$$

$$= \frac{(2 \times 0.25 \times \pi \times 12^2) \times 320 \times (7400 - 600)}{(6.29)} = 78.21 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser Horizontal $\phi 12 - 75$ ($A_h = 13564 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Geser pada ketinggian 6.4m – 36 m

Data-data perencanaan :

- Tebal dinding = 30 cm
- $P_u = 1371200 \text{ kg} = 13451472 \text{ N}$
- $V_u = 572591 \text{ kg} = 5617118 \text{ N}$
- $M_u = 43450.26 \text{ kgm} = 426247.1 \text{ Nm} = 4.26 \times 10^8 \text{ Nmm}$
- Mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
- $l_w = 7400 \text{ m}$
- $d = 0.8 \times 7400 = 5760 \text{ mm}$

Untuk kuat geser V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.6 :



$$V_c = \left(\sqrt{f_c'} / 4 \right) h d + \frac{N_u d}{4 l_w}$$

atau

$$V_c = \left[\left[\sqrt{f_c'} / 2 + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} / 2 + 2 \frac{N_u}{I_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] + 10 \right] h d$$

Nilai V_c tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 5/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot h \cdot d \quad \dots \dots \dots \text{(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.5)}$$

$$V_c = 5/6 \times \sqrt{35} \times 300 \times 5760 = 8519154.89 \text{ N}$$

$$V_s = V_u - \phi V_c = (5617118 - 0.6 \times 8519154.89)$$

$$= 505625.066 \text{ N}$$

Untuk tebal dinding diatas 200 mm digunakan 2 lapisan tulangan.

dipakai tulangan Ø12 ($A_s = 113.04 \text{ mm}^2$)

$$S_2 = \frac{2 \times 113.04 \times 320 \times (7400 - 600)}{505625.066} = 973 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan diluar daerah ujung l_o harus kurang dari :

$$- 3 \times t = 900 \text{ mm}$$

$$- 1/5 b_w = 1600 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5.3.(7))

Dipakai tulangan Ø12-400mm



6.4.3.5 Penulangan Geser Vertikal

Shearwall dengan tulangan terpusat diujung, nilai $\rho_n = 0.0025$

$$A_n \text{ vertikal} = 0.0025 \times 300 \times 5760 = 4320 \text{ mm}^2$$

Spasi maksimum tulangan vertikal adalah :

$$S_{\max} < \frac{l_w}{3} = 1920 \text{ mm}$$

$$< 3t = 900 \text{ mm}$$

$$< 500 \text{ mm (menentukan)}$$

(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.5)

Untuk tebal dinding diatas 200 mm maka digunakan dua lapisan tulangan

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 12 (2A_s = 226.08 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Maka dibutuhkan tulangan} = \frac{4320}{226.08} = 19.11 \approx 20 \text{ buah}$$

Jadi digunakan tulangan geser vertikal $\phi 12-200$

$$A_n \text{ ada} = 226.08 \times 5760/200 = 6511.104 \text{ mm}^2 > A_n \text{ perlu} \dots \text{OK}$$

Untuk penulangan geser vertikal lantai selanjutnya digunakan $\phi 12-200$



BAB VII
PERANCANGAN SAMBUNGAN



BAB VII

PERANCANGAN SAMBUNGAN

7.1 UMUM

Salah satu bagian yang terpenting dalam perencanaan struktur pracetak adalah perencanaan desain sambungan. Sambungan dalam perencanaan elemen pracetak disamping berfungsi sebagai penghubung antar elemen pracetak, juga berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang bekerja dari elemen struktur yang satu dengan elemen struktur yang lain yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan juga dibuat untuk menciptakan kestabilan. Kesalahan dalam merencanakan desain sambungan akan berakibat keruntuhan struktur yang sangat besar.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan dikatakan baik apabila memenuhi kriteria praktis dan ekonomis. Praktis dalam hal ini berkaitan dengan bentuk sambungan yang sederhana dan tidak memerlukan teknik khusus dalam pembuatan maupun pemasangannya. Sedangkan ekonomis terkait dengan sifat praktis tadi yaitu semakin sederhana teknik pembuatan sambungan maupun pemasangannya, biaya-biaya dari produksi sampai pada pelaksanaan tentunya akan semakin murah. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tidak akan meninjau dari segi ekonomis tapi didalam menetapkan tipe sambungan penulis berusaha untuk menentukan tipe sambungan yang sesederhana mungkin guna kemudahan dalam produksi dan pemasangannya. Selain kriteria yang telah disebutkan diatas masih



ada kriteria lain yang juga perlu diperhatikan yang nantinya akan dibahas lebih lanjut.

Desain sambungan yang akan dipakai dalam perancangan Gedung RSUD DR Soetomo ini adalah sambungan basah (topping) yang relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup kompleks. Sambungan basah seperti cor setempat maupun dengan cara grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat.

7.2 KRITERIA PERENCANAAN SAMBUNGAN

Kriteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain, karena ada perbedaan kriteria 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.

Persyaratan sambungan yang satu dapat menjadi syarat yang tidak terlalu penting untuk sambungan yang lain. Kriteria perencanaan sambungan ini meliputi :

1. 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.



2. Daktilitas

Daktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relatif struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami runtuh. Untuk material 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. Dan kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putusnya baja, hancurnya beton atau kegagalan dari sambungan baja beton.

3. Perubahan Volume

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkai, susut dan perubahan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak ataupun perletakan yang mendukungnya. Tegangan ini harus diperhatikan dan dimasukkan dalam desain. Biasanya akan lebih baik bila sambungan diijinkan untuk sedikit bergerak atau berpindah tempat karena akan mengurangi besarnya tegangan tersebut.

4. Daya Tahan

Daya tahan yang buruk sering kali disebabkan oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak. Oleh karena itu bila sambungan diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca atau dipakai dalam lingkungan yang korosif maka elemen-elemen yang terbuat dari baja harus dilidungi dengan beton, dicat, atau digalvanis.



5. Ketahanan Terhadap Kebakaran

Beberapa sambungan beton pracetak tak mudah terpengaruh akibat api sehingga secara umum tidak diperlukan perlindungan secara khusus terhadap api. Sebagai contoh perletakan antara pelat dengan balok. Apabila pelat diletakkan diatas bearing pads yang terbuat dari bahan yang mudah terbakar, maka kondisi terburuk dari pads yang mungkin terjadi tidak akan menyebabkan keruntuhan dan sesudah kebakaran pads bisa diganti. Untuk sambungan yang tidak tahan api maka diberikan perlindungan khusus seperti melapisinya dengan beton, gypsum wallboard atau bahan lain yang tahan api.

6. Kesederhanaan Sambungan

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis. Kriteria penyederhanaan sambungan adalah :

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

7. Kesederhanaan Pemasangan

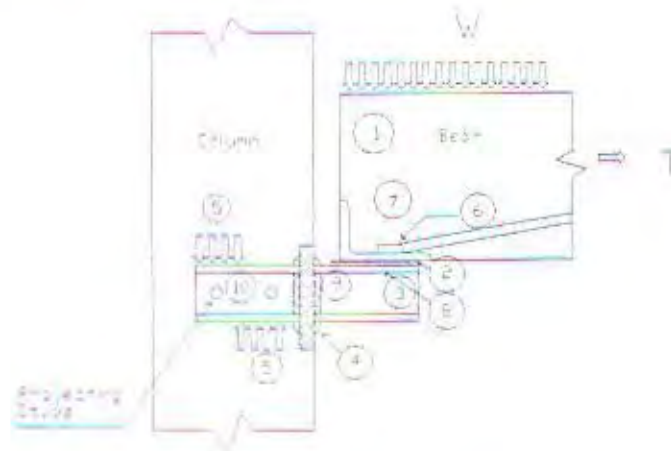
Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan pencapaian tujuan penerapan konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan type sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin kemudahan dalam pemasangan.



7.3 KONSEP DESAIN SAMBUNGAN

7.3.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah untuk mentransfer beban dari elemen pracetak yang satu ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diberikan contoh salah satu sambungan seperti terlihat pada gambar 6.1 dimana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan mekanisme sebagai berikut :



Gbr.7.1. Mekanisme Pemindahan Beban

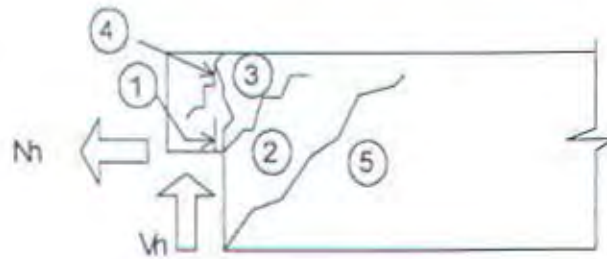
1. Beban W ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser dalam balok.
2. Perletakan ke haunch melalui gaya tekan pads.
3. Haunch menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.



4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las, profil baja yang tertanam pada kolom beton menyerap gaya geser dan lentur melalui titik las.
5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam. Mekanisme pemindahan gaya tarik T akibat susut dijelaskan sebagai berikut :
6. Balok beton ke tulangan dengan lekatan.
7. Tulangan dengan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
8. Baja siku diujung balok ke haunch melalui gesekan diatas dan dibawah bearing pads. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
9. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
10. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui lekatan.

7.3.2 Pola-Pola Kehancuran

Dalam mempertimbangkan mekanisme pemindahan beban, seorang perancang perlu menguji pola-pola kehancuran yang akan terjadi terutama pada daerah sambungan termasuk bagian-bagian komponennya. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. PCI design Handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan dapped-end dari balok, yaitu sebagai berikut :



Gbr.7.2. Pola-pola kehancuran pada ujung balok

1. Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung.
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung.
3. Geser langsung antara tonjolan dengan bagian utama balok.
4. Tarik diagonal pada ujung akhir.
5. Perletakan pada ujung atau tonjolan.

7.3.3 Stabilitas dan Keseimbangan

Dalam perencanaan yang memakai struktur beton pracetak serigkali bertemu dengan permasalahan-permasalahan yang diakibatkan oleh kesalahan perencanaan dalam menghitung stabilitas dan keseimbangan dari struktur dan komponen-komponennya, bukan hanya pada kedudukan akhir tetapi juga selama fase pelaksanaan konstruksi. Contohnya pada balok induk karena eksentrisitas beban pada balok terjadi torsi dan mengakibatkan balok cenderung berputar pada perletakan. Jadi perencana perlu untuk memperhitungkan kondisi pada saat pemasangan elemen-elemen beton pracetak tersebut.

7.3.4 Klasifikasi Sistem Pracetak dan Sambungannya

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambung.



1. Lokasi penyambungan

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

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

2. Jenis alat penyambung

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

7.3.5 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 ditambah beban hidup juga biasanya tidak banyak berbeda, tetapi pergeseran-pergeseran



bidang momen akibat ragam-ragam yang lebih tinggi dalam keadaan in elastis perlu diperhatikan

2. Sambungan daktail pemencar energi

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

Sistem sambungan menjadi 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 dan pengangkutan serta 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 siklis yang terjadi pada joint di daerah ini mengakibatkan pengurangan gaya gesernya. Regangan-regangan tinggi yang berulang dan bolak-balik pada tulangan yang dimaksud menyebabkan penurunan momen yang besar jika tidak direncanakan penulangannya. Bila akibat beban tarik kemudian diberi 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). Efektivitas tulangan tersebut yang terletak pada suatu *cold joint* sampai sekarang belu 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 melebihi 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. Regangan dan gaya geser yang lebih tinggi akan timbul jika pelelehan dan varasinya sama seperti yang digunakan untuk komponen-komponen lain yang sama yaitu sendi plastis dengan komponen pracetak lain. Agar mekanisme yang diharapkan dapat tercapai maka kapasitas momen kolom gabung harus lebih besar daripada kapasitas yang dihasilkan pada saat sendi plastis mencempel 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 mengubah 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 inelastis 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*.

7.4 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK-KOLOM

7.4.1 Perencanaan Corbel Kolom

Penulis merencanakan corbel pada kolom sebagai tumpuan untuk meletakkan balok induk precast. Pada pelaksanaannya corbel bersama-sama dengan kolom dibuat dengan precast. Pada setiap kolom tempat menumpu balok precast, dimensi dari corbel direncanakan sama semua.



Adapun prosedur pendesainan dari corbel adalah sebagai berikut :

$$\phi \frac{a}{d} \leq 1$$

$$\phi N_u \leq V_u$$

$$\phi = 0.65 \text{ untuk semua perhitungan}$$

✧ Jangkar pada bagian muka dari corbel harus disediakan dengan las

✧ Beban-beban terpusat pada corbel menerus boleh didistribusikan

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan dimensi corbel b, d, h dan a

$$\text{Hitung } V_u, N_u, \text{ dan } M_u = V_u \cdot a + N_u (h-d)$$

2. Tentukan apakah $V_u < V_u \text{ max}$

Menurut PBI'89 pasal 11.9.3.2.1. untuk beton normal beban geser V_u

$$V_u \text{ max} < 0.2 f_c' b_w d$$

$$< 5.5 b_w d$$

kalau $V_u > V_u \text{ max}$ perbesar dimensi

kalau $V_u < V_u \text{ max}$ maka hitung :

desain penulangan corbel harus diadakan pengecekan terhadap lentur,

aksial tarik, geser langsung dan bearing. Luas tulangan utama A_s , sesuai

dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.9 adalah :

$$A_f = \frac{M_u}{0.85 \cdot \phi \cdot f_y \cdot d}$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi \cdot f_y}$$



$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi \cdot f_y \cdot \mu}$$

$$A_{s1} = \left(\frac{2}{3} \cdot A_{vf}\right) + A_n = \left(\frac{1}{\phi \cdot f_y}\right) \times \left[\frac{2V_u}{3\mu e} + N_u\right]$$

ambil nilai terbesar

$$A_{s2} = A_f + A_n = \left(\frac{1}{\phi \cdot f_y}\right) \times \left[\frac{2V_u}{a_d} + N_u \left(\frac{h}{d}\right)\right]$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$A_{s \text{ min}} = 0.04 \frac{f_c'}{f_y} \cdot b \cdot d$$

dimana :

$$\phi = 0.65$$

A_n = luas tulangan yang diperlukan untuk melawan tarik aksial

N_u = gaya tarik horisontal 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

disebarkan secara merata dalam batas 2/3 tebal efektif.

$$A_{h \text{ min}} = 0.5 (A_s - A_n)$$

3. Kalau $A_{s1} > A_{s2}$ maka hitung :

$$A_s = A_{s1}$$

$$A_h = 1/3 A_{vf}$$

Kalau $A_{s1} < A_{s2}$ maka hitung :

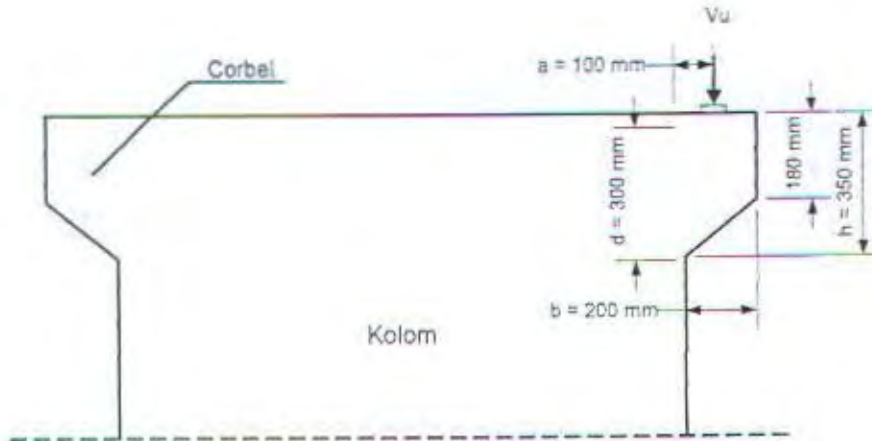
$$A_s = A_{s2}$$



$$A_h = 0,5 (A_s - A_n)$$

4. Pilih tulangan

Perhitungan Corbel :



Gbr. 7.3. Dimensi Corbel

Data-data Perencanaan :

- $V_u = 35914 \text{ kg} = 352316,3 \text{ N}$
- $N_{uc} = 0,2 \times V_u = 0,2 \times 352316,3 = 70463,3 \text{ N}$
- $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 420 \text{ MPa}$
- $\phi = 0,65$
- $b_w = 450 \text{ mm}$
- $a = 100 \text{ mm}$
- $(h-d)_{\text{max}} = 50 \text{ mm}$
- $\mu = 1,4 \lambda$ beton di cor monolit



□ $\lambda = 1$ beton normal

Perhitungan :

⇒ **Lebar Pelat Landasan (w)**

$$V_u = \phi \cdot (0.85 f_c') \cdot A_s$$

Lebar pelat landasan (d) :

$$\begin{aligned} w &= \frac{V_u}{\phi \cdot (0.85 \cdot f_c') \cdot bw} \\ &= \frac{352316.3}{0.65 \cdot (0.85 \cdot 30) \cdot 450} \\ &= 47.23 \text{ mm} \end{aligned}$$

pakai lebar pelat landasan = 50 mm

⇒ **Tinggi Konsol untuk Geser (d)**

$$V_{n_{\max}} = 0.2 \cdot f_c' \cdot bw \cdot d$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{V_{n_{\max}}}{0.2 \cdot f_c' \cdot bw} \\ &= \frac{352316.3 \cdot 0.65}{0.2 \cdot 30 \cdot 450} \\ &= 200.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

⇒ **Tinggi Konsol untuk Lentur (d)**

$$M_u = V_u \cdot a + N_{uc} (h-d)$$

$$= 359754 \times 100 + 71950.8 \times 50 \quad (h-d \approx 50 \text{ mm})$$

$$= 38754797 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$



$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$$

$$\begin{aligned} R_n &= \rho \times f_y \times (1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m) \\ &= 0.0044 \times 320 \times (1 - \frac{1}{2} \times 0.0044 \times 12.55) \\ &= 1.37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d^2}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{perlu}} &= \sqrt{\frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{38754797}{0.85 \times 450 \times 1.37}} \\ &= 272 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka diambil d yang terbesar, dimana $\frac{a}{d} < 1$

$$\text{dicoba } d = 300 \text{ mm} \quad \frac{a}{d} = \frac{10}{30} = 0.33 < 1 \dots\dots \text{OK}$$

⇨ **Penulangan Geser Avf**

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_{n_{\max}}}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} \\ &= \frac{352316.3 / 0.65}{0.65 \times 320 \times 1.4} \\ &= 1861.35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

⇨ **Penulangan Lentur Af**

$$R_{n_{\text{perlu}}} = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d^2}$$



$$= \frac{38754797}{0.65 \times 450 \times 300^2}$$

$$= 1.47 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.47}{320}} \right]$$

$$= 0,0047 < \rho_{\text{min}}$$

$$A_{f_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,0044 \times 450 \times 300$$

$$= 634.5 \text{ mm}^2$$

⊕ **Tulangan Tambahan An**

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{70463.3}{0.65 \times 320} = 338.76 \text{ mm}^2$$

⊕ **Tulangan Tarik utama total As**

$$A_{s1} = A_f + A_n$$

$$= 634.5 + 338.76 = 973.27 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{2}{3} \times A_{vf} + A_n$$

$$= \frac{2}{3} \times 1900.64 + 345.92 = 1579.67 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ perlu} = 1579.67 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 4D25 ($A_s = 1963.50 \text{ mm}^2$)

⊕ **Persyaratan sengkang**

$$A_{hmin} = \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (1861.35 - 338.76)$$

$$= 761.29 \text{ mm}^2$$

maka dipakai 8D12 ($A_s = 904.78 \text{ mm}^2$)

senggang ikat harus disebar merata sepanjang $2/3 d$.

⇨ Panjang Penanaman As

Ld ada = $b - \text{selimut} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan As}$

$$= 450 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 387.5 \text{ mm}$$



Gbr. 7.4. Penulangan Corbel

7.4.2 Perencanaan Beiring On Plain Concrete

Bagian ujung balok pada tumpuan perlu diberi perkuatan tulangan untuk mempertinggi daya dukung elemen pada bagian tepi. Penulangan ini berdasarkan analisa geser friksi. Menurut *PCI Design Handbook* kemungkinan retak yang akan terjadi pada daerah tumpuan untuk memindahkan geser adalah seperti pada Gb.6.6.

Untuk menjamin pencapaian gaya gesek yang merata sepanjang retak yang dimisalkan, maka penulangan gesekan geser harus ditempatkan selayaknya di sepanjang bidang geser dan harus diankerkan dengan penanaman, kaitan, atau pengelasan terhadap alat yang disediakan khusus.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, daya dukung dari plain concrete adalah :

$$\phi V_n = \phi C_r (0.85 f_c' A_1) \sqrt{A_2/A_1} \leq 2 f_c' A_1$$

dimana :

$$\phi = 0.7$$

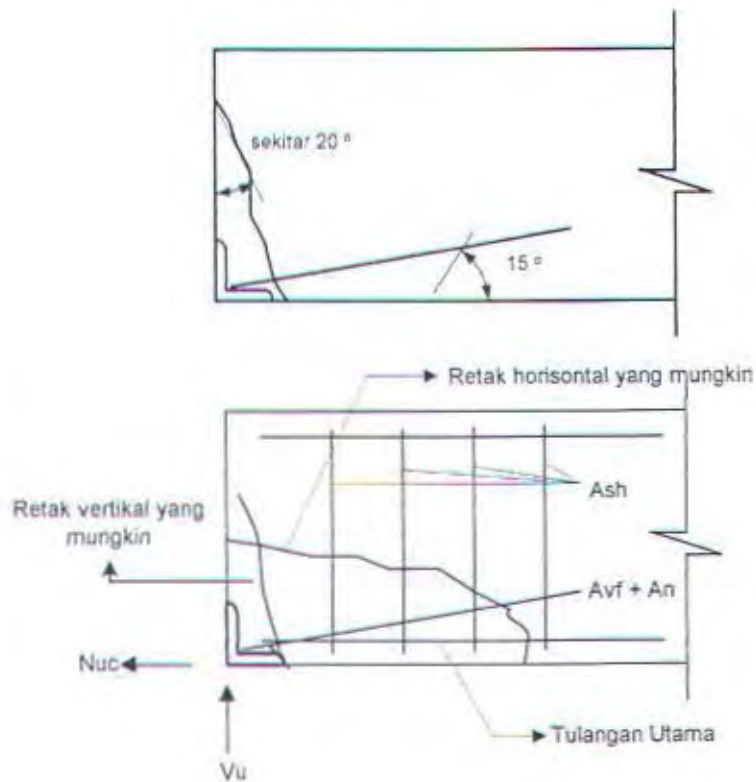
$$C_r = (s_w/200)^{(N_u/V_u)} = 1 \text{ bila tidak ada gaya horizontal yang berarti}$$

A_1 = luas permukaan beton yang mendukung beton

A_2 = luas proyeksi permukaan A_1

Batas bearing strenght adalah :

$$\phi V_c = 0.85 \phi f_c' b_w$$



Gbr. 7.5. Konsep gesekan geser terhadap daerah tumpuan balok



Penulangan End Bearing

Jika $V_u > \phi V_n$ hasil desain bearing strenght on plain concrete, maka perlu tulangan end bearing. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi.

Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut :

1. Diasumsikan sudut retak adalah vertikal $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horisontal :

$$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \times f_y \times \mu} + \frac{N_u}{\phi \times f_y}$$

Sudut penanaman adalah 15° seperti yang disarankan pada referensi. Sedangkan nilai μ diambil secara konservatif.

$\mu = 1.4 \lambda = 1.4 \times 1 = 1.4$, sedangkan nilai $\phi = 0.6$ untuk A_{vf} dan $\phi = 0.8$ untuk A_n .

3. Perhitungan Tulangan sengkang

Perhitungan tulangan sengkang Ash untuk retak horisontal adalah :

$$A_{sh} = \frac{A_t \times f_y}{\mu \times f_y}$$

Perhitungan :

Data-data perencanaan :

- $V_u = 352316.3 \text{ N}$
- $N_{uc} = 0.2 \times V_u = 0.2 \times 352316.3 = 70463.3 \text{ N}$

♦ Perkuatan tulangan horizontal (A_t)

$$A_t = \frac{352316.3}{0.6 \times 320 \times 1.4} + \frac{70463.3}{0.8 \times 320} = 1585.95 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 6D19 ($A_t = 1700.31 \text{ mm}^2$)



♦ Tulangan sengkang (Ash)

$$Ash = \frac{At \times fy}{\mu \times fy} = \frac{1700.31}{1.4} = 1214.5 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 7D16 (Ash = 1406.72 mm²)

♦ Tulangan Pengikat Tambahan (Acv)

$$Acv = Ach$$

$$= \frac{Vu}{8 \times fy} = \frac{211209.30}{8 \times 320} = 137.62 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2D10 (Acv = 157,08 mm²)

7.4.3 Sambungan Balok-Kolom

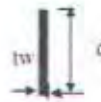
Perencanaan Las

$$Vu = 35914 \text{ kg} = 352316.3 \text{ N}$$

$$Mu = 35159 \text{ kgmm}$$

Perencanaan las pada daerah sendi plastis :

$$= \frac{d^3}{12} \quad (\text{panjang las diambil } 6 \text{ in})$$



$$= \frac{6^3}{12} = 18 \text{ in}^3$$

$$fy = \frac{P_x}{A_w} + \frac{M_x \cdot x}{I_p}$$

dimana :

$$P_x = Vu$$

X = jarak horisontal dari pusat masa dari las grup ke titik yang ditinjau



= diambil 0 (bukan las grup)

Mt = torsional moment

$$F_y = \frac{352316.3 : (1000 \times 4.48) \text{kip}}{6t_w}$$

$$= \frac{13.11}{t_w} \text{kip/in}$$

asumsi $f_y = f_x$

$$f_r = \sqrt{f_y^2 + f_x^2}$$

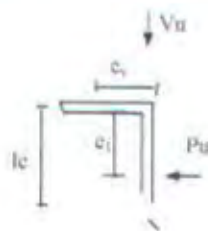
$$f_r = \sqrt{\left(\frac{13.11}{t_w}\right)^2 + \left(\frac{13.11}{t_w}\right)^2}$$
$$= \left(\frac{18.53}{t_w}\right)$$

dari tabel 6.20.1 PCI Design Handbook untuk elektrode E70 $f_r = 31.5 \text{ ksi}$

$$31.5 = \frac{18.53}{t_w}$$

t_w diambil = 0.35 in (= 0.88 cm)

Perencanaan Connection Angle



$$P_u = V_u \frac{e_v}{e_i}$$
$$= 352316.3 \frac{100/2}{2/3 \times 100}$$
$$= 264237.2 \text{ N}$$



$$t = \sqrt{\frac{4Vu.e_c}{\phi \cdot f_y \cdot b_n}} \quad \text{dimana : } b_n = \text{panjang pelat}$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times 352316.3 \times 50}{0.9 \times 390 \times 100}}$$

= diambil 5 cm

7.5 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK ANAK-BALOK INDUK

Perencanaan sambungan pada pertemuan balok anak dengan balok induk meliputi :

1. Perkuatan Penulangan Konsol Bawah Balok Induk

Data-data perencanaan :

$$Vu = 9363 \text{ kg} = 91851.03 \text{ N}$$

$$Nuc = 0.2 \times Vu = 18370.21 \text{ N}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

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

$$\phi = 0.65$$

$$\mu = 1.4$$

$$a = 100 \text{ mm (asumsi)}$$

$$(h-d)_{\text{max}} = 50 \text{ mm (asumsi)}$$

Perhitungan :

o **Lebar pelat landasan (w)**

$$Vu = \phi \cdot (0.85 f_c') \cdot A_1$$

Dimensi pelat landasan (b pelat landasan = 100mm) :



$$\begin{aligned}w &= \frac{V_u}{\phi \cdot (0.85 \cdot f_c') \cdot b \cdot w} \\ &= \frac{91851.03}{0.65 \times (0.85 \times 30) \times 400} \\ &= 13.85 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai lebar pelat landasan = 50 mm.

o **Tinggi konsol untuk geser (d)**

$$V_{n_{\max}} = 0.2 \cdot f_c' \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$\begin{aligned}d &= \frac{V_{n_{\max}}}{0.2 \cdot f_c' \cdot b \cdot w} \\ &= \frac{91851.03 / 0.65}{0.2 \times 30 \times 400} = 58.87 \text{ mm}\end{aligned}$$

o **Tinggi konsol untuk lentur (d)**

$$M_u = V_u \cdot a + N_{uc} \cdot (h-d)$$

$$= 91851.03 \times 100 + 18370.21 \times 50 = 10103613 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

$$m = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$$

$$R_n = 0.0044 \times 320 \times (1 - \frac{1}{2} \times 0.0044 \times 12.55)$$

$$= 1.37 \text{ MPa}$$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot w \cdot R_n}}$$

$$= \sqrt{\frac{10103613}{0.85 \times 400 \times 1.37}} = 147.27 \text{ mm}$$



diambil d yang terbesar dimana $\frac{a}{d} < 1$

$$\text{dicoba } d = 160 \text{ mm} \quad \frac{a}{d} = \frac{10}{16} = 0.59 < 1 \dots\dots \text{OK}$$

o **Penulangan geser A_{vf}**

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_{n_{max}}}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} \\ &= \frac{91851.03 \cdot 0.65}{0.65 \times 320 \times 1.4} = 485.27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o **Penulangan lentur A_f**

$$R_{n_{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \cdot b_w \cdot d^2} = \frac{10103613}{0.65 \times 400 \times 160^2} = 1.51 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{10.76} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.76 \times 1.51}{320}} \right] \\ &= 0.0049 > \rho_{min} = 0.0044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{f_{perlu}} &= \rho \cdot b_w \cdot d \\ &= 0.0049 \times 400 \times 160 = 313.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o **Tulangan tambahan A_n**

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \cdot f_y} \\ &= \frac{18370.21}{0.65 \times 320} = 88.32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o **Tulangan tarik utama total A_s**

$$\begin{aligned} A_{s1} &= A_f + A_n \\ &= 313.21 + 88.32 = 401.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s2} = \frac{2}{3} \times A_{vf} + A_n$$



$$= \frac{2}{3} \times 501.72 + 91.3 = 411.83 \text{ mm}^2$$

As perlu = 411.83 mm²

Maka digunakan 3D16 (As = 603.19 mm²)

o **Persyaratan sengkang**

$$\begin{aligned} A_{hmin} &= \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (603.19 - 88.32) \\ &= 257.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka dipakai 4φ10 (As = 314.2 mm²)

sengkang ikat harus disebar merata sepanjang 2/3 d.

◆ **Tulangan Pengikat Tambahan (Acv)**

$$A_{cv} = A_{ch}$$

$$= \frac{V_u}{8 \times f_y} = \frac{91851.03}{8 \times 320} = 35.88 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2D10 (Acv = 157.08 mm²)

2. Perkuatan Penulangan Ujung Balok Anak

Data perencanaan :

$$V_u = 9496.50 \text{ kg} = 94965 \text{ N}$$

$$N_{uc} = 0.2 \times V_u = 18993 \text{ N}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$a = 50 \text{ mm (asumsi)}$$

$$d = 250 \text{ mm (asumsi)}$$

$$\phi = 0.65$$



$$\mu = 1,4$$

Perhitungan :

o **Penulangan geser A_{vf}**

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_{n_{max}}}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} \\ &= \frac{94965 \cdot 0,65}{0,65 \times 320 \times 1,4} = 501,72 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D16 ($A_{vf} = 603 \text{ mm}^2$)

o **Penulangan lentur A_f**

$$\begin{aligned} M_u &= V_{u,a} \cdot l - N_{uc} \cdot (h-d) \\ &= 94965 \times 50 + 18993 \times 50 = 5697900 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_{n_{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot w \cdot d^2} = \frac{10446150}{0,65 \times 300 \times 250^2} = 0,86 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{10,76} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,76 \times 0,86}{320}} \right] \\ &= 0,003 < \rho_{min} = 0,0044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{f_{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot w \cdot d \\ &= 0,0044 \times 300 \times 250 \\ &= 330 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o **Tulangan tambahan A_n**

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi \cdot f_y} \\ &= \frac{18993}{0,65 \times 320} = 91,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

o **Tulangan tarik utama total A_s**

$$A_{s1} = A_f + A_n$$



$$= 330 + 91.3 = 421.3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \frac{2}{3} \times A_{vf} - A_n \\ &= \frac{2}{3} \times 501.72 + 91.3 = 425.78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ perlu} = 425.78 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 3D16 ($A_s = 603.19 \text{ mm}^2$)

o Persyaratan sengkang

$$\begin{aligned} A_{hmin} &= \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (603.19 - 91.3) \\ &= 256 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka dipakai 4 ϕ 10 ($A_s = 314.2 \text{ mm}^2$)

sengkang ikat harus disebar merata sepanjang $\frac{2}{3} d$.

o Panjang penanaman A_s

$$L_d \text{ ada} = 300 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 249 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm.}$$

7.6 PERENCANAAN SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

Gaya – gaya yang diperhitungkan :

$$P_u = 4.89 \times 10^5 \text{ N}$$

$$V_u = 365880 \text{ N}$$

Sambungan direncanakan terjadi pada pertengahan lantai , sehingga momen yang terjadi relatif kecil.

Perencanaan Las



$$l_p = \frac{d^3}{12} \quad (\text{panjang las diambil } 6 \text{ in})$$



$$= \frac{6^3}{12} = 18 \text{ in}^4$$

$$f_y = \frac{P_y}{A_w} + \frac{M_x}{I_p}$$

dimana :

$$P_y = Vu$$

X = jarak horisontal dari pusat masa dari las grup ke titik yang ditinjau

= diambil 0 (bukan las grup)

Mt = torsional moment

$$F_y = \frac{365880 : (1000 \times 4.48) \text{ kip}}{6t_w}$$

$$= \frac{13.6}{t_w} \text{ kip/in}$$

asumsi $f_y = f_x$

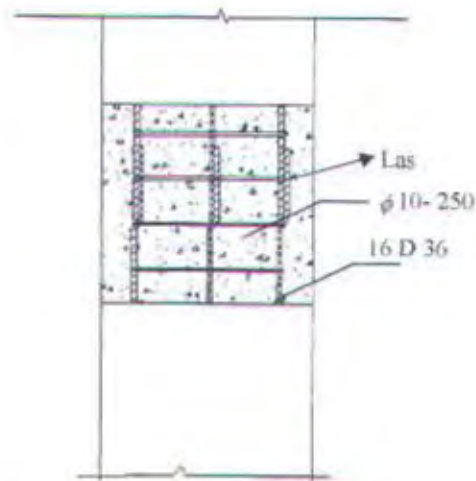
$$f_r = \sqrt{f_y^2 + f_x^2}$$

$$f_r = \sqrt{\left(\frac{13.6}{t_w}\right)^2 + \left(\frac{13.6}{t_w}\right)^2}$$
$$= \left(\frac{19.227}{t_w}\right)$$

dari tabel 6.20.1 PCI Design Handbook untuk elektrode E70 $f_r = 31.5 \text{ ksi}$

$$31.5 = \frac{19.227}{t_w}$$

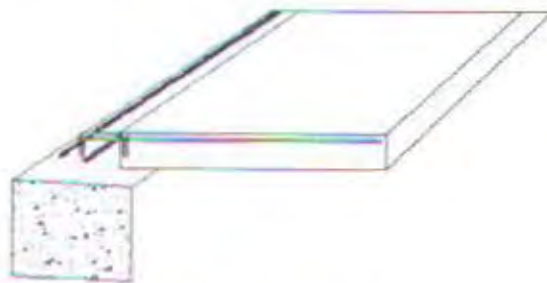
t_w diambil = 0.35 in (= 0.88 cm)



Gbr. 7.7 Sambungan Antar Kolom

7.7 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.



Gbr. 7.8 Sambungan Pelat

7.8 PERENCANAAN BASE PLATE

Gaya – gaya maksimum yang bekerja :

$$M = 183000 \text{ kg cm}$$



$$P = 159340 \text{ kg}$$

Bahan pondasi dari beton : $\sigma_{\text{beton}} = 50 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{-P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$\sigma_1 = \frac{-159340}{60^2} + \frac{183000}{1/6 \times 60 \times 60^2} = -39.16 \text{ kg/cm}^2 < 50 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ok}$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$\sigma_2 = \frac{159340}{60^2} + \frac{183000}{1/6 \times 60 \times 60^2} = 49.36 \text{ kg/cm}^2 < 50 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ok}$$

Menentukan tebal pelat :

Dihitung sebagai kantilever

$$M = 0,5 \cdot q \cdot L^2 = 0,5 \times 50 \times 15^2 = 10000 \text{ kg.cm}$$

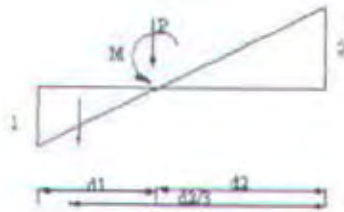
Tegangan pada pelat baja :

$$\sigma = \frac{6M}{t^2} < \sigma_{\text{pelat}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 10000}{2400}} = 5$$

digunakan pelat dengan tebal 5 cm

Menentukan jumlah baut



$$d1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2} \times (d1 + d2)$$

$$d1 = \frac{39.60}{39.601 + 49.36} \times 60$$

$$= 26.71 \text{ cm}$$

$$d2 = 60 - 26.71 = 33.29 \text{ cm}$$

$$f = (d1 + d2) - d1/3 - d2/3$$

$$= 60 - 26.71/3 - 33.29$$

$$= 34.45$$

$$C = (d1 + d2)/2 - d2/3$$

$$= 60/2 - 33.29/3$$

$$= 18.90$$

$$T = \frac{P \cdot C - M}{f}$$

$$= \frac{159340 \times 18.90 - 183000}{34.45} = 82105.25 \text{ kg}$$

Dipasang 4 baut

Gaya 1 baut = 20526.31 kg

Dipakai baut dari BJ 52

Mencari diameter baut :



$$\frac{20526.31}{0.25 \times 3.14 \times d^2} < 2400$$

$$d = 3.3 \text{ cm}$$

dipakai baut $d = 36 \text{ mm}$

Kontrol terhadap cabut :

$$\frac{T}{A} \leq \sigma_{\text{tarik}}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$= 2 \times 3.14 \times (3.4/2) \cdot L$$

$$= 10.68 L$$

$$20526.31 / 10.68 L < 2400$$

$$L > 1.24 \text{ cm}$$

Digunakan baut dengan panjang 10 cm

Untuk base plate ukuran 60 x 60 x 5 cm dipasang 4 baut diameter 36 mm dengan kedalaman penjangkaran 10 cm.

BAB VIII
PERANCANGAN PONDASI



BAB VIII

PERANCANGAN PONDASI

8.1 UMUM

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak. Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis antarlain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi Caisson, dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung RSUD DR Soetomo ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap), dan perencanaan sloof (tie beam). Untuk perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT) oleh Testana Engineering, Inc.



8.2 DATA TANAH

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat mana penyelidikan tanah itu dilakukan sehingga dapat diantisipasi perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia di lapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil Sodor Boring dan hasil uji SPT.

8.3 PERENCANAAN TIANG PANCANG

A. Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_f). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s .$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri, dan
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.



B. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) menurut Luciano Decourt (1982).

- $Q_u = Q_p + Q_s$

Dimana :

- $Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$

Dengan :

N_p = Harga rata-rata didekat ujung tiang

$$= (N_1 + N_2 + N_3) / 3$$

K = koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m², untuk tanah lempung

= 20 t/m², untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m², untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m², untuk tanah pasir

A_p = luas penampang ujung tiang

q_p = tegangan di ujung tiang

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

Dengan :

q_s = tegangan akibat frottement lateral dalam t/m²

N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan

$$3 \leq N \leq 50$$

A_s = keliling x panjang tiang



Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_p + Q_{ps}}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

C. Daya Dukung Tiang Pancang Dalam Kelompok

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. Efisiensi tidak diperhitungkan bila jarak dari as ke as dari masing-masing tiang $s > 3 D$, dengan syarat minimum $s = 2.5 D$.

$$P_{\text{ijin group}} = n \times P_{\text{ijin 1 tiang}} \times \text{Eff}$$

dimana :

N = jumlah tiang dalam group

$P_{\text{ijin tunggal}}$ = daya dukung tiang tunggal

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (\text{Converse Labarre})$$

θ = arc tg (D/s)

D = diameter tiang

s = jarak antar sumbu tiang (2.5D s.d. 3D)

m = jumlah tiang per baris (lajur x)

n = jumlah tiang per kolom (lajur y)



D. 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 :

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ult}}$$

dimana :

P_{ult} = 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_{maks} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{maks} = 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

E. Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Gaya Horisontal

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.



Untuk mendapatkan momen akibat gaya horisontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Untuk Beton Bertulang dan Struktur Tembok 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 :

$$L_2 = 2,2 L_1$$

$$L_1 = F + 1,5 D$$

$$F = \frac{H}{9 \times Cr \times D}$$

$$Cr = 0,5 Cu$$

dimana :

L_2 = kedalaman dimana momen lentur adalah nol

L_1 = kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum

F = panjang daerah perlawanan

Cu = harga kohesi tanah

D = diameter tiang (untuk single pile)

D = lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban (pile group).

Apabila L tiang $> L_2$ maka tiang dianggap sebagai tiang panjang.

8.4 PERHITUNGAN TIANG PANCANG PADA KOLOM

Perhitungan daya dukung tiang pancang direncanakan memakai tiang pancang produksi WIKA type 500 C dengan spesifikasi bahan sebagai berikut:

- Tiang pancang beton pratekan (Prestressed Concrete Pile) dengan bentuk penampang bulat berongga (Round Hollow).



- Mutu beton tiang pancang K-600 (concrete cube compressive strenght is 600 kg/cm² at 28 days)

- Klasifikasi tiang pancang :

$$A_s = 15.27 \text{ cm}^3 \qquad M_{\text{crack}} = 17 \text{ tm}$$

$$A_c = 1159.25 \text{ cm}^3 \qquad M_{\text{ult}} = 34 \text{ tm}$$

$$W = 10583.74 \text{ cm}^3 \qquad P_{\text{ijin I tiang}} = 155.64 \text{ ton}$$

$$D = 50 \text{ cm}$$

8.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan pondasi tiang pancang diambil dari output SAP 2000 Dimana dihitung berdasarkan gaya (pembebanan tanpa faktor) yang paling kritis yang bekerja pada kolom. Data-datanya adalah sebagai berikut :

$$P_u = 480.38 \text{ ton}$$

$$M_y = 2.34 \text{ ton m}$$

$$M_x = 0.69 \text{ ton m}$$

$$H_x = 0.37 \text{ ton}$$

$$H_y = 1.52 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) menurut Luciano Decourt (1982). Perhitungan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik pada lampiran. Dari grafik perhitungan daya dukung ijin 1 tiang hasil SPT, maka didapat kedalaman pemancangan $H = 28.0 \text{ m}$, dimana $P_{\text{ijin 1 tiang}} = 150.89 \text{ ton}$.

8.4.2 Perhitungan Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

- Rencana jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P_u}{P_{ijin\ 1\ tiang}} = \frac{480.38}{150.89} = 3.18$$

Direncanakan memakai 5 buah tiang pancang

- Jarak as ke as tiang terpasang

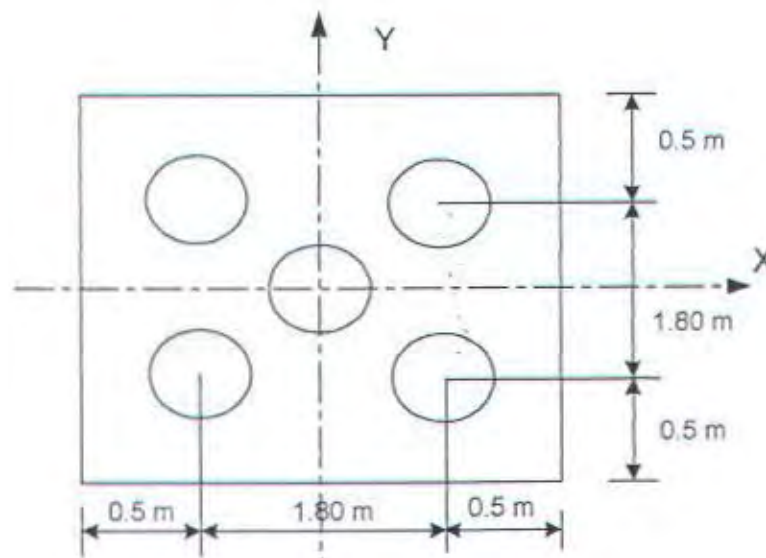
$$s = 3 \times 0.50 = 1.50\text{ m}, \text{ dipakai } s = 1.80\text{ m}$$

- Jarak tepi ke tepi poer

$$s_1 = 0.50\text{ m}$$

- Dimensi poer

Dimensi poer direncanakan 2.80 x 2.80 x 1.0 m



Gb. 7.1. Rencana penempatan tiang pancang.



8.4.3 Kekuatan Tiang Pancang Dalam Kelompok

$$P_{ijin\ group} = n \times P_{ijin\ 1\ tiang} \times Eff$$

$$\begin{aligned} Eff &= 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \\ &= 1 - \frac{\text{arc.tg}(0.5/1.8)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \\ &= 0.83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{ijin\ group} &= 5 \times 150.89 \times 0.83 \\ &= 626.19\ \text{ton} > P_u = 446.838\ \text{ton} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

8.4.4 Kontrol Beban Maksimum Tiang

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= 480.38 + (2.4 \times 2.8 \times 2.8 \times 1.0) \\ &= 499.196\ \text{ton} \end{aligned}$$

$$\Sigma X^2 = 4 \times 0.9^2 = 3.24\ \text{m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 4 \times 0.9^2 = 3.24\ \text{m}^2$$

$$X_{\max} = 0.9\ \text{m}$$

$$Y_{\max} = 0.9\ \text{m}$$

$$n = 5\ \text{buah}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\Sigma P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\Sigma Y^2} \leq \bar{P}_{ult.} \\ &= \frac{480.38}{5} + \frac{2.34 \times 0.9}{3.24} + \frac{0.69 \times 0.9}{3.24} \end{aligned}$$



8.4.5 Kontrol Kekuatan Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Diketahui gaya-gaya horisontal yang bekerja adalah :

$$H_x = 0.37 \text{ ton}$$

$$H_y = 1.52 \text{ ton}$$

$$H_o = \sqrt{0.37^2 + 1.52^2} = 2.45 \text{ ton (untuk 5 tiang)}$$
$$= 0.49 \text{ ton (untuk 1 tiang)}$$

$$C_u = 10 \text{ N (korelasi Terzaghi & Peck untuk tanah lempung berlanau)}$$
$$= 10 \times 17.9 = 179 \text{ Kpa} = 1.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0.5 C_u = 0.895 \text{ kg/cm}^2 = 8.95 \text{ ton/m}^2$$

$$F = \frac{H_o}{9 \times C_r \times D} = \frac{0.49}{9 \times 8.95 \times 0.50} = 0.762 \text{ m}$$

$$L_1 = F + 1.5 D = 0.762 + 1.5 \times 0.50 = 1.512 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 0.788 = 3.33 \text{ m} < \text{panjang tiang} = 23 - 1 = 22 \text{ m}$$

Berarti tiang pancang tersebut merupakan tiang panjang

Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$H_{o \text{ 1 tiang}} = 9 \times C_u \times D \times (L_1 - 1.5D)$$
$$= 9 \times 17.9 \times 0.5 \times (1.512 - 1.5 \times 0.50)$$
$$= 61.4 \text{ ton} > H_{o \text{ terjadi}} = 0.49 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{Ok !}$$

Momen yang terjadi :

$$M_{ult \text{ yang terjadi}} = H_o \times (1.5 D + 0.5 F)$$
$$= 0.49 \times (1.5 \times 0.50 + 0.5 \times 0.762)$$
$$= 0.56 \text{ tm} < M_{ult \text{ tiang}} = 34.00 \text{ tm} \dots \dots \dots \text{OK}$$
$$< M_{crack} = 17.00 \text{ tm} \dots \dots \dots \text{OK}$$



8.4.6 Perhitungan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur

8.4.6.1 Data-Data Perencanaan

Dari perhitungan dimuka diperoleh data-data sebagai berikut :

- P_u = 480.38 ton
- Dimensi Poer = 2.8 m x 2.8 m x 1.0 m
- Jumlah tiang pancang = 5
- Dimensi kolom hk = bk = 600 mm
- Mutu beton f_c' = 35 MPa
- Mutu baja f_y = 320 MPa
- ϕ = 0.6
- Diameter tul. Pokok = 32 mm
- Selimut beton d_c = 70 mm
- Tinggi efektif d = $1000 - 70 - 32 - \frac{1}{2} \times 32 = 882$ mm

8.4.6.2 Kontrol Geser Pons Pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus dipenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini ditegaskan pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.11 butir 2. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b_o \cdot d$$

tetapi tidak boleh kurang dari :



$$V_c = 1/3 \sqrt{f_c'} b_o d$$

dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

Contoh Perhitungan :

- Keliling Penampang Kritis

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2 (h_k + d)$$

$$b_o = 2 (600 + 882) + 2 (600 + 882) = 5928 \text{ mm}$$

- Cek Kuat Geser Pons

$$V_{c1} = (1 + 2/1) (\sqrt{35} / 6) \times 5928 \times 882$$

$$= 15466099.74 \text{ N} = 1546.6 \text{ ton}$$

$$V_{c2} = 1/3 \times \sqrt{35} \times 5928 \times 882$$

$$= 10310733 \text{ N} = 1031.1 \text{ ton} \quad (\text{menentukan})$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 1031.1 = 618.66 \text{ ton} > P_u = 480.38 \text{ ton}$$

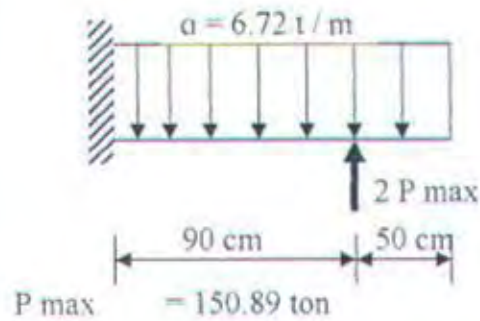
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.

8.4.6.3 Penulangan Lentur Poer

Pada penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q. perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



• Penulangan Arah X



$$q = 2.4 \times 2.8 \times 1.0 = 6.72 \text{ t/m}$$

Momen-momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= [2 \times 150.89 \times 0.9] - [\frac{1}{2} \times 6.72 \times 1.4^2] \\ &= 264.47 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{264.47 \times 10^7}{0.8 \times 2800 \times 882^2} = 1.517 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{320}{0.85 \times 35} = 10.76$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{10.76} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.76 \times 1.517}{320}} \right] \\ &= 0.0018 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho = 0.0044$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= 0.0044 \times 2800 \times 882 \\ &= 10866.24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 14 D 32 ($A_s = 11259.5 \text{ mm}^2$)

Jarak pemasangan tulangan :



$$P = 2345.07 \text{ ton}$$

$$M_x = 3.66 \text{ ton m}$$

$$M_y = 18.32 \text{ ton m}$$

$$H_x = 8.47 \text{ ton}$$

$$H_y = 14.79 \text{ ton}$$

8.5.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik pada lampiran. Dari grafik perhitungan daya dukung ijin 1 tiang hasil SPT, maka didapat kedalaman pemancangan $H = 28.0 \text{ m}$, dimana P ijin 1 tiang = 150.89 ton .

8.5.2 Perhitungan Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

Direncanakan jumlah tiang pancang = 25

Direncanakan dimensi Poer $9.5 \times 8.7 \times 2 \text{ m}$

Jarak dari antar As => Arah x = 1.6 m

Arah y = 1.44 m

Jarak tepi ke tepi poer

$$s_1 = 0.75 \text{ m}$$

8.5.3 Kekuatan Tiang Pancang Dalam Kelompok

$$P_{\text{ijin 1 tiang tunggal}} = 150.89 \text{ ton}$$

$$D = 50 \text{ cm}$$

$$s = 160 \text{ cm}$$

$$m = 5$$



$$n = 5$$

maka :

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \\ &= 1 - \frac{\text{arc.tg}(0.5/1.6)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{5} - \frac{1}{5} \right) = 0.69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin group}} &= 25 \times 150.89 \times 0.69 \\ &= 2608 \text{ ton} > P = 2345.07 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

8.5.4 Kontrol Beban Maksimum Tiang

$$\Sigma P_u = 2345.07 + (2.4 \times 9.5 \times 8.7 \times 2)$$

$$= 2741.79 \text{ ton}$$

$$\Sigma X^2 = 10 \times 1.44^2 + 10 \times 2.88^2 = 103.68 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = (10 \times 1.6^2) + (10 \times 3.2^2) = 128 \text{ m}^2$$

$$X_{\text{max}} = 2.88 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 3.2 \text{ m}$$

$$n = 25 \text{ buah}$$

Shearwall arah X

$$P_{\text{max}} = \frac{\Sigma P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\Sigma Y^2} \leq \bar{P}_{\text{ult.}}$$

$$= \frac{2345.07}{25} + \frac{3.66 \times 3.2}{128} + \frac{18.32 \times 2.88}{103.68}$$

$$= 94.4 \text{ ton} < P_{\text{ijin 1 tiang}} = 150.89 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK}$$



8.5.5 Kontrol Kekuatan Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Diketahui gaya-gaya horisontal yang bekerja adalah :

$$H_x = 8.47 \text{ ton}$$

$$H_y = 14.79 \text{ ton}$$

$$H_o = \sqrt{8.47^2 + 14.79^2} = 17.04 \text{ ton (untuk 25 tiang)}$$
$$= 0.68 \text{ ton (untuk 1 tiang)}$$

$$C_u = 10 \text{ N (korelasi Terzaghi & Peck untuk tanah lempung berlanau)}$$
$$= 10 \times 17.9 = 179 \text{ Kpa} = 1.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0.5 C_u = 0.895 \text{ kg/cm}^2 = 8.95 \text{ ton/m}^2$$

$$F = \frac{H_o}{9 \times C_r \times D} = \frac{0.67}{9 \times 8.95 \times 0.50} = 0.017 \text{ m}$$

$$L_1 = F + 1.5 D = 0.017 + 1.5 \times 0.50 = 0.767 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 0.788 = 1.68 \text{ m} < \text{panjang tiang} = 23 - 1 = 22 \text{ m}$$

Berarti tiang pancang tersebut merupakan tiang panjang

Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$H_{o \text{ 1 tiang}} = 9 \times C_u \times D \times (L_1 - 1.5D)$$
$$= 9 \times 17.9 \times 0.5 \times (0.767 - 1.5 \times 0.50)$$
$$= 1.37 \text{ ton} > H_{o \text{ terjadi}} = 0.68 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{Ok !}$$

Momen yang terjadi :

$$M_{\text{ult yang terjadi}} = H_o \times (1.5 D + 0.5 F)$$
$$= 0.68 \times (1.5 \times 0.50 + 0.5 \times 0.788)$$
$$= 0.77 \text{ tm} < M_{\text{ult tiang}} = 34.00 \text{ tm} \dots \dots \dots \text{OK}$$
$$< M_{\text{crack}} = 17.00 \text{ tm} \dots \dots \dots \text{OK}$$



8.6 PERHITUNGAN SLOOF

Struktur sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antara pondasi yang satu dengan yang lainnya dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi :

B.berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom dan beban akibat uplift tanah

8.6.1 Data-Data Perencanaan Poer

Data-data perencanaan perhitungan sloof didasarkan pada beban maksimum yang bekerja pada pondasi, dimana pada perencanaan RSUD DR. Soetomo ini perencanaan sloof dibedakan menjadi dua, yaitu sloof yang menghubungkan pondasi shearwall-kolom dan sloof yang menghubungkan pondasi kolom-kolom.

Pada perhitungan ini dipakai sloof yang menghubungkan pondasi kolom ke kolom, sedangkan sloof yang menghubungkan pondasi dari kolom ke shearwall dapat dilihat pada lampiran.

Data-data perencanaan sloof dari kolom ke kolom adalah sebagai berikut :

$$P_u = 480.38 \text{ ton}$$

- $P_u = 480.38 \times 10\% = 48.04 \text{ ton}$
- Panjang sloof $L = 5.20 \text{ m}$
- Mutu beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu baja $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- Decking $d_c = 50 \text{ mm}$
- Diameter tulangan utama = 25 mm



- Diameter sengkang = 10 mm
- tinggi sloof h = 500 mm
- tinggi efektif = $500 - 50 - 10 - (\frac{1}{2} \cdot 25) = 427.5$ mm

8.6.2 Dimensi Sloof

Pada perencanaan sloof ini, penulis mengambil ukuran sloof berdasarkan sloof yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya normal terbesar, yaitu $P_u = 480.38$ ton

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar :

$$f_r = f_{ct} = 0.70 \sqrt{f_c'} = \frac{N_u}{0.8 \cdot b \cdot h} \quad (\text{PB 89 psl. 9.5.2.3})$$

maka perhitungannya adalah :

- Tegangan tarik ijin :

$$f_r = 0.70 \sqrt{35} = 4.14 \text{ MPa}$$

- Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{48.04 \times 10^4}{0.8 \times b \times 500} = \frac{1201}{b}$$

maka :

$$4.14 = \frac{1201}{b}$$

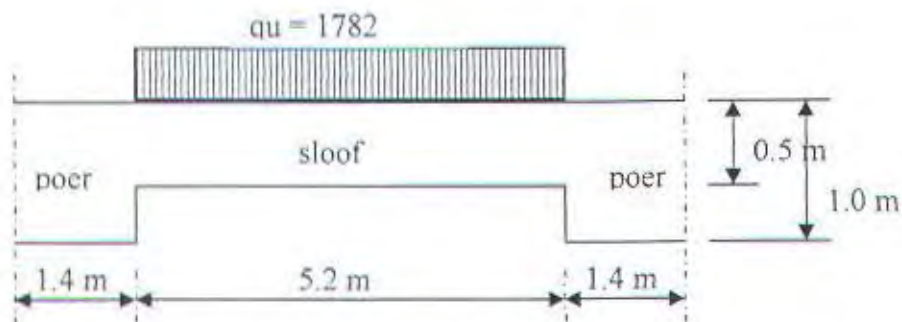
$$b = 290.1 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

jadi dimensi yang dipakai adalah 300 mm x 500 mm

8.6.3 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan pada kolom. Adapun beban pada sloof adalah :

- Berat sendiri sloof = $0.3 \times 0.5 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$
- Beban tembok = $250 \times 4.5 = 1125 \text{ kg/m}$
- $q_u = 1.2 \times (360 + 1125) = 1782 \text{ kg/m}$



Gb.7.3. Pembebanan pada sloof.

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \cdot q_u \cdot l^2 \\ &= 1/12 \times 1782 \times 3^2 \\ &= 1336.5 \text{ kg m} \end{aligned}$$

Rasio tulangan pakai :

$$k_y = \frac{P_u}{A_g} = \frac{48.04 \times 10^4}{300 \times 500} = 3.20$$

$$k_x = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{1336.5 \times 10^4}{300 \times 500 \times 500} = 0.18$$



Dari diagram interaksi M-N F320-35-0.8-2, didapat $\rho = 1\%$

Luas tulangan perlu :

$$\begin{aligned} A_s &= 0.01 \times 300 \times 500 \\ &= 1500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai :

Dipasang tulangan 4 D 25 ($A_s = 1963.5 \text{ mm}^2$)

8.6.4 Penulangan Geser Sloof

Geser yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l \\ &= \frac{1}{2} \times 1782 \times 3 \\ &= 2673 \text{ kg} = 26222.13 \text{ N} \end{aligned}$$

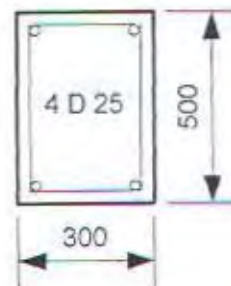
$$\begin{aligned} V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \times \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 427.5 \times \left[1 + \frac{48.04 \times 10^4}{14 \times 300 \times 500} \right] \\ &= 310769.1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.6 \times 310769.1 \\ &= 186461.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_u < \phi V_c$,

maka tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan praktis $\phi 10 - 150$.





BAB IX
PELAKSANAAN



BAB IX

TAHAP PELAKSANAAN

9.1 UMUM

Tahapan pelaksanaan menjadi kriteria yang penting dalam penggunaan elemen beton pracetak. Efisiensi dalam tahap pelaksanaan ini akan sangat mempengaruhi terhadap hasil akhir dari proyek tersebut. Untuk itu penting kiranya bagi penulis untuk menyajikan tahapan-tahapan pelaksanaan beton pracetak ini di lapangan.

Pada prinsipnya pelaksanaan beton pracetak dalam pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibagi menjadi bagian – bagian item pekerjaan. Dalam produksi material beton pracetak, ada 2 (dua) proses pekerjaan yang dapat dilaksanakan, yaitu

1. Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri Pracetak

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul
- c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik

2. Proses pencetakan di lapangan/lokasi proyek

Untuk proses yang kedua, hal-hal yang perlu untuk dipertimbangkan adalah :

- a. Proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek lokal



- b. Umur daripada proses produksi pencetakan disesuaikan dengan usia proyek
- c. Proses ini lebih disukai bila dimungkinkan untuk dilaksanakan dikarenakan standarisasi hasil pencetakan disesuaikan dengan keperluan proyek

9.2 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.

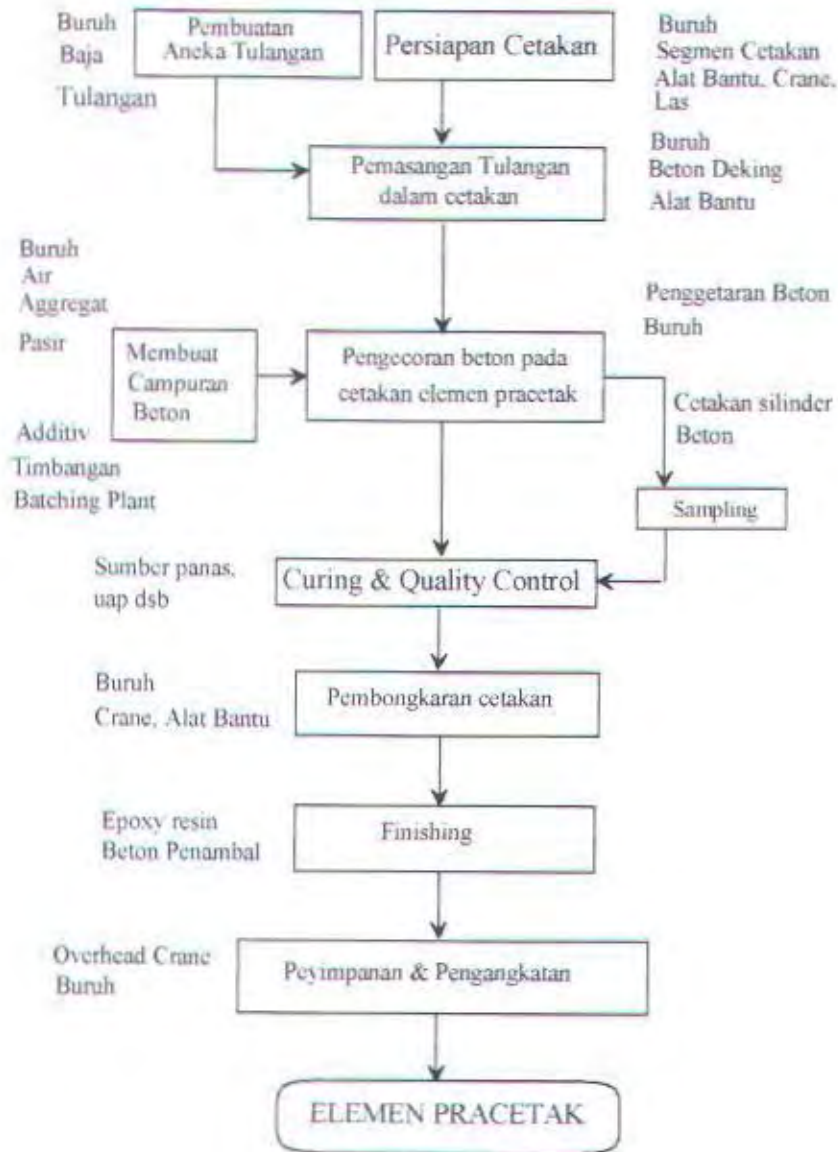
Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20% - 60% dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih umur 3 – 7 hari pada suhu kamar.

Adapun syarat dari cetakan elemen beton pracetak adalah :

1. Volume dari cetakan stabil untuk pencetakan berulang
2. Mudah ditangani dan tidak bocor
3. Mudah untuk dipindahkan, khusus untuk pelaksanaan pengecoran di lapangan/proyek.

Setelah pembongkaran bekisting, dilakukan finishing elemen beton pracetak.

Proses produksi beton pracetak akan dijelaskan dengan bagan berikut ini :



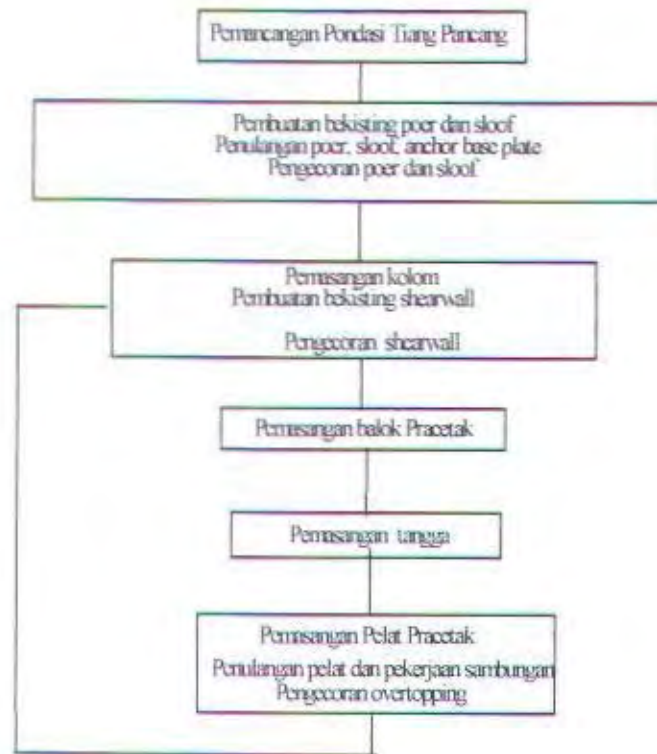
Bagan 9.1. Skema proses produksi elemen beton pracetak



9.3 PROSES PEMASANGAN DAN PERAKITAN ELEMEN BETON PRACETAK

Secara garis besarnya tahapan-tahapan pelaksanaan proses pemasangan dan perakitan elemen beton pracetak (bagan 8.2) adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan tiang pancang
2. Pekerjaan poer
3. Pekerjaan sloof
4. Pemasangan kolom
5. Pekerjaan Shearwall
6. Pemasangan elemen balok
7. Pemasangan elemen tangga
8. Pemasangan elemen pelat
9. Pemasangan besi jaring pada pelat
10. Pengecoran sambungan antara elemen pracetak dan overtopping.



Gb. 9.2. Bagan Tahapan-tahapan Pemasangan Elemen Beton Pracetak

9.3.1. Pekerjaan Tiang pancang

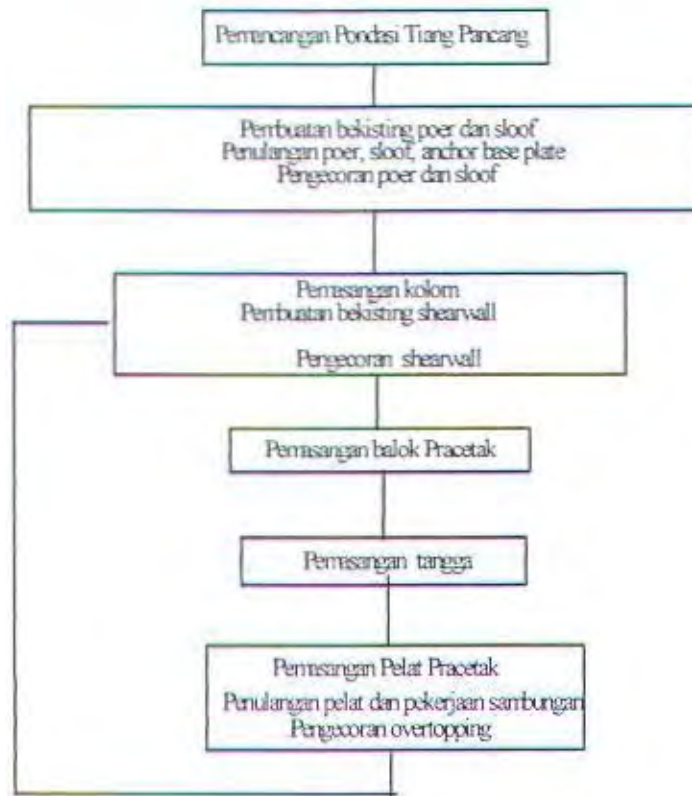
Alat-alat pemancangan :

1. Crane
2. Mesing Pemancang
3. Theodolith

9.3.2. Pekerjaan Poer

Adapun langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut :

1. Penggalian Poer
2. Pembuatan lantai kerja poer



Gb. 8.2. Bagan Tahapan-tahapan Pemasangan Elemen Beton Pracetak

9.4.1. Pekerjaan Tiang pancang

Alat-alat pemancangan :

1. Crane
2. Mesing Pemancang
3. Theodolith

9.4.2. 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

9.4.3. 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

9.4.4. Pekerjaan Kolom

Adapun langkah-langkah pemasangan kolom sebagai berikut :

1. Pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer dan sloof
2. kolom diangkat dari tempat penyimpanan kelokasi akhir
3. Setelah pengaturan ketepatan posisi kolom dilanjutkan dengan pemasangan kolom pada base plate .

9.4.5. Pemasangan Elemen Balok Pracetak

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulangan utama pada balok



yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.

9.4.6. Pemasangan Elemen 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 tulanga 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

Untuk masalah non struktural dan jaringan utilitas seperti dinding partisi, dinding perimeter, plafond, fasilitas mekanikal elektrikal tidak dibahas

9.5 TRANSPORTASI KOMPONEN BETON PRACETAK

9.5.1. Sistem Transportasi

Sistem transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak diareal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Pemilihan jenis, ukuran dan kapasitas alat angkut dan angkat seperti truk, mobile-crane dan tower-crane akan sangat mempengaruhi ukuran komponen beton pracetaknya. Untuk tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem atau tempel. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2.4 m x 16



m atau 2.4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk balok tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk tempel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Kendala yang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis truk adalah kondisi jalan yang akan dilalui meliputi kekuatan jalan, lebar jalan, fasilitas untuk menikung/memutar dan lain-lain. Diareal pabrikasi dan lokasi proyek juga diperlukan saran untuk pemindahan komponen beton pracetak yang biasa mempergunakan mobile-crane, rail-crane, gantry atau tower-crane. Tersedianya alat angkat ini juga akan mempengaruhi ukuran dari komponen beton pracetaknya.

9.5.2. Jadwal Pengangkutan atau pemindahan Komponen Beton Pracetak

Dalam jadwal pengangkutan/pemindahan perlu dipertimbangkan beberapa hal-hal sebagai berikut :

1. Ijin penggunaan jalan utama untuk mobil jenis truk yang diperbolehkan untuk dilewati ke areal proyek
2. Tersedianya peralatan angkat mobile-crane atau tower-crane yang siap pakai untuk menurunkan/menaikkan komponen beton pracetak dari dan ke alat angkut baik di areal pabrik maupun di lokasi proyek

9.5.3 Penempatan Crane

Crane digunakan untuk mengangkat elemen pracetak yang baru didatangkan dari pabrik ataupun dari tempat penyimpanan menuju posisi akhir di lokasi bangunan.

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. Kolom 60 x 60 | $W = 0.60 \times 0.60 \times 4.5 \times 2400$ | $= 3888 \text{ kg}$ |
| 2. Balok anak 40 x 46 | $W = 0.40 \times 0.46 \times 7.2 \times 2400$ | $= 3179.52 \text{ kg}$ |
| 3. Balok induk 45 x 61 | $W = 0.45 \times 0.61 \times 8.0 \times 2400$ | $= 5270.40 \text{ kg}$ |
| 4. Pelat type A | $W = 0.08 \times 4.0 \times 7.2 \times 2400$ | $= 5529.60 \text{ kg}$ |
| 5. Pelat type B | $W = 0.08 \times 4.0 \times 4.8 \times 2400$ | $= 3686.40 \text{ kg}$ |

Untuk mengangkat beban maksimum 5529.60 kg maka jangkauan lengan crane maksimum adalah 33 m.

Untuk menjangkau keseluruhan areal konstruksi , maka direncanakan menggunakan 2 crane dengan penempatan seperti tampak pada gambar berikut.



Gb 9.1 Denah Peletakan Crane



BAB X
PENUTUP



BAB X

PENUTUP

Dengan manajemen konstruksi yang profesional akan banyak di dapat 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 perancangan struktur yang telah dilakukan, ada hal yang perlu diutarakan dalam bagian penutup ini adalah

1. Pemanfaatan elemen pracetak dapat dibuat mendekati sifat monolit dari pekerjaan yang dilakukan dengan sistem cor setempat, dengan pemilihan sambungan yang disesuaikan dengan keadaan dari struktur yang direncanakan, misalkan lokasi zone gempa dari gedung yang ditinjau, analisa struktur dari gedung dan lainnya
2. Sistem pracetak dapat dipergunakan pada berbagai permodelan struktur salah satunya permodelan sebagai Building Frame Sytem 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. Perlunya adanya peraturan yang baku mengenai teknologi pracetak di Indonesia sehingga teknologi pracetak dapat lebih banyak diterapkan.
2. Perlunya pembaruan secara continue tentang gedung tahan gempa yang sesuai dengan standar internasional yang berlaku saat ini.
3. Riset dan pengembangan Teknologi Pracetak perlu ditingkatkan untuk memasyarakatkan sistem Pracetak pada Jasa Konstruksi di Indonesia.
4. Asosiasi Ikatan Ahli Pracetak Indonesia diharapkan lebih banyak memberikan pelatihan bagi seluruh komponen Jasa Konstruksi di Indonesia untuk mengenalkan sistem Pracetak secara luas kepada masyarakat .
5. 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.
6. Demi efektifitas dan efisiensi dari metode pracetak, pembatasan jumlah elemen seragam yang dibuat perlu diperhatikan.
7. 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 precast yang terlalu lama.

Demikian perancangan Gedung RSUD DR Soetomo ini semoga bermanfaat bagi pembaca.



DAFTAR PUSTAKA

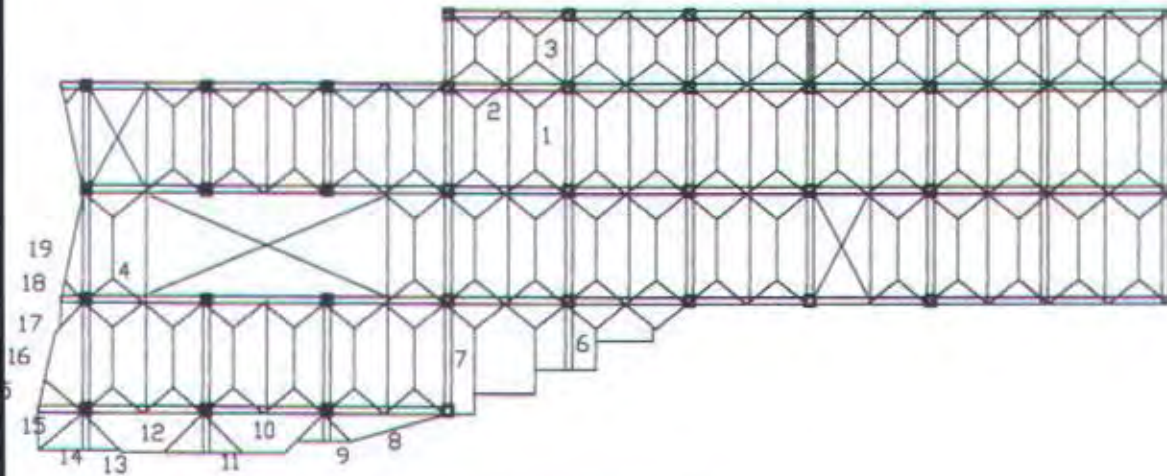
DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum. 1991. SK SNI T-15-1991-03. " **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung** " , Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
2. Uniform Building Code 1997
3. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. " **Buku Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung** " , Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.
4. **Portland Cement Association**. " Design Of Concrete Building For Earthquake and Wind Forces " , Fanella A David
5. John Wiley & Sons, Inc , Seismic Design Of Reinforced Concrete And Masonry Building , Paulay,T, Priestley,M.J.N
6. Departemen Pekerjaan Umum. 1983, " **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung** " , Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.
7. Departemen Pekerjaan Umum. 1987. " **Pedoman Perencanaan Bangunan Baja untuk Gedung** " , Penerbit Yayasan Badan Penerbit PU.
8. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon. 1990. " **Disain Beton Bertulang 1 & 2** " , Penerbit Erlangga, Jakarta.
9. Dr.Edward G.Nawy, P.E. 1990. " **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar** " , Penerbit PT.ERESCO, Bandung.

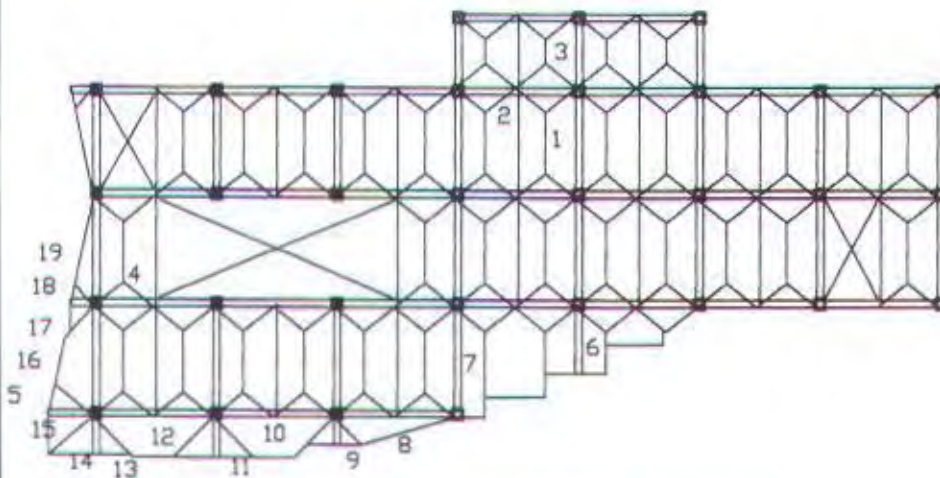
10. Ir. Aman Subakti. . " **Diktat Mata Kuliah Gempa** " , Jurusan Teknik Sipil ITS
11. W.C. Vis, Gideon Kusuma. 1994. " **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang 1 & 2** " , Penerbit Erlangga, Jakarta.
12. Jurusan Teknik Sipil ITS 1997. " **Tabel, Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Konstruksi Beton Berdasarkan SNI 1993** " , Kursus Singkat Perencanaan Konstruksi Beton Berdasarkan SNI 1993
13. PCI. 1988. " **Design And Typical Details Of Connections For Precast And Prestressed Concrete** " , PCI Committe on Connection Details, Chicago.
14. PCI. 1988. " **PCI Design Handbook Precast And Prestressed Concrete** " , PCI Industry Hanbook Committee, Chicago.
15. J.E. Bowles. 1982. " **Foundation Analysis And Design** " , International Student Edition.
16. Herman Wahyudi. 1993. " **Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Hasil dari Beberapa Percobaan Penetrasi , Pressiometer & Aplikasinya** " , Teknik sipil ITS, Surabaya.



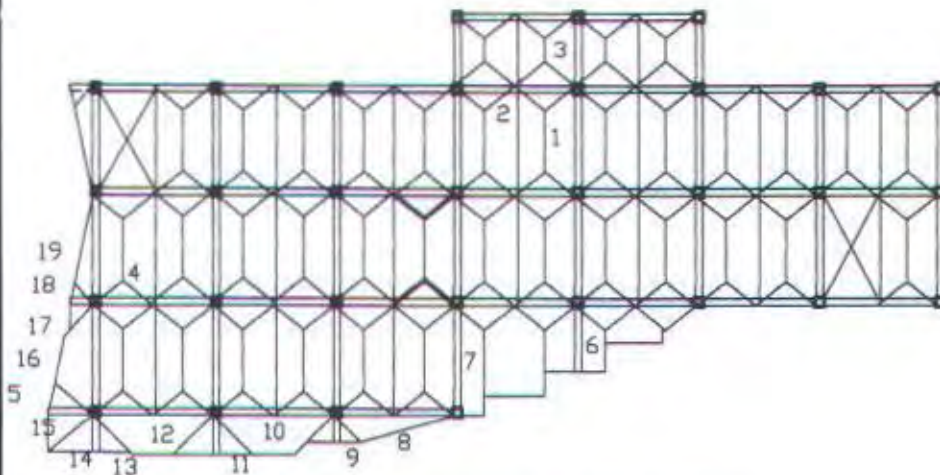
LAMPIRAN



DENAH PEMBEBANAN TRYBUTARY AREA
PADA BALOK LANTAI 1-3



DENAH PEMBEBANAN TRYBUTARY AREA
PADA BALOK LANTAI 4-7



DENAH PEMBEBANAN TRYBUTARY AREA
PADA BALOK LANTAI 8

Tributary Area Balok Induk

I. Bentuk-bentuk pembebanan pada balok

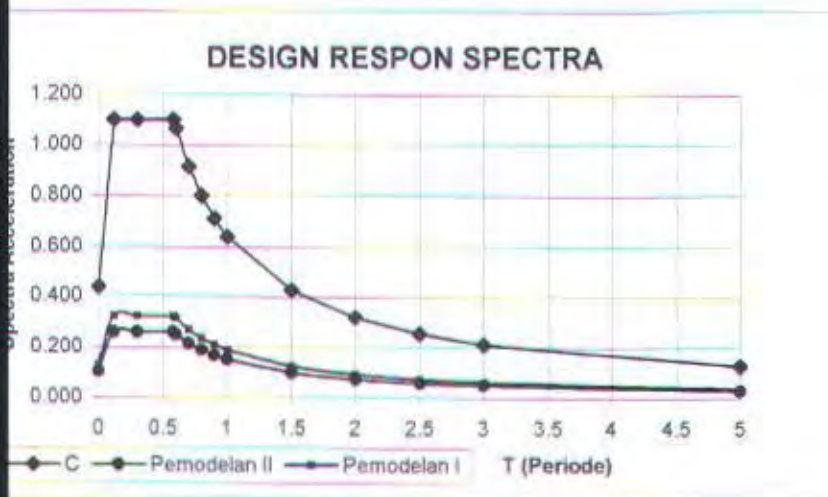
No	Bentuk Pembebanan	Ket
1		Ly = 7.2m Lx = 2m
2		Ly = 8m Lx = 2m
3		Ly = 4.8m Lx = 2m
4		Ly = 8m Lx = 2m
5		Ly = 3m Lx = 2.1m
6		Ly = 3.2m Lx = 2m
7		Ly = 7.2m Lx = 2m
8		Ly = 8m Lx = 1.8m
9		Ly = 1.8m Lx = 1.8m
10		Ly = 8m Lx = 2.6m
11		Ly = 2.6m Lx = 2.6m
12		Ly = 8m Lx = 2.6m
13		Ly = 2.5m Lx = 2.5m
14		Ly = 2.5m Lx = 3m
15		Ly = 3m Lx = 2.5m
16		Ly = 7.2m Lx1 = 2.5m Lx2 = 1.85m
17		Ly = 1.5m Lx = 1.5m
18		Ly = 1.5m Lx = 1.4m
19		Ly = 7.2m Lx = 1.1m

II. Perhitungan beban (q) pada balok induk

No	Lokasi	Jenis Pembebanan			Bentuk		qx			
		q	B.Mati kg/m ²	B.Hidup kg/m ²	beban		Mati (kg/m)		Hidup (kg/m)	
					I	II	I	II	I	II
1	Lantai 1 - 7	q1	519	250	1	1	1038	1038	500	500
		q2	519	250	2	2	1038	1038	500	500
		q3	519	250	3	3	1038	1038	500	500
		q4	519	250	1	-	1038	-	500	-
		q5	519	250	3	-	1038	-	500	-
		q6	519	250	2	-	1038	-	500	-
		q7	519	250	2	-	1038	-	500	-
		q8	519	250	2	4	1038	1038	500	500
		q9	519	250	6	6	1038	1038	500	500
		q10	519	250	2	8	1038	934	500	450
		q11	519	250	2	10	1038	1349	500	650
		q12	519	250	2	12	1038	1349	500	650
		q13	519	250	1	16	1038	1298,960.2	500	625,463
		q14	519	250	1	19	1038	571	500	275
		q15	519	250	1	7	1038	1038	500	500
		q16	519	250	9	9	934	934	450	450
		q17	519	250	11	11	1349.4	1349	650	650
		q18	519	250	13	14	1297.5	1557	625	750
		q19	519	250	15	5	1297.5	1090	625	525
		q20	519	250	17	18	778.5	727	375	350
		q21	519	250	-	19	-	571	-	275
		q22	519	250	-	18	-	727	-	350
2	Lantai Atap	q1	475	100	1	1	950	950	200	200
		q2	475	100	2	2	950	950	200	200
		q3	475	100	3	3	950	950	200	200
		q4	475	100	1	-	950	-	200	-
		q5	475	100	3	-	950	-	200	-
		q6	475	100	2	-	950	-	200	-
		q7	475	100	2	-	950	950	200	200
		q8	475	100	2	4	950	950	200	200
		q9	475	100	6	6	950	950	200	200
		q10	475	100	2	8	950	855	200	180
		q11	475	100	2	10	950	1235	200	260
		q12	475	100	2	12	950	1235	200	260
		q13	475	100	1	16	950	1188,879	200	250,185
		q14	475	100	1	19	950	523	200	110
		q15	475	100	1	7	950	950	200	200
		q16	475	100	9	9	855	855	180	180
		q17	475	100	11	11	1235	1235	260	260
		q18	475	100	13	14	1187.5	1425	250	300
		q19	475	100	15	5	1187.5	998	250	210
		q20	475	100	17	18	712.5	665	150	140
		q21	475	100	-	19	-	523	-	110
		q22	475	100	-	18	-	665	-	140

BEL Nilai C Pada Gempa Dinamis

	C	C/R	Value1	Value2
0	0.4400	0.0800	0.1040	0.1300
16	1.1000	0.2000	0.2600	0.3250
3	1.1000	0.2000	0.2600	0.3250
82	1.1000	0.2000	0.2600	0.3250
6	1.0667	0.1939	0.2521	0.3152
7	0.9143	0.1662	0.2161	0.2701
8	0.8000	0.1455	0.1891	0.2364
9	0.7111	0.1293	0.1681	0.2101
	0.6400	0.1164	0.1513	0.1891
5	0.4267	0.0776	0.1008	0.1261
	0.3200	0.0582	0.0756	0.0945
5	0.2560	0.0465	0.0605	0.0756
	0.2133	0.0388	0.0504	0.0630
	0.1280	0.0233	0.0303	0.0378



DL DRIFT ANTAR TINGKAT

Dengan ShearWall

Δs (cm)	drift (cm)	Kontrol	ΔM (cm)	drift (%m)	Kontrol
5.882	0.888	ok	22.6457	3.4138	ok
4.994	0.911	ok	19.2269	3.50735	ok
4.083	0.911	ok	15.71955	3.50735	ok
3.172	0.876	ok	12.2122	3.3726	ok
2.296	0.801	ok	8.8396	3.08385	ok
1.495	0.684	ok	5.75575	2.6334	ok
0.811	0.522	ok	3.12235	2.0097	ok
0.289	0.289	ok	1.11265	1.11265	ok
	syarat<	1.636		syarat<	9.000

Δs	drift	Kontrol	ΔM	drift	Kontrol
9.103	1.533	ok	35.04655	5.90205	ok
7.570	1.528	ok	29.1445	5.8828	ok
6.042	1.483	ok	23.2617	5.70955	ok
4.559	1.384	ok	17.55215	5.3284	ok
3.175	1.221	ok	12.22375	4.70085	ok
1.954	0.984	ok	7.5229	3.7884	ok
0.970	0.677	ok	3.7345	2.60645	ok
0.293	0.293	ok	1.12805	1.12805	ok
	syarat<	1.636		syarat<	9

Pemodelan 1 Tanpa ShearWall

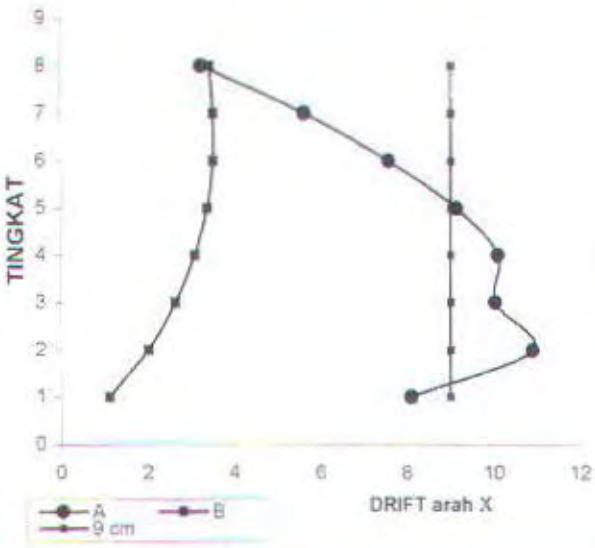
Arah U1

Tingkat	Δs (cm)	drift (cm)	Kontrol	ΔM (cm)	drift (cm)	Kont
8	16.791	0.841	ok	64.64535	3.23785	ok
7	15.950	1.456	ok	61.4075	5.6056	ok
6	14.494	1.967	not ok	55.8019	7.57295	ok
5	12.527	2.372	not ok	48.22895	9.1322	not
4	10.155	2.62	not ok	39.09675	10.087	not
3	7.535	2.604	not ok	29.00975	10.0254	not
2	4.931	2.83	not ok	18.98435	10.8955	not
1	2.101	2.101	not ok	8.08885	8.08885	ok
		syarat<	1.636 cm		syarat<	9 c

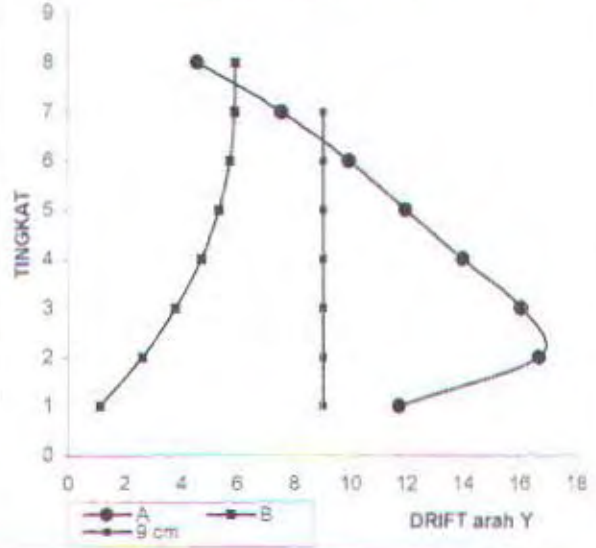
Arah U2

Tingkat	Δs	drift	Kontrol	ΔM	drift	Kont
8	23.984	1.184	ok	92.3384	4.5584	ok
7	22.800	1.957	not ok	87.78	7.53445	ok
6	20.843	2.578	not ok	80.24555	9.9253	not
5	18.265	3.103	not ok	70.32025	11.94655	not
4	15.162	3.625	not ok	58.3737	13.95625	not
3	11.537	4.167	not ok	44.41745	16.04295	not
2	7.370	4.327	not ok	28.3745	16.65895	not
1	3.043	3.043	not ok	11.71555	11.71555	not
		syarat<	1.636		syarat<	9

KONTROL DRIFT ANTAR TINGKAT SEBELUM & SESUDAH ADA SHEARWALL



KONTROL DRIFT ANTAR TINGKAT SEBELUM & SESUDAH ADA SHEARWALL



Keterangan
 A = Drift setelah ada shearwall
 B = Drift sebelum ada shearwall
 9 cm = syarat drift antar tingkat 9 cm

CANGAN PELAT

aan Tebal Pelat

= 14 cm analisa balok : * balok interior (balok 1
 = 320 MPa * balok ekterior (balok 2
 = 30 MPa

t : A1

at : 400 x 720 cm

= 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	αm	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	1	180	264	720	180	1.84	1322750.95	164640.00	8.03	18.07	3.34	12.90	19.00	9	OK
75	45	1	180	269	720	180	1.73	2739934.90	164640.00	16.64						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						

t : A2

at : 400 x 720 cm

= 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	αm	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	1	180	264	720	180	1.84	1322750.95	164640.00	8.03	17.51	3.42	12.90	19.00	9	OK
75	45	1	180	269	720	180	1.73	2739934.90	164640.00	16.64						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						

t : A3

at : 400 x 720 cm

= 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	αm	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	1	180	264	720	180	1.84	1322750.95	164640.00	8.03	17.29	3.46	12.90	19.00	9	OK
75	45	2	105	129	360	105	1.40	2221435.41	164640.00	13.49						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						

t: 400 x 720 cm
 = 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	1	180	264	720	180	1.84	1322750.95	164640.00	8.03	16.94	3.52	12.90	19.00	9	OK
75	45	1	180	269	720	180	1.73	2739934.90	164640.00	16.64						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						

t: A5
 400 x 720 cm
 = 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	1	180	264	720	180	1.84	1322750.95	164640.00	8.03	16.72	3.56	12.90	19.00	9	OK
75	45	2	105	129	360	105	1.40	2221435.41	164640.00	13.49						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						

t: A6
 400 x 720 cm
 = 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Chek
60	40	2	100	124	360	100	1.48	1062875.56	164640.00	6.46	16.55	3.59	12.90	19.00	9	OK
75	45	1	180	269	720	180	1.73	2739934.90	164640.00	16.64						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						

t: A7
 400 x 720 cm
 = 1.89

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	Is	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Chek
75	45	2	105	129	360	105	1.40	2221435.41	164640.00	13.49	16.33	3.63	12.90	19.00	9	OK
60	40	2	100	124	360	100	1.48	1062875.56	164640.00	6.46						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						

t : B1
 at : 400 x 480 cm
 = 1.22

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	ls	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Check
60	40	1	120	264	480	120	1.59	1142256.97	109760.00	10.41	19.28	2.89	9.38	14.41	9	OK
75	45	1	120	269	480	120	1.48	2344169.60	109760.00	21.36						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						

t : B2
 at : 400 x 480 cm
 = 1.22

h	b	Analisa	be1	be2	be3	be	k	lb	ls	α	α_m	h1	h2	h3	h4	Check
75	45	2	85	129	240	85	1.29	2037981.60	109760.00	18.57	18.58	2.98	9.38	14.41	9	OK
60	40	1	120	264	480	120	1.59	1142256.97	109760.00	10.41						
75	45	1	100	269	400	100	1.38	2177837.64	91466.67	23.81						
75	45	2	78.3	129	200	78	1.25	1971035.79	91466.67	21.55						

Kontrol Kekuatan Pelat

Lokasi	Ukuran Pelat	Jenis Penulangan	As ada mm ²	d	ρ	$\rho > \rho_{min}$	a (mm)	a < t	Mu (Kgm)	Mu > Mi
A. Sebelum Komposit										
Lantai 1-7	400 x 720	1. Lapangan								
		- arah x	785.00	55	0.0143	ok	9.85	ok	1006.30	ok
		- arah y	523.33	45	0.0116	ok	6.57	ok	558.89	ok
	400 x 480	1. Lapangan								
		- arah x	785.00	55	0.0143	ok	9.85	ok	1006.30	ok
		- arah y	523.33	45	0.0116	ok	6.57	ok	558.89	ok
Atap	400 x 720	1. Lapangan								
		- arah x	523.33	55	0.0095	ok	6.57	ok	692.86	ok
		- arah y	261.67	45	0.0058	ok	3.28	ok	290.44	ok
	400 x 480	1. Lapangan								
		- arah x	523.33	55	0.0095	ok	6.57	ok	692.86	ok
		- arah y	261.67	45	0.0058	ok	3.28	ok	290.44	ok
B. Sesudah Komposit										
Lantai 1-7	400 x 720	1. Lapangan								
		- arah x	261.67	115	0.0023	ok	3.28	ok	759.35	ok
		- arah y	261.67	105	0.0025	ok	3.28	ok	692.36	ok
		2. Tumpuan								
		- arah x	523.33	115	0.0046	ok	6.57	ok	1496.70	ok
		- arah y	392.50	105	0.0037	ok	4.93	ok	1030.29	ok
	400 x 480	1. Lapangan								
		- arah x	261.67	115	0.0023	ok	3.28	ok	759.35	ok
		- arah y	261.67	105	0.0025	ok	3.28	ok	692.36	ok
		2. Tumpuan								
		- arah x	523.33	115	0.0046	ok	6.57	ok	1496.70	ok
		- arah y	392.50	105	0.0037	ok	4.93	ok	1030.29	ok
Atap	400 x 720	1. Lapangan								
		- arah x	261.67	105	0.0025	ok	3.28	ok	692.36	ok
		- arah y	224.29	95	0.0024	ok	2.81	ok	537.38	ok
		2. Tumpuan								
		- arah x	392.50	105	0.0037	ok	4.93	ok	1030.29	ok
		- arah y	314.00	95	0.0033	ok	3.94	ok	747.81	ok
	400 x 480	1. Lapangan								
		- arah x	261.67	105	0.0025	ok	3.28	ok	692.36	ok
		- arah y	224.29	95	0.0024	ok	2.81	ok	537.38	ok
		2. Tumpuan								
		- arah x	392.50	105	0.0037	ok	4.93	ok	1030.29	ok
		- arah y	314.00	95	0.0033	ok	3.94	ok	747.81	ok

Detail Struktur Komposit

$\rho_{min} =$	0.002	
$\rho_{max} =$	0.033	
Atap	$d_y =$	45
	$d_x =$	55
Lantai	$d_y =$	45
	$d_x =$	55

Ukuran Pelat	Jenis Penulangan	Qu (kg/m ²)	d (mm)	X	Lx (m)	Momen (kgm)	Rn	ρ_{ada}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan		As
											D	Jrk	
00 x 720	Lapangan												
	- arah x	630.40	55	97.0	4	978.38	4.04	0.0138	0.0138	760.934	10	100	785.00
	- arah y	630.40	45	38.0	4	383.28	2.37	0.0078	0.0078	349.771	10	150	523.33
00 x 480	Lapangan												
	- arah x	630.40	55	60.4	4	609.22	2.52	0.0083	0.0083	456.455	10	100	785.00
	- arah y	630.40	45	44.8	4	451.87	2.79	0.0093	0.0093	416.431	10	150	523.33
00 x 720	Lapangan												
	- arah x	403.20	55	97.0	4	625.77	2.59	0.0085	0.0085	469.596	10	150	523.33
	- arah y	403.20	45	38.0	4	245.15	1.51	0.0049	0.0049	219.520	10	300	261.67
00 x 480	Lapangan												
	- arah x	403.20	55	60.4	4	389.65	1.61	0.0052	0.0052	286.079	10	150	523.33
	- arah y	403.20	45	44.8	4	289.01	1.78	0.0058	0.0058	260.330	10	300	261.67

Ukuran Pelat	Jenis Penulangan	Qu (kg/m ²)	d (mm)	x	Lx (m)	Momen (kgm)	Rn	ρ ada	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		As
											D	Jrk	
10 x 720	1. Lapangan												
	- arah x	1022.8	115	40	4	654.59	0.62	0.0020	0.0020	230.00	10	300	261.67
	- arah y	1022.8	105	12	4	196.38	0.22	0.0007	0.0020	210.00	10	300	261.67
	2. Tumpuan												
	- arah x	1022.8	115	83	4	1358.28	1.28	0.0041	0.0041	473.61	10	150	523.33
	- arah y	1022.8	105	57	4	932.79	1.06	0.0034	0.0034	354.53	10	200	392.50
10 x 480	1. Lapangan												
	- arah x	1022.8	115	32	4	517.13	0.49	0.0015	0.0020	230.00	10	300	261.67
	- arah y	1022.8	105	20	4	324.02	0.37	0.0012	0.0020	210.00	10	300	261.67
	2. Tumpuan												
	- arah x	1022.8	115	65	4	1063.71	1.01	0.0032	0.0032	368.73	10	150	523.33
	- arah y	1022.8	105	56	4	919.70	1.04	0.0033	0.0033	349.45	10	200	392.50
10 x 720	1. Lapangan												
	- arah x	730	115	40	4	467.20	0.44	0.0014	0.0020	230.00	10	300	261.67
	- arah y	730	105	12	4	140.16	0.16	0.0005	0.0020	210.00	10	350	224.29
	2. Tumpuan												
	- arah x	730	115	83	4	969.44	0.92	0.0029	0.0029	335.43	10	200	392.50
	- arah y	730	105	57	4	665.76	0.75	0.0024	0.0024	251.46	10	250	314.00
10 x 480	1. Lapangan												
	- arah x	730	115	32	4	389.088	0.35	0.0011	0.0020	230.00	10	300	261.67
	- arah y	730	105	20	4	231.264	0.26	0.0008	0.0020	210.00	10	350	224.29
	2. Tumpuan												
	- arah x	730	115	65	4	759.2	0.72	0.0023	0.0023	261.62	10	200	392.50
	- arah y	730	105	56	4	656.416	0.74	0.0024	0.0024	247.87	10	250	314.00

Lentur Pada Balok Anak

t pelat =	14 cm	diameter sengkang	10 mm
f_y =	320 MPa	diameter tulangan Lentur	22 mm
f_c =	30 MPa		
ρ_{min} =	0.0044		
ρ_{maks} =	0.0330		

Rekapitulasi Komposit

Pada Lantai 1-7

h (cm)	b (cm)	L (cm)	be (cm)	Daerah	Qu (kg/m)	Mu (kgm)	d (cm)	Rn	ρ_{ada}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan		
												D	Jlh	As pakai
46	40	720	180	- Lapangan	1769.57	17420.37	399	3.3545	0.01128	0.011282	1800.53	22	6	2279.64
46	40	720	180	- Lapangan	1155.6	13441.85	399	2.5884	0.00855	0.008547	1364.13	22	4	1519.76
46	40	480	120	- Lapangan	1729.3	10933.96	399	2.1055	0.00688	0.006876	1097.461	22	3	1139.82

Pada Atap

h (cm)	b (cm)	L (cm)	be (cm)	Daerah	Qu (kg/m)	Mu (kgm)	d (cm)	Rn	ρ_{ada}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan		
												D	Jlh	As pakai
46	40	720	180	- Lapangan	1302.16	14391.56	399	2.7713	0.00919	0.00919	1466.764	22	6	2279.64
46	40	720	180	- Lapangan	921.8	11926.82	399	2.2967	0.00753	0.007533	1202.296	22	4	1519.76
46	40	480	120	- Lapangan	1277.06	9631.49	399	1.8547	0.00602	0.006024	961.3539	22	3	1139.82

h (cm)	b (cm)	L (cm)	be (cm)	Daerah	Qu (kg/m)	Mu (kgm)	d (cm)	Rn	p ada	p pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		
												D	Jlh	As pakai
60	40	720	180	- Lapangan	2684.18	17393.49	539	1.8354	0.00596	0.005958	1284.624	22	4	1519.76
				- Tumpuan	2684.18	5797.83	539	0.6118	0.00194	0.004375	943.25	22	3	1139.82
60	40	720	180	- Lapangan	1687.69	10936.23	539	1.154	0.00369	0.004375	943.25	22	4	1519.76
				- Tumpuan	1687.69	3645.41	539	0.3847	0.00121	0.004375	943.25	22	3	1139.82
60	40	480	120	- Lapangan	2618.41	7541.02	539	0.7957	0.00253	0.004375	943.25	22	3	1139.82
				- Tumpuan	2618.41	2513.67	539	0.2652	0.00083	0.004375	943.25	22	3	1139.82

Pada Atap

h (cm)	b (cm)	L (cm)	be (cm)	Daerah	Qu (kg/m)	Mu (kgm)	d (cm)	Rn	p ada	p pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		
												D	Jlh	As pakai
60	40	720	180	- Lapangan	2113.66	13696.52	539	1.4453	0.00465	0.004652	1003.039	22	4	1519.76
				- Tumpuan	2113.66	4565.51	539	0.4818	0.00152	0.004375	943.25	22	3	1139.82
60	40	720	180	- Lapangan	1402.43	9087.75	539	0.959	0.00306	0.004375	943.25	22	4	1519.76
				- Tumpuan	1402.43	3029.25	539	0.3197	0.00101	0.004375	943.25	22	3	1139.82
60	40	480	120	- Lapangan	2066.71	5952.12	539	0.6281	0.00199	0.004375	943.25	22	3	1139.82
				- Tumpuan	2066.71	1984.04	539	0.2094	0.00066	0.004375	943.25	22	3	1139.82

diameter sengkang 10 mm
 diameter tulangan Lent 22 mm

Kondisi I : $V_u < V_c + 8\sqrt{f_c} b w d$
 Kondisi II : $V_u > \phi V_c$
 Kondisi III : $V_u > \phi V_c / 2$

Komposit

da Lantai 1-7

no	b (cm)	d (mm)	Qu (kg/m)	Vu (N)	Vc (N)	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Keterangan	s min (mm)	s pakai (mm)
6	40	399	1769.57	81337.8	145694	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175
6	40	399	1155.6	41601.6	145694	ok	$V_u < 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175
6	40	399	1729.3	62254.8	145694	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175

da Atap

no	b (cm)	d (mm)	Qu (kg/m)	Vu (N)	Vc (N)	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Keterangan	s1 (mm)	s pakai (mm)
6	40	399	1302.16	46877.8	145694	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175
6	40	399	921.8	33184.8	145694	ok	$V_u < 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175
6	40	399	1277.06	45974.2	145694	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	175

Komposit

da Lantai 1-7

no	b (cm)	d (mm)	Qu (kg/m)	Vu (N)	Vc (N)	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Keterangan	s1 (mm)	s pakai (mm)
0	40	560	2684.18	96630.5	204483	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250
0	40	560	1687.69	60756.8	204483	ok	$V_u < 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250
0	40	560	2618.41	94262.8	204483	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250

da Atap

no	b (cm)	d (mm)	Qu (kg/m)	Vu (N)	Vc (N)	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Keterangan	s1 (mm)	s pakai (mm)
0	40	560	2113.66	76091.8	204483	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250
0	40	560	1402.43	50487.5	204483	ok	$V_u < 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250
0	40	560	2066.71	74401.6	204483	ok	$V_u > 0.6 V_c / 2$	$V_u < 0.6 V_c$	pakai tul min	376.8	250

Dalam Pada Balok Induk

posit

Lx (m)	q Balok (kg/m)	jenis trib	q mati Pelat (kg/m ²)	q hidup Pelat (kg/m ²)	qu (kg/m)	P Beban Terpusat	Mu Lap (kg-m)	Vu (kg-m)
2.0	659	2	336	250	1326	9363	29334	9986
2.0	659	1	336	250	2304	0	6636	5530
2.0	659	1	336	250	2356	0	15265	8480
2.0	659	2	336	250	1326	9363	29334	9986
2.0	659	1	336	250	2356	0	15265	8480

ap)

Lx (m)	q Balok (kg/m)	jenis trib	q mati Pelat (kg/m ²)	q hidup Pelat (kg/m ²)	qu (kg/m)	P Beban Terpusat	Mu Lap (kg-m)	Vu (kg-m)
2.0	659	2	336	100	1166	9363	28054	9346
2.0	659	1	336	100	1852	0	5333	4444
2.0	659	1	336	100	1888	0	12234	6797
2.0	659	2	336	100	1166	9363	28054	9346
2.0	659	1	336	100	1888	0	12234	6797

Elemen ID	Momen Graftitasi			Momen Gempa			Momen Total			Vu	
	M tump i	M lap	M tump j	M tump i	M lap	M tump j	M tump i	M lap	M tump j	Vg	Ve
	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kg)	(Kg)
118	-37086	18202	-36199	-10183	2055	9921	-47269	20257	-26278	24166	2512
164	-10688	4612	-10699	13040	2227	-15042	2352	6839	-25741	11469	5850
163	-25076	13045	-24256	-10083	1399	9677	-35159	14444	-14579	19582	2745
120	-31165	13675	-30822	-9722	1861	9759	-40887	15536	-21063	18622	3657
157	-30407	12235	-14385	-8521	4244	171	-38928	16479	-14214	19908	4107

Elemen ID	Momen Graftitasi			Momen Gempa			Momen Total			Vu	
	M tump i	M lap	M tump j	M tump i	M lap	M tump j	M tump i	M lap	M tump j	Vg	Ve
	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kgm)	(Kg)	(Kg)
522	-39534	18754	32184	-18143	3384	18508	-57677	22138	50692	24901	4615
545	12476	2357	-29337	21945	4438	-26809	34421	6795	-56146	17168	10157
536	-25824	13290	-23648	-23601	4456	23266	-49425	17746	-382	19663	5789
518	-37056	14506	23271	-11347	1679	12489	-48403	16185	35760	20342	8234
549	-22706	8292	-8644	-14581	6972	908	-37287	15264	-7736	14643	9890

Balok Induk Sebelum Komposit

30 MPa
 320 MPa
 0.0044 mm
 0.0330 mm
 12.55
 10 mm
 25 mm

No	h (m)	b (m)	Analisa	d (mm)	Momen (kg-m)	Rn (MPa)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm²)	Tulangan		
										D	Jlh	As pakai
1	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	29334.33	2.72	0.0090	0.0090	2218	25	6	2943.75
2	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	6635.78	0.61	0.0019	0.0044	1084	25	3	1471.875
3	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	15264.84	1.41	0.0046	0.0046	1121	25	3	1471.875
4	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	29334.33	2.72	0.0090	0.0090	2218	25	6	2943.75
5	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	15264.84	1.41	0.0046	0.0046	1121	25	3	1471.875

No	h (m)	b (m)	Analisa	d (mm)	Momen (kg-m)	Rn (MPa)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm²)	Tulangan		
										D	Jlh	As pakai
6	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	28054.33	2.60	0.0086	0.0086	2116	25	6	2943.75
7	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	5333.30	0.49	0.0016	0.0044	1084	25	3	1471.875
8	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	12234.36	1.13	0.0036	0.0044	1084	25	3	1471.875
9	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	28054.33	2.60	0.0086	0.0086	2116	25	6	2943.75
10	0.75	0.45	Balok Persegi	547.5	12234.36	1.13	0.0036	0.0044	1084	25	3	1471.875

14 cm
 300 MPa
 30 MPa
 0.033
 0.004375
 10 mm
 25 mm

balok induk sebagai kolektor elemen = simbol C
 balok induk NLFERS = simbol B

h Lapangan

4

h balok (cm)	b balok (cm)	L (cm)	be1 (cm)	be2 (cm)	be3 (cm)	Analisa	be (cm)	d (mm)	Mu (kgm)	Rn	p	As perlu (mm ²)	Tulangan		
													D	Jlh	As p
75	45	800	200	269	800	Balok T palsu	200	687.5	20257	0.26	0.00083	1135	25	3	147
75	45	480	120	269	480	Balok T palsu	120	687.5	6839	0.15	0.00046	382	25	3	147
75	45	720	180	269	720	Balok T palsu	180	687.5	14444	0.21	0.00065	808	25	3	147
75	45	800	200	269	800	Balok T palsu	200	687.5	15536	0.20	0.00063	869	25	3	147
75	45	720	180	269	720	Balok T palsu	180	687.5	16479	0.24	0.00075	923	25	3	147

8

h balok (cm)	b balok (cm)	L (cm)	be1 (cm)	be2 (cm)	be3 (cm)	Analisa	be (cm)	d (mm)	Mu (kgm)	Rn	p	As perlu (mm ²)	Tulangan		
													D	Jlh	As p
75	45	720	180	269	720	Balok T palsu	180	687.5	22138	0.33	0.00102	1266	25	3	147
75	45	480	120	269	480	Balok T palsu	120	687.5	6795	0.15	0.00047	387	25	3	147
75	45	800	200	269	800	Balok T palsu	200	687.5	17746	0.23	0.00074	1013	25	3	147
75	45	800	200	269	800	Balok T palsu	200	687.5	16185	0.21	0.00067	923	25	3	147
75	45	720	180	269	720	Balok T palsu	180	687.5	15264	0.22	0.00070	871	25	3	147

Balok T palsu

4

n	As pakai mm ²	be cm	d mm	Cek ρ min		a mm	a < t	Mn	Mu > Ml
				ρ aktual	Ket				
	1471.88	200	687.5	0.004758	Ok	9.235294	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	120	687.5	0.004758	Ok	15.39216	Ok	2.56E+08	Ok
	1471.88	180	687.5	0.004758	Ok	10.26144	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	200	687.5	0.004758	Ok	9.235294	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	180	687.5	0.004758	Ok	10.26144	Ok	2.57E+08	Ok

8

n	As ada mm ²	be cm	d mm	Cek ρ min		a mm	a < t	Mn	Mu > Ml
				ρ aktual	Ket				
	1471.88	180	687.5	0.004758	Ok	10.26144	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	120	687.5	0.004758	Ok	15.39216	Ok	2.56E+08	Ok
	1471.88	200	687.5	0.004758	Ok	9.235294	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	200	687.5	0.004758	Ok	9.235294	Ok	2.57E+08	Ok
	1471.88	180	687.5	0.004758	Ok	10.26144	Ok	2.57E+08	Ok

1 Tumpuan

4

Tinjauan Momen Tumpuan		h balok (cm)	b balok (cm)	Analisa	Mu (kgm)	d (mm)	Rn	ρ ada	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		
											D	Jlh	As pakai
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	47269	687.5	2.725	0.0090	0.0090	2793	25	6	2943.75
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	25741	687.5	1.484	0.0048	0.0048	1479	25	4	1962.50
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	35159	687.5	2.027	0.0066	0.0066	2044	25	5	2453.13
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	40887	687.5	2.357	0.0077	0.0077	2395	25	5	2453.13
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	38928	687.5	2.244	0.0074	0.0074	2275	25	5	2453.13

8

Tinjauan Momen Tumpuan		h balok (cm)	b balok (cm)	Analisa	Mu (kgm)	d (mm)	Rn	ρ ada	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		
											D	Jlh	As pakai
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	57677	687.5	3.390	0.0114	0.0114	3530	25	8	3925.00
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	56146	687.5	3.300	0.0111	0.0111	3429	25	6	2943.75
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	49425	687.5	2.905	0.0097	0.0097	2990	25	7	3434.38
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	48403	687.5	2.845	0.0094	0.0094	2924	25	6	2943.75
-M tump i	negatif	75	45	Balok Persegi	37287	687.5	2.191	0.0072	0.0072	2218	25	8	3925.00

kan : diameter sengkang : 10 mm
 diameter tulangan Lentur : 25 mm

ser akibat D+L (Vg)

Ly (m)	Lx (m)	q Balok (kg/m)	jenis trib	q mati Pelat (kg/m ²)	q hidup Pelat (kg/m ²)	qu (kg/m)	P Beban Terpusat	Vg (kg-m)
8.0	2.0	659	2	519	250	1472	9363	10571
4.8	2.0	659	1	519	250	2718	0	6523
7.2	2.0	659	1	519	250	2784	0	10021

4

h (cm)	b (cm)	Ln (cm)	d (mm)	Cek Momen	a (mm)	Vg (N)	Mkap (Nmm)	Vu (N)	Vc1 (N)	Vs1 (N)	s1 (mm)	s max (mm)	s pakai (mm)
75	45	740	687.5	Me < Md	102.6144	108889	749117034	250614	0	417690	82.7	172	80
75	45	420	687.5	Me < Md	68.40959	67190	512836737	238135	0	396892	87.0	172	85
75	45	660	687.5	Me < Md	85.51198	103221	832655059	237420	0	395701	87.3	172	85

men gempa : Md = Momen Displacement

8

h (cm)	b (cm)	Ln (cm)	d (mm)	Cek Momen	a (mm)	Vg (N)	Mkap (Nmm)	Vu (N)	Vc1 (N)	Vs1 (N)	s1 (mm)	s max (mm)	s pakai (mm)
75	45	740	687.5	Me < Md	136.8192	108889	971971950	292776	0	487959	70.8	172	70
75	45	420	687.5	Me < Md	102.6144	67190	749117034	316895	0	528159	65.4	172	65
75	45	660	687.5	Me < Md	119.7168	103221	862222665	286117	0	476861	72.4	172	70

men gempa : Md = Momen Displacement

gan Geser Pada Balok Kolektor Elemen

geser akibat D+L (Vg)

Ly (m)	Lx (m)	q Balok (kg/m)	jenis trib	q mati Pelat (kg/m ²)	q hidup Pelat (kg/m ²)	qu (kg/m)	P Beban Terpusat	Vu (kg-m)
8.0	2.0	659	2	519	250	1472	9363	10571
7.2	2.0	659	1	519	250	2784	0	10021

4

h (cm)	b (cm)	a (mm)	Ln (cm)	d (mm)	Vg (N)	Mkap (Nmm)	Vu (N)	Vc (N)	Vs1 (N)	s1 (mm)	s max (mm)	s pakai (mm)
75	45	85.51	740	687.5	108889	629298713	227946	0	379909	90.9	172	90
75	45	85.51	660	687.5	103221	624264195	235641	0	392734	87.9	172	85

8

h (cm)	b (cm)	a (mm)	Ln (cm)	d (mm)	Vg (N)	Mkap (Nmm)	Vu (N)	Vc (N)	Vs1 (N)	s1 (mm)	s max (mm)	s pakai (mm)
75	45	102.61	740	687.5	108889	749117034	250614	0	417690	82.7	172	80
75	45	136.82	660	687.5	103221	971971950	309397	0	515661	67.0	172	65

Dimensi (cm)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		
	Daerah	Tul. Tarik	As (mm ²)	Tul. Tekan	As (mm ²)	Daerah	Tul. Pakai
45 x 75	Tumpuan	6D-25	2453.13	3D-25	1471.88	S1	Ø10-80
	Lapangan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.88	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	4D-25	1962.50	2D-25	981.25	S1	Ø10-85
	Lapangan	3D-25	1471.88	2D-25	981.25	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	5D-25	2453.13	3D-25	1471.88	S1	Ø10-85
	Lapangan	3D-25	1471.88	2D-25	981.25	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	5D-25	2453.13	3D-25	1471.88	S1	Ø10-90
	Lapangan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.88	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	5D-29	2453.13	3D-25	1471.88	S1	Ø10-85
	Lapangan	3D-25	1471.88	2D-25	981.25	S2	Ø10-150

Dimensi (cm)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		
	Daerah	Tul. Tarik	As (mm ²)	Tul. Tekan	As (mm ²)	Daerah	Tul. Pakai
45 x 75	Tumpuan	8D-25	3925	4D-25	1962.5	S1	Ø10-70
	Lapangan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.875	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.875	S1	Ø10-65
	Lapangan	3D-25	1471.875	2D-25	981.25	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	7D-25	3434.38	4D-25	1962.5	S1	Ø10-70
	Lapangan	3D-25	1471.875	2D-25	981.25	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.875	S1	Ø10-85
	Lapangan	6D-25	2943.75	3D-25	1471.875	S2	Ø10-150
45 x 75	Tumpuan	8D-29	3925	4D-25	1962.5	S1	Ø10-65
	Lapangan	3D-25	1471.875	2D-25	981.25	S2	Ø10-150

gan Nilai K

30 Mpa
 320 Mpa
 25742.96 Mpa
 4500 mm

elemen	ukuran (mm ²)	Ei (N-mm ²)
Balok	450x750	2.036E+14
Kolom	600x600	2.78E+14

Elemen Kolom	Ukuran kolom			ya	yb	K	K.Lu/r	KETERANGAN
	L (mm)	b (mm)	h (mm)					
K1	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K2	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K3	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K4	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K5	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K6	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K7	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek
K8	3750	600	600	2.18	1	0.82	17.08	kolom pendek

n Muk

Tinjauan kolom	Mkap Balok		L mm	Muk x (Nmm)	1.05 (Md+ML+4Me) (Nmm)	Muk y (Nmm)	1.05 (Md+ML+4Me) (Nmm)	Muk x (Nmm)	Muk y (Nmm)
	Arah x (Nmm)	Arah y (Nmm)							
KI1	9.72E+08	6.33E+08	4500	1.23E+09	5.39E+08	7.98E+08	4.32E+08	5.39E+08	4.32E+08
KE1	9.72E+08	6.33E+08	4500	1.23E+09	5.74E+08	3.99E+08	4.51E+08	5.74E+08	3.99E+08
KI 2	9.72E+08	6.33E+08	4500	1.59E+09	5.75E+08	1.04E+09	4.61E+08	5.75E+08	4.61E+08
KE2	9.72E+08	6.33E+08	4500	7.97E+08	6.21E+08	5.19E+08	4.82E+08	6.21E+08	4.82E+08
KI 4	9.72E+08	8.62E+08	4500	1.23E+09	6.42E+08	1.09E+09	5.01E+08	6.42E+08	5.01E+08
KE4	9.72E+08	8.62E+08	4500	1.23E+09	6.71E+08	7.07E+08	5.33E+08	6.71E+08	5.33E+08

n Nuk

Tinjauan kolom	Mkap Balok		Rv mm	Nuk x (N)	1.05 (Ngk+4Nek) (N)	Nuk y (N)	1.05 (Ngk+4Nek) (N)	Nuk x (N)	Nuk y (N)
	Arah x (Nmm)	Arah y (Nmm)							
KI1	9.72E+08	6.33E+08	0.983	5554343	8.25E+06	4836173.7	8.25E+06	5.55E+06	4.84E+06
KE1	9.72E+08	6.33E+08	0.983	4934843	7.65E+06	4836173.7	7.65E+06	4.93E+06	4.84E+06
KI 2	9.72E+08	6.33E+08	0.985	4892843	7.39E+06	4836429.9	7.39E+06	4.89E+06	4.84E+06
KE2	9.72E+08	6.33E+08	0.985	3527843	5.50E+06	4836429.9	5.50E+06	3.53E+06	4.84E+06
KI 4	9.72E+08	8.62E+08	0.998	1001543	9.75E+05	4874687.4	9.75E+05	9.75E+05	9.75E+05
KE4	9.72E+08	8.62E+08	0.998	863442.5	9.69E+05	4874687.4	9.69E+05	6.63E+05	9.69E+05

Perhitungan Lentur Kolom

$f_c' = 30$ Mpa KI = Kolom Interior
 $f_y = 320$ Mpa KE = Kolom Eksterior
 $E_c = 25743$ Mpa
 $E_s = 200000$ Mpa
 $\mu_{min} = 0.01$
 $\mu_{maks} = 0.08$

Jenis Kolom	Dimensi			Pn (N)	Momen		Mnx (N-mm)	Mny (N-mm)	Mn (N-mm)	Pu/Ag (Mpa)	Mn/Ag.h (Mpa)	μ	As perlu (mm ²)	tulangan pakai		
	b (mm)	h (mm)	Lu (mm)		Mux (Nmm)	Muy (Nmm)								-D	36	
KI 1	600	600	3750	5.55E+08	5.39E+08	4.32E+08	7.72E+08	7.22E+08	7.72E+08	15.4	3.57	0.053	19080	20	-D	36
KE1	600	600	3750	4.78E+08	5.74E+08	3.99E+08	7.89E+08	7.08E+08	7.89E+08	13.3	3.65	0.036	12960	16	-D	36
KI 2	600	600	3750	4.89E+08	5.75E+08	4.61E+08	2.58E+01	7.71E+08	7.71E+08	13.6	3.57	0.041	14760	16	-D	36
KE2	600	600	3750	3.37E+08	6.21E+08	4.82E+08	8.81E+08	8.16E+08	8.81E+08	9.4	4.08	0.039	14040	16	-D	36
KI 4	600	600	3750	9.75E+05	6.42E+08	5.01E+08	9.12E+08	8.47E+08	9.12E+08	2.7	4.22	0.042	15120	16	-D	36
KE4	600	600	3750	6.63E+05	6.71E+08	5.33E+08	9.58E+08	8.94E+08	9.58E+08	1.8	4.44	0.045	16200	16	-D	36

Perhitungan Metode Bresler Reciprocal Method

Jenis Kolom	As Pakai (mm ²)	p aktual	Pob (N)	Kontrol dengan Metode Bresler Reciprocal Method							CEK Pnb > Pn
				$\frac{Mux}{Ag}$	$\frac{Muy}{Ag}$	$\frac{Pnx}{Ag}$	$\frac{Pny}{Ag}$	Pnx (N)	Pny (N)	Pnb (N)	
KI 1	20347	0.05652	7.89E+08	2.495	3.344	21.4	19.2	1.19E+07	1.06E+07	1.94E+07	ok
KE1	16278	0.045216	7.27E+08	2.657	3.279	19.0	17.2	1.05E+07	9.53E+06	1.60E+07	ok
KI 2	16278	0.045216	7.27E+08	2.662	3.568	18.1	14.1	1.00E+07	7.81E+06	1.11E+07	ok
KE2	16278	0.045216	7.27E+08	2.875	3.780	17.2	13.2	9.53E+06	7.31E+06	9.60E+06	ok
KI 4	16278	0.045216	7.27E+08	2.972	3.920	14.8	11.3	8.20E+06	6.26E+06	6.94E+06	ok
KE4	16278	0.045216	7.27E+08	3.106	4.140	14.8	11.4	8.20E+06	6.31E+06	7.00E+06	ok

f_c (Mpa) = 30
 f_y (Mpa) = 320
 ϕ utama = ϕ 36
 ϕ ngkang = ϕ 10
 ϕ cking = 40
 β_1 = 0.85
 ϕ = 0.6
a = atas
b = bawah

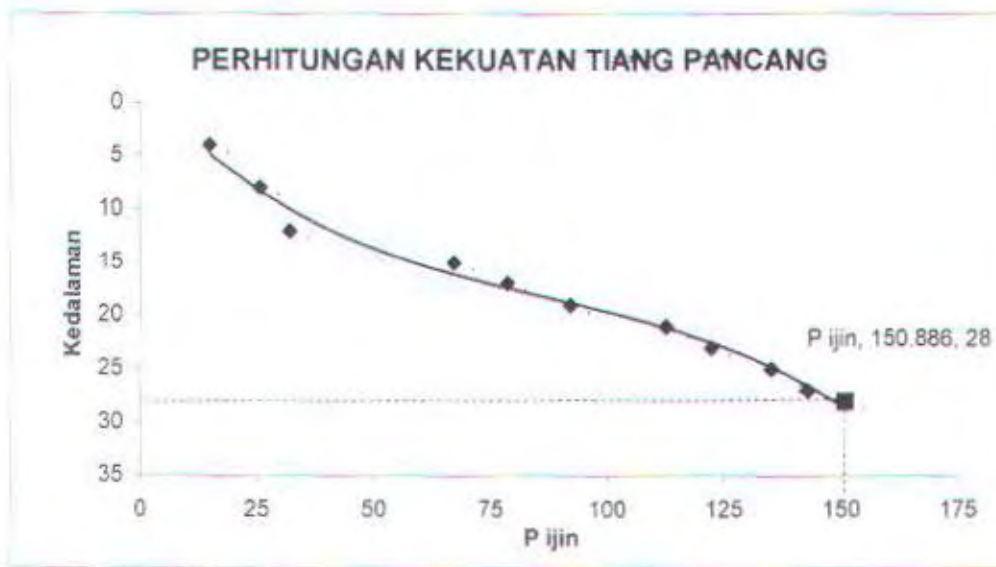
nama kolom	Muk (Nmm)	Vuk (N)	1.05 (Vd+Vi+4Vs) (N)	Vu/0.6	Nuk (N)	Vc (N)	Vs (N)	s (mm)	smax (mm)	s pakai (mm)
KI 1b	1.27E+09	4.53E+05	2.09E+05	3.49E+05	5.55E+06	0	3.49E+05	80.7	100	75
KI 1a	7.72E+08	4.53E+05	2.09E+05	3.49E+05	5.55E+06	1.29E+08	-	251.2	100	100
KE1b	5.74E+08	3.03E+05	2.20E+05	3.67E+05	4.93E+06	0	3.67E+05	76.7	100	75
KE1a	7.89E+08	3.03E+05	2.20E+05	3.67E+05	4.93E+06	1.21E+08	-	251.2	100	100
KI 2	8.23E+08	3.66E+05	4.35E+05	6.10E+05	4.89E+06	1.21E+08	-	251.2	100	100
KE2	8.81E+08	3.91E+05	4.90E+05	6.52E+05	4.84E+06	1.20E+08	-	251.2	100	100
KI 3	9.12E+08	1.76E+05	5.11E+05	2.93E+05	9.75E+05	7.32E+05	-	251.2	100	100
KE3	9.58E+08	1.79E+05	5.83E+05	2.99E+05	9.69E+05	7.31E+05	-	251.2	100	100
KI 4	7.97E+08	3.54E+05	5.44E+05	5.90E+05	9.75E+05	0	5.90E+05	47.7	100	45
KE 4	6.52E+08	2.90E+05	6.22E+05	4.83E+05	9.69E+05	0	4.83E+05	58.3	100	55

1 dan lantai 8 dipakai momen kapasitas kolom

2-7 dipakai momen kapasitas balok

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
(METODE LUCIANO DECOURT 1982)

H (m)	N'	N	Np	K (t/m ²)	Ap (m)	Qp (ton)	Ns	As (m)	Qs (ton)	Qu (ton)	Q Ijin (ton)
4	1 4 1	8 9.5 8	8.5	12	0.196	19.992	8.75	6.28	24.597	44.5887	14.8629
8	4 0 0	9.5 7.5 7.5	8.167	18	0.196	28.812	8.5	12.56	48.147	76.9587	25.6529
12	0 2 5	7.5 8.5 10	8.667	15	0.196	25.48	8.25	18.84	70.65	96.13	32.0433
15	5 7 8	10 11 11.5	10.83	12	0.196	25.48	19.4	23.55	175.84	201.32	67.1067
17	7 8 9	11 11.5 12	11.5	28	0.196	63.112	16.375	26.69	172.37	235.485	78.495
19	9 16 24	12 15.5 19.5	15.67	30	0.196	92.12	15.5	29.83	183.95	276.072	92.0239
21	24 22 19	19.5 18.5 17	18.33	35	0.196	125.77	16.286	32.97	211.95	337.717	112.572
23	19 23 28	17 19 21.5	19.17	35	0.196	131.48	16.529	36.11	235.07	366.552	122.184
25	28 26 24	21.5 20.5 19.5	20.5	35	0.196	140.63	17.225	39.25	264.61	405.24	135.08
27	24 25 27	19.5 20 21	20.17	35	0.196	138.34	17.543	42.39	290.28	428.623	142.874
28	25 27 31	20 21 23	21.33	35	0.196	146.35	17.904	43.96	306.31	452.658	150.886



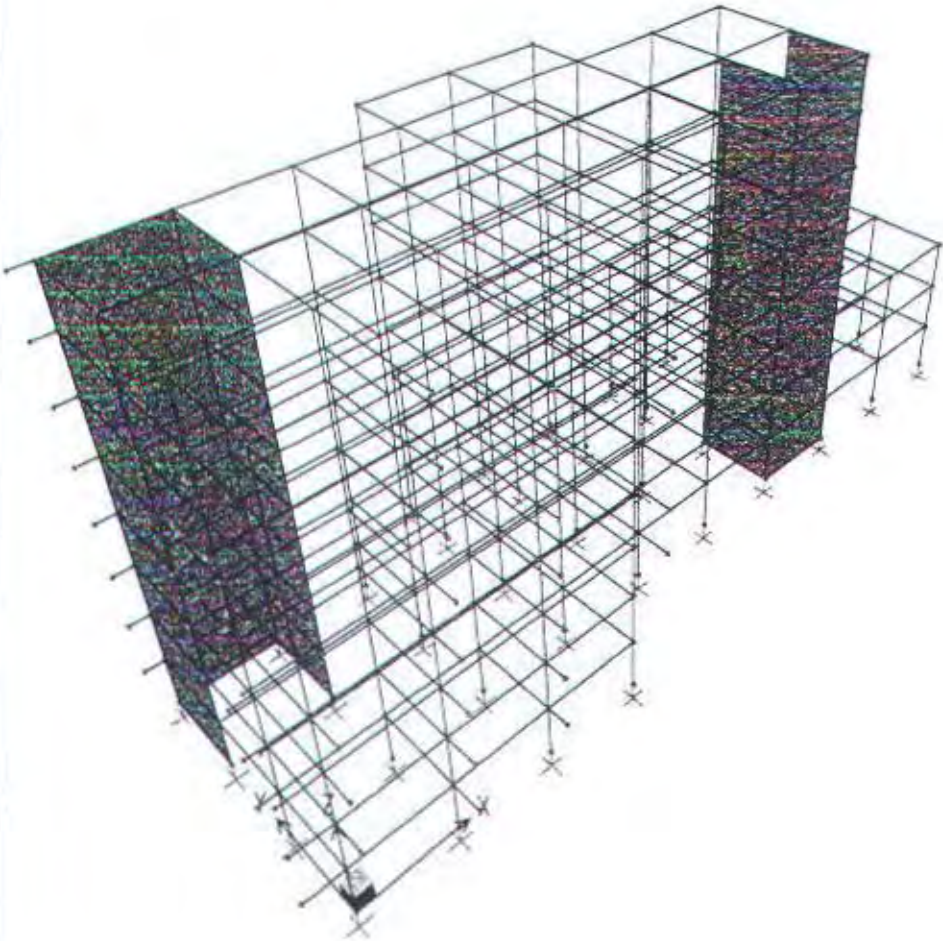
Keterangan :

Harga N dibawah muka air tanah harus dikoreksi berdasarkan rumus :

$$N = 15 + 0.5 (N' - 15)$$

dimana

N' = jumlah pukulan kenyataan dilapangan untuk dibawah muka air tanah



Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : PEMODELAN 1
Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.

Satuan : Kgm

SYSTEM
DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ
LENGTH=m FORCE=Kgf
PAGE=SECTIONS

JOINT

1	X=0	Y=0	Z=0
2	X=8	Y=0	Z=0
3	X=16	Y=0	Z=0
4	X=24	Y=0	Z=0
6	X=0	Y=7.2	Z=0
7	X=8	Y=7.2	Z=0
8	X=16	Y=7.2	Z=0
9	X=24	Y=7.2	Z=0
10	X=32	Y=7.2	Z=0
11	X=40	Y=7.2	Z=0
12	X=48	Y=7.2	Z=0
13	X=56	Y=7.2	Z=0
14	X=64	Y=7.2	Z=0
15	X=72	Y=7.2	Z=0
16	X=0	Y=14.4	Z=0
17	X=8	Y=14.4	Z=0
18	X=16	Y=14.4	Z=0
19	X=24	Y=14.4	Z=0
20	X=32	Y=14.4	Z=0
21	X=40	Y=14.4	Z=0
22	X=48	Y=14.4	Z=0
23	X=56	Y=14.4	Z=0
24	X=64	Y=14.4	Z=0
25	X=72	Y=14.4	Z=0
26	X=0	Y=21.6	Z=0
27	X=8	Y=21.6	Z=0
28	X=16	Y=21.6	Z=0
29	X=24	Y=21.6	Z=0
30	X=32	Y=21.6	Z=0
31	X=40	Y=21.6	Z=0
32	X=48	Y=21.6	Z=0
33	X=56	Y=21.6	Z=0
34	X=64	Y=21.6	Z=0
35	X=72	Y=21.6	Z=0
36	X=24	Y=26.4	Z=0
37	X=32	Y=26.4	Z=0
38	X=40	Y=26.4	Z=0
39	X=48	Y=26.4	Z=0
40	X=56	Y=26.4	Z=0
41	X=64	Y=26.4	Z=0
42	X=72	Y=26.4	Z=0
43	X=0	Y=0	Z=4.5
44	X=8	Y=0	Z=4.5
45	X=16	Y=0	Z=4.5

46	X=24	Y=0	Z=4.5
48	X=0	Y=7.2	Z=4.5
49	X=8	Y=7.2	Z=4.5
50	X=16	Y=7.2	Z=4.5
51	X=24	Y=7.2	Z=4.5
52	X=32	Y=7.2	Z=4.5
53	X=40	Y=7.2	Z=4.5
54	X=48	Y=7.2	Z=4.5
55	X=56	Y=7.2	Z=4.5
56	X=64	Y=7.2	Z=4.5
57	X=72	Y=7.2	Z=4.5
58	X=0	Y=14.4	Z=4.5
59	X=8	Y=14.4	Z=4.5
60	X=16	Y=14.4	Z=4.5
61	X=24	Y=14.4	Z=4.5
62	X=32	Y=14.4	Z=4.5
63	X=40	Y=14.4	Z=4.5
64	X=48	Y=14.4	Z=4.5
65	X=56	Y=14.4	Z=4.5
66	X=64	Y=14.4	Z=4.5
67	X=72	Y=14.4	Z=4.5
68	X=0	Y=21.6	Z=4.5
69	X=8	Y=21.6	Z=4.5
70	X=16	Y=21.6	Z=4.5
71	X=24	Y=21.6	Z=4.5
72	X=32	Y=21.6	Z=4.5
73	X=40	Y=21.6	Z=4.5
74	X=48	Y=21.6	Z=4.5
75	X=56	Y=21.6	Z=4.5
76	X=64	Y=21.6	Z=4.5
77	X=72	Y=21.6	Z=4.5
78	X=24	Y=26.4	Z=4.5
79	X=32	Y=26.4	Z=4.5
80	X=40	Y=26.4	Z=4.5
81	X=48	Y=26.4	Z=4.5
82	X=56	Y=26.4	Z=4.5
83	X=64	Y=26.4	Z=4.5
84	X=72	Y=26.4	Z=4.5
85	X=0	Y=0	Z=9
86	X=8	Y=0	Z=9
87	X=16	Y=0	Z=9
88	X=24	Y=0	Z=9
90	X=0	Y=7.2	Z=9
91	X=8	Y=7.2	Z=9
92	X=16	Y=7.2	Z=9
93	X=24	Y=7.2	Z=9
94	X=32	Y=7.2	Z=9
95	X=40	Y=7.2	Z=9
96	X=48	Y=7.2	Z=9
97	X=56	Y=7.2	Z=9

98	X=64	Y=7.2	Z=9	158	X=48	Y=21.6	Z=13.5
99	X=72	Y=7.2	Z=9	159	X=56	Y=21.6	Z=13.5
100	X=0	Y=14.4	Z=9	160	X=64	Y=21.6	Z=13.5
101	X=8	Y=14.4	Z=9	161	X=72	Y=21.6	Z=13.5
102	X=16	Y=14.4	Z=9	162	X=24	Y=26.4	Z=13.5
103	X=24	Y=14.4	Z=9	163	X=32	Y=26.4	Z=13.5
104	X=32	Y=14.4	Z=9	164	X=40	Y=26.4	Z=13.5
105	X=40	Y=14.4	Z=9	165	X=48	Y=26.4	Z=13.5
106	X=48	Y=14.4	Z=9	166	X=56	Y=26.4	Z=13.5
107	X=56	Y=14.4	Z=9	167	X=64	Y=26.4	Z=13.5
108	X=64	Y=14.4	Z=9	168	X=72	Y=26.4	Z=13.5
109	X=72	Y=14.4	Z=9	169	X=0	Y=0	Z=18
110	X=0	Y=21.6	Z=9	170	X=8	Y=0	Z=18
111	X=8	Y=21.6	Z=9	171	X=16	Y=0	Z=18
112	X=16	Y=21.6	Z=9	172	X=24	Y=0	Z=18
113	X=24	Y=21.6	Z=9	173	X=16	Y=-1.8	Z=36
114	X=32	Y=21.6	Z=9	174	X=0	Y=7.2	Z=18
115	X=40	Y=21.6	Z=9	175	X=8	Y=7.2	Z=18
116	X=48	Y=21.6	Z=9	176	X=16	Y=7.2	Z=18
117	X=56	Y=21.6	Z=9	177	X=24	Y=7.2	Z=18
118	X=64	Y=21.6	Z=9	178	X=32	Y=7.2	Z=18
119	X=72	Y=21.6	Z=9	179	X=40	Y=7.2	Z=18
120	X=24	Y=26.4	Z=9	180	X=48	Y=7.2	Z=18
121	X=32	Y=26.4	Z=9	181	X=56	Y=7.2	Z=18
122	X=40	Y=26.4	Z=9	182	X=0	Y=14.4	Z=18
123	X=48	Y=26.4	Z=9	183	X=8	Y=14.4	Z=18
124	X=56	Y=26.4	Z=9	184	X=16	Y=14.4	Z=18
125	X=64	Y=26.4	Z=9	185	X=24	Y=14.4	Z=18
126	X=72	Y=26.4	Z=9	186	X=32	Y=14.4	Z=18
127	X=0	Y=0	Z=13.5	187	X=40	Y=14.4	Z=18
128	X=8	Y=0	Z=13.5	188	X=48	Y=14.4	Z=18
129	X=16	Y=0	Z=13.5	189	X=56	Y=14.4	Z=18
130	X=24	Y=0	Z=13.5	190	X=0	Y=21.6	Z=18
132	X=0	Y=7.2	Z=13.5	191	X=8	Y=21.6	Z=18
133	X=8	Y=7.2	Z=13.5	192	X=16	Y=21.6	Z=18
134	X=16	Y=7.2	Z=13.5	193	X=24	Y=21.6	Z=18
135	X=24	Y=7.2	Z=13.5	194	X=32	Y=21.6	Z=18
136	X=32	Y=7.2	Z=13.5	195	X=40	Y=21.6	Z=18
137	X=40	Y=7.2	Z=13.5	196	X=48	Y=21.6	Z=18
138	X=48	Y=7.2	Z=13.5	197	X=56	Y=21.6	Z=18
139	X=56	Y=7.2	Z=13.5	198	X=24	Y=26.4	Z=18
140	X=64	Y=7.2	Z=13.5	199	X=32	Y=26.4	Z=18
141	X=72	Y=7.2	Z=13.5	200	X=40	Y=26.4	Z=18
142	X=0	Y=14.4	Z=13.5	201	X=0	Y=0	Z=22.5
143	X=8	Y=14.4	Z=13.5	202	X=8	Y=0	Z=22.5
144	X=16	Y=14.4	Z=13.5	203	X=16	Y=0	Z=22.5
145	X=24	Y=14.4	Z=13.5	204	X=24	Y=0	Z=22.5
146	X=32	Y=14.4	Z=13.5	205	X=8	Y=-2.6	Z=36
147	X=40	Y=14.4	Z=13.5	206	X=0	Y=7.2	Z=22.5
148	X=48	Y=14.4	Z=13.5	207	X=8	Y=7.2	Z=22.5
149	X=56	Y=14.4	Z=13.5	208	X=16	Y=7.2	Z=22.5
150	X=64	Y=14.4	Z=13.5	209	X=24	Y=7.2	Z=22.5
151	X=72	Y=14.4	Z=13.5	210	X=32	Y=7.2	Z=22.5
152	X=0	Y=21.6	Z=13.5	211	X=40	Y=7.2	Z=22.5
153	X=8	Y=21.6	Z=13.5	212	X=48	Y=7.2	Z=22.5
154	X=16	Y=21.6	Z=13.5	213	X=56	Y=7.2	Z=22.5
155	X=24	Y=21.6	Z=13.5	214	X=0	Y=14.4	Z=22.5
156	X=32	Y=21.6	Z=13.5	215	X=8	Y=14.4	Z=22.5
157	X=40	Y=21.6	Z=13.5	216	X=16	Y=14.4	Z=22.5

217	X=24	Y=14.4	Z=22.5	278	X=0	Y=14.4	Z=31.5
218	X=32	Y=14.4	Z=22.5	279	X=8	Y=14.4	Z=31.5
219	X=40	Y=14.4	Z=22.5	280	X=16	Y=14.4	Z=31.5
220	X=48	Y=14.4	Z=22.5	281	X=24	Y=14.4	Z=31.5
221	X=56	Y=14.4	Z=22.5	282	X=32	Y=14.4	Z=31.5
222	X=0	Y=21.6	Z=22.5	283	X=40	Y=14.4	Z=31.5
223	X=8	Y=21.6	Z=22.5	284	X=48	Y=14.4	Z=31.5
224	X=16	Y=21.6	Z=22.5	285	X=56	Y=14.4	Z=31.5
225	X=24	Y=21.6	Z=22.5	286	X=0	Y=21.6	Z=31.5
226	X=32	Y=21.6	Z=22.5	287	X=8	Y=21.6	Z=31.5
227	X=40	Y=21.6	Z=22.5	288	X=16	Y=21.6	Z=31.5
228	X=48	Y=21.6	Z=22.5	289	X=24	Y=21.6	Z=31.5
229	X=56	Y=21.6	Z=22.5	290	X=32	Y=21.6	Z=31.5
230	X=24	Y=26.4	Z=22.5	291	X=40	Y=21.6	Z=31.5
231	X=32	Y=26.4	Z=22.5	292	X=48	Y=21.6	Z=31.5
232	X=40	Y=26.4	Z=22.5	293	X=56	Y=21.6	Z=31.5
233	X=0	Y=0	Z=27	294	X=24	Y=26.4	Z=31.5
234	X=8	Y=0	Z=27	295	X=32	Y=26.4	Z=31.5
235	X=16	Y=0	Z=27	296	X=40	Y=26.4	Z=31.5
236	X=24	Y=0	Z=27	297	X=0	Y=0	Z=36
238	X=0	Y=7.2	Z=27	298	X=8	Y=0	Z=36
239	X=8	Y=7.2	Z=27	299	X=16	Y=0	Z=36
240	X=16	Y=7.2	Z=27	300	X=24	Y=0	Z=36
241	X=24	Y=7.2	Z=27	301	X=0	Y=-2.5	Z=36
242	X=32	Y=7.2	Z=27	302	X=0	Y=7.2	Z=36
243	X=40	Y=7.2	Z=27	303	X=8	Y=7.2	Z=36
244	X=48	Y=7.2	Z=27	304	X=16	Y=7.2	Z=36
245	X=56	Y=7.2	Z=27	305	X=24	Y=7.2	Z=36
246	X=0	Y=14.4	Z=27	306	X=32	Y=7.2	Z=36
247	X=8	Y=14.4	Z=27	307	X=40	Y=7.2	Z=36
248	X=16	Y=14.4	Z=27	308	X=48	Y=7.2	Z=36
249	X=24	Y=14.4	Z=27	309	X=56	Y=7.2	Z=36
250	X=32	Y=14.4	Z=27	310	X=0	Y=14.4	Z=36
251	X=40	Y=14.4	Z=27	311	X=8	Y=14.4	Z=36
252	X=48	Y=14.4	Z=27	312	X=16	Y=14.4	Z=36
253	X=56	Y=14.4	Z=27	313	X=24	Y=14.4	Z=36
254	X=0	Y=21.6	Z=27	314	X=32	Y=14.4	Z=36
255	X=8	Y=21.6	Z=27	315	X=40	Y=14.4	Z=36
256	X=16	Y=21.6	Z=27	316	X=48	Y=14.4	Z=36
257	X=24	Y=21.6	Z=27	317	X=56	Y=14.4	Z=36
258	X=32	Y=21.6	Z=27	318	X=0	Y=21.6	Z=36
259	X=40	Y=21.6	Z=27	319	X=8	Y=21.6	Z=36
260	X=48	Y=21.6	Z=27	320	X=16	Y=21.6	Z=36
261	X=56	Y=21.6	Z=27	321	X=24	Y=21.6	Z=36
262	X=24	Y=26.4	Z=27	322	X=32	Y=21.6	Z=36
263	X=32	Y=26.4	Z=27	323	X=40	Y=21.6	Z=36
264	X=40	Y=26.4	Z=27	324	X=48	Y=21.6	Z=36
265	X=0	Y=0	Z=31.5	325	X=56	Y=21.6	Z=36
266	X=8	Y=0	Z=31.5	326	X=24	Y=26.4	Z=36
267	X=16	Y=0	Z=31.5	327	X=32	Y=26.4	Z=36
268	X=24	Y=0	Z=31.5	328	X=40	Y=26.4	Z=36
270	X=0	Y=7.2	Z=31.5	329	X=-3	Y=0	Z=36
271	X=8	Y=7.2	Z=31.5	330	X=-1.5	Y=7.2	Z=36
272	X=16	Y=7.2	Z=31.5	331	X=-1.5	Y=21.6	Z=36
273	X=24	Y=7.2	Z=31.5	332	X=32	Y=4	Z=36
274	X=32	Y=7.2	Z=31.5	333	X=32	Y=4	Z=31.5
275	X=40	Y=7.2	Z=31.5	334	X=16	Y=-1.8	Z=31.5
276	X=48	Y=7.2	Z=31.5	335	X=8	Y=-2.6	Z=31.5
277	X=56	Y=7.2	Z=31.5	336	X=32	Y=4	Z=27

```

337 X=16 Y=-1.8 Z=27
338 X=8 Y=-2.6 Z=27
339 X=32 Y=4 Z=22.5
340 X=16 Y=-1.8 Z=22.5
341 X=8 Y=-2.6 Z=22.5
342 X=32 Y=4 Z=18
343 X=16 Y=-1.8 Z=18
344 X=8 Y=-2.6 Z=18
345 X=32 Y=4 Z=13.5
346 X=16 Y=-1.8 Z=13.5
347 X=8 Y=-2.6 Z=13.5
348 X=32 Y=4 Z=9
349 X=16 Y=-1.8 Z=9
350 X=8 Y=-2.6 Z=9
351 X=32 Y=4 Z=4.5
352 X=16 Y=-1.8 Z=4.5
353 X=8 Y=-2.6 Z=4.5
354 X=0 Y=-2.5 Z=9
355 X=-3 Y=0 Z=9
356 X=-1.5Y=7.2 Z=9
357 X=0 Y=-2.5 Z=13.5
358 X=-3 Y=0 Z=13.5
359 X=-1.5Y=7.2 Z=13.5
360 X=0 Y=-2.5 Z=4.5
361 X=-3 Y=0 Z=4.5
362 X=-1.5Y=7.2 Z=4.5
363 X=-1.5Y=7.2 Z=18
364 X=-3 Y=0 Z=18
365 X=0 Y=-2.5 Z=18
366 X=-3 Y=0 Z=22.5
367 X=0 Y=-2.5 Z=22.5
368 X=-1.5Y=7.2 Z=22.5
369 X=-1.5Y=7.2 Z=27
370 X=-3 Y=0 Z=27
371 X=0 Y=-2.5 Z=27
372 X=0 Y=-2.5 Z=31.5
373 X=-3 Y=0 Z=31.5
374 X=-1.5Y=7.2 Z=31.5
375 X=-1.5Y=21.6 Z=31.5
376 X=-1.5Y=21.6 Z=27
377 X=-1.5Y=21.6 Z=22.5
378 X=-1.5Y=21.6 Z=18
379 X=-1.5Y=21.6 Z=13.5
380 X=-1.5Y=21.6 Z=9
381 X=-1.5Y=21.6 Z=4.5

```

RESTRAINT

```

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=5 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=8 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=9 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

```

```

ADD=14 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=19 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=20 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=21 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=22 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=24 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=25 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=26 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=27 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=28 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=29 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=30 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=31 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=33 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=35 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=36 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=37 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=38 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=39 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=40 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=41 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=42 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

```

CONSTRAINT

```

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH2 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH3 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH4 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH5 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH6 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH7 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN
NAME=DIAPH8 TYPE=DIAPH AXIS=Z
CSYS=0
+ TIDAK DIPERLIHATKAN

```

PATTERN
NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531051E-07
NAME=CONC IDES=C M=244.8339 W=2402.451
T=0 E=2.625E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=FRAMES IDES=N M=244.52 W=2400
T=0 E=2.575E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=SHELL IDES=N M=244.52 W=2400
T=0 E=2.781E-09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=BALOK MAT=FRAMES SH=R T=.75,.45 A=.3375 J=1.426294E-02
I=1.582031E-02,5.695312E-03 AS=.28125,.28125
NAME=KOLOM MAT=FRAMES SH=R T=.6,.6 A=.36 J=.018252 I=.0108,.0108
AS=.3,.3

SHELL SECTION

NAME=SHELL MAT=SHELL TYPE=Shell,Thin TH=.3

FRAME

* TIDAK DIPERLIHATKAN

SHELL

* TIDAK DIPERLIHATKAN

LOAD

NAME=SELF SW=1 CSYS=0
NAME=WINDX CSYS=0
TYPE=FORCE

NAME=WINDY CSYS=0
TYPE=FORCE

NAME=MATI CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
,0

NAME=HIDUP CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN

NAME=SELFSW SW=1 CSYS=0
NAME=BA CSYS=0
TYPE=CONCENTRATED SPAN

COMBO

NAME=GRAFITY1
LOAD=SELF SF=1.4
LOAD=MATI SF=1.4
LOAD=HIDUP SF=1.7
LOAD=SELFSW SF=1.4
LOAD=BA SF=1

NAME=GRAF2X
LOAD=SELF SF=1.05
LOAD=MATI SF=1.05
LOAD=HIDUP SF=1.275
LOAD=WINDX SF=1.275
LOAD=SELFSW SF=1.05

```
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF2Y
LOAD=SELF SF=1.05
LOAD=MATI SF=1.05
LOAD=HIDUP SF=1.275
LOAD=WINDY SF=1.275
LOAD=SELFSW SF=1.05
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF3X
LOAD=SELF SF=.9
LOAD=MATI SF=.9
LOAD=WINDX SF=1.3
LOAD=SELFSW SF=.9
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF3Y
LOAD=SELF SF=.9
LOAD=MATI SF=.9
LOAD=WINDY SF=1.3
LOAD=SELFSW SF=.9
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF4
LOAD=SELF SF=1.32
LOAD=MATI SF=1.32
LOAD=HIDUP SF=1.1
LOAD=SELFSW SF=1.32
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF5
LOAD=SELF SF=.99
LOAD=MATI SF=.99
LOAD=SELFSW SF=.99
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF6
LOAD=SELF SF=1.4
LOAD=MATI SF=1.4
LOAD=HIDUP SF=1.4
LOAD=SELFSW SF=1.4
LOAD=BA SF=1
NAME=GRAF7
LOAD=SELF SF=.9
LOAD=MATI SF=.9
LOAD=SELFSW SF=.9
LOAD=BA SF=1
NAME=PONDASI
LOAD=SELF SF=1
LOAD=MATI SF=1
LOAD=HIDUP SF=1
LOAD=SELFSW SF=1
LOAD=BA SF=1
```

```
OUTPUT
ELEM=SHELL TYPE=JOINTF COMB=GRAF4
ELEM=JOINT TYPE=REAC COMB=PONDASI
ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=GRAF4
ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=GRAF6
```

```
END
```

Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : PEMODELAN 2
Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.

Satuan : Kgm

```
SYSTEM
  DOP=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ
  LENGTH=m FORCE=Kgf
  PAGE=SECTIONS

JOINT
  1 X=0 Y=0 Z=0
  2 X=8 Y=0 Z=0
  3 X=16 Y=0 Z=0
  4 X=24 Y=0 Z=0
  6 X=0 Y=7.2 Z=0
  7 X=8 Y=7.2 Z=0
  8 X=16 Y=7.2 Z=0
  9 X=24 Y=7.2 Z=0
  10 X=32 Y=7.2 Z=0
  11 X=40 Y=7.2 Z=0
  12 X=48 Y=7.2 Z=0
  13 X=56 Y=7.2 Z=0
  14 X=64 Y=7.2 Z=0
  15 X=72 Y=7.2 Z=0
  16 X=0 Y=14.4 Z=0
  17 X=8 Y=14.4 Z=0
  18 X=16 Y=14.4 Z=0
  19 X=24 Y=14.4 Z=0
  20 X=32 Y=14.4 Z=0
  21 X=40 Y=14.4 Z=0
  22 X=48 Y=14.4 Z=0
  23 X=56 Y=14.4 Z=0
  24 X=64 Y=14.4 Z=0
  25 X=72 Y=14.4 Z=0
  26 X=0 Y=21.6 Z=0
  27 X=8 Y=21.6 Z=0
  28 X=16 Y=21.6 Z=0
  29 X=24 Y=21.6 Z=0
  30 X=32 Y=21.6 Z=0
  31 X=40 Y=21.6 Z=0
  32 X=48 Y=21.6 Z=0
  33 X=56 Y=21.6 Z=0
  34 X=64 Y=21.6 Z=0
  35 X=72 Y=21.6 Z=0
  36 X=24 Y=26.4 Z=0
  37 X=32 Y=26.4 Z=0
  38 X=40 Y=26.4 Z=0
  39 X=48 Y=26.4 Z=0
  40 X=56 Y=26.4 Z=0
  41 X=64 Y=26.4 Z=0
  42 X=72 Y=26.4 Z=0
  43 X=0 Y=0 Z=4.5
  44 X=8 Y=0 Z=4.5
  45 X=16 Y=0 Z=4.5
  46 X=24 Y=0 Z=4.5
  48 X=0 Y=7.2 Z=4.5
  49 X=8 Y=7.2 Z=4.5
  50 X=16 Y=7.2 Z=4.5
  51 X=24 Y=7.2 Z=4.5
  52 X=32 Y=7.2 Z=4.5
  53 X=40 Y=7.2 Z=4.5
  54 X=48 Y=7.2 Z=4.5
  55 X=56 Y=7.2 Z=4.5
  56 X=64 Y=7.2 Z=4.5
  57 X=72 Y=7.2 Z=4.5
  58 X=0 Y=14.4 Z=4.5
  59 X=8 Y=14.4 Z=4.5
  60 X=16 Y=14.4 Z=4.5
  61 X=24 Y=14.4 Z=4.5
  62 X=32 Y=14.4 Z=4.5
  63 X=40 Y=14.4 Z=4.5
  64 X=48 Y=14.4 Z=4.5
  65 X=56 Y=14.4 Z=4.5
  66 X=64 Y=14.4 Z=4.5
  67 X=72 Y=14.4 Z=4.5
  68 X=0 Y=21.6 Z=4.5
  69 X=8 Y=21.6 Z=4.5
  70 X=16 Y=21.6 Z=4.5
  71 X=24 Y=21.6 Z=4.5
  72 X=32 Y=21.6 Z=4.5
  73 X=40 Y=21.6 Z=4.5
  74 X=48 Y=21.6 Z=4.5
  75 X=56 Y=21.6 Z=4.5
  76 X=64 Y=21.6 Z=4.5
  77 X=72 Y=21.6 Z=4.5
  78 X=24 Y=26.4 Z=4.5
  79 X=32 Y=26.4 Z=4.5
  80 X=40 Y=26.4 Z=4.5
  81 X=48 Y=26.4 Z=4.5
  82 X=56 Y=26.4 Z=4.5
  83 X=64 Y=26.4 Z=4.5
  84 X=72 Y=26.4 Z=4.5
  85 X=0 Y=0 Z=9
  86 X=8 Y=0 Z=9
  87 X=16 Y=0 Z=9
  88 X=24 Y=0 Z=9
  90 X=0 Y=7.2 Z=9
  91 X=8 Y=7.2 Z=9
  92 X=16 Y=7.2 Z=9
  93 X=24 Y=7.2 Z=9
  94 X=32 Y=7.2 Z=9
  95 X=40 Y=7.2 Z=9
  96 X=48 Y=7.2 Z=9
  97 X=56 Y=7.2 Z=9
```

98	X=64	Y=7.2	Z=9	158	X=48	Y=21.6	Z=13.5
99	X=72	Y=7.2	Z=9	159	X=56	Y=21.6	Z=13.5
100	X=0	Y=14.4	Z=9	160	X=64	Y=21.6	Z=13.5
101	X=8	Y=14.4	Z=9	161	X=72	Y=21.6	Z=13.5
102	X=16	Y=14.4	Z=9	162	X=24	Y=26.4	Z=13.5
103	X=24	Y=14.4	Z=9	163	X=32	Y=26.4	Z=13.5
104	X=32	Y=14.4	Z=9	164	X=40	Y=26.4	Z=13.5
105	X=40	Y=14.4	Z=9	165	X=48	Y=26.4	Z=13.5
106	X=48	Y=14.4	Z=9	166	X=56	Y=26.4	Z=13.5
107	X=56	Y=14.4	Z=9	167	X=64	Y=26.4	Z=13.5
108	X=64	Y=14.4	Z=9	168	X=72	Y=26.4	Z=13.5
109	X=72	Y=14.4	Z=9	169	X=0	Y=0	Z=18
110	X=0	Y=21.6	Z=9	170	X=8	Y=0	Z=18
111	X=8	Y=21.6	Z=9	171	X=16	Y=0	Z=18
112	X=16	Y=21.6	Z=9	172	X=24	Y=0	Z=18
113	X=24	Y=21.6	Z=9	173	X=16	Y=-1.8	Z=36
114	X=32	Y=21.6	Z=9	174	X=0	Y=7.2	Z=18
115	X=40	Y=21.6	Z=9	175	X=8	Y=7.2	Z=18
116	X=48	Y=21.6	Z=9	176	X=16	Y=7.2	Z=18
117	X=56	Y=21.6	Z=9	177	X=24	Y=7.2	Z=18
118	X=64	Y=21.6	Z=9	178	X=32	Y=7.2	Z=18
119	X=72	Y=21.6	Z=9	179	X=40	Y=7.2	Z=18
120	X=24	Y=26.4	Z=9	180	X=48	Y=7.2	Z=18
121	X=32	Y=26.4	Z=9	181	X=56	Y=7.2	Z=18
122	X=40	Y=26.4	Z=9	182	X=0	Y=14.4	Z=18
123	X=48	Y=26.4	Z=9	183	X=8	Y=14.4	Z=18
124	X=56	Y=26.4	Z=9	184	X=16	Y=14.4	Z=18
125	X=64	Y=26.4	Z=9	185	X=24	Y=14.4	Z=18
126	X=72	Y=26.4	Z=9	186	X=32	Y=14.4	Z=18
127	X=0	Y=0	Z=13.5	187	X=40	Y=14.4	Z=18
128	X=8	Y=0	Z=13.5	188	X=48	Y=14.4	Z=18
129	X=16	Y=0	Z=13.5	189	X=56	Y=14.4	Z=18
130	X=24	Y=0	Z=13.5	190	X=0	Y=21.6	Z=18
132	X=0	Y=7.2	Z=13.5	191	X=8	Y=21.6	Z=18
133	X=8	Y=7.2	Z=13.5	192	X=16	Y=21.6	Z=18
134	X=16	Y=7.2	Z=13.5	193	X=24	Y=21.6	Z=18
135	X=24	Y=7.2	Z=13.5	194	X=32	Y=21.6	Z=18
136	X=32	Y=7.2	Z=13.5	195	X=40	Y=21.6	Z=18
137	X=40	Y=7.2	Z=13.5	196	X=48	Y=21.6	Z=18
138	X=48	Y=7.2	Z=13.5	197	X=56	Y=21.6	Z=18
139	X=56	Y=7.2	Z=13.5	198	X=24	Y=26.4	Z=18
140	X=64	Y=7.2	Z=13.5	199	X=32	Y=26.4	Z=18
141	X=72	Y=7.2	Z=13.5	200	X=40	Y=26.4	Z=18
142	X=0	Y=14.4	Z=13.5	201	X=0	Y=0	Z=22.5
143	X=8	Y=14.4	Z=13.5	202	X=8	Y=0	Z=22.5
144	X=16	Y=14.4	Z=13.5	203	X=16	Y=0	Z=22.5
145	X=24	Y=14.4	Z=13.5	204	X=24	Y=0	Z=22.5
146	X=32	Y=14.4	Z=13.5	205	X=8	Y=-2.6	Z=36
147	X=40	Y=14.4	Z=13.5	206	X=0	Y=7.2	Z=22.5
148	X=48	Y=14.4	Z=13.5	207	X=8	Y=7.2	Z=22.5
149	X=56	Y=14.4	Z=13.5	208	X=16	Y=7.2	Z=22.5
150	X=64	Y=14.4	Z=13.5	209	X=24	Y=7.2	Z=22.5
151	X=72	Y=14.4	Z=13.5	210	X=32	Y=7.2	Z=22.5
152	X=0	Y=21.6	Z=13.5	211	X=40	Y=7.2	Z=22.5
153	X=8	Y=21.6	Z=13.5	212	X=48	Y=7.2	Z=22.5
154	X=16	Y=21.6	Z=13.5	213	X=56	Y=7.2	Z=22.5
155	X=24	Y=21.6	Z=13.5	214	X=0	Y=14.4	Z=22.5
156	X=32	Y=21.6	Z=13.5	215	X=8	Y=14.4	Z=22.5
157	X=40	Y=21.6	Z=13.5	216	X=16	Y=14.4	Z=22.5

217	X=24	Y=14.4	Z=22.5	278	X=0	Y=14.4	Z=31.5
218	X=32	Y=14.4	Z=22.5	279	X=8	Y=14.4	Z=31.5
219	X=40	Y=14.4	Z=22.5	280	X=16	Y=14.4	Z=31.5
220	X=48	Y=14.4	Z=22.5	281	X=24	Y=14.4	Z=31.5
221	X=56	Y=14.4	Z=22.5	282	X=32	Y=14.4	Z=31.5
222	X=0	Y=21.6	Z=22.5	283	X=40	Y=14.4	Z=31.5
223	X=8	Y=21.6	Z=22.5	284	X=48	Y=14.4	Z=31.5
224	X=16	Y=21.6	Z=22.5	285	X=56	Y=14.4	Z=31.5
225	X=24	Y=21.6	Z=22.5	286	X=0	Y=21.6	Z=31.5
226	X=32	Y=21.6	Z=22.5	287	X=8	Y=21.6	Z=31.5
227	X=40	Y=21.6	Z=22.5	288	X=16	Y=21.6	Z=31.5
228	X=48	Y=21.6	Z=22.5	289	X=24	Y=21.6	Z=31.5
229	X=56	Y=21.6	Z=22.5	290	X=32	Y=21.6	Z=31.5
230	X=24	Y=26.4	Z=22.5	291	X=40	Y=21.6	Z=31.5
231	X=32	Y=26.4	Z=22.5	292	X=48	Y=21.6	Z=31.5
232	X=40	Y=26.4	Z=22.5	293	X=56	Y=21.6	Z=31.5
233	X=0	Y=0	Z=27	294	X=24	Y=26.4	Z=31.5
234	X=8	Y=0	Z=27	295	X=32	Y=26.4	Z=31.5
235	X=16	Y=0	Z=27	296	X=40	Y=26.4	Z=31.5
236	X=24	Y=0	Z=27	297	X=0	Y=0	Z=36
238	X=0	Y=7.2	Z=27	298	X=8	Y=0	Z=36
239	X=8	Y=7.2	Z=27	299	X=16	Y=0	Z=36
240	X=16	Y=7.2	Z=27	300	X=24	Y=0	Z=36
241	X=24	Y=7.2	Z=27	301	X=0	Y=-2.5	Z=36
242	X=32	Y=7.2	Z=27	302	X=0	Y=7.2	Z=36
243	X=40	Y=7.2	Z=27	303	X=8	Y=7.2	Z=36
244	X=48	Y=7.2	Z=27	304	X=16	Y=7.2	Z=36
245	X=56	Y=7.2	Z=27	305	X=24	Y=7.2	Z=36
246	X=0	Y=14.4	Z=27	306	X=32	Y=7.2	Z=36
247	X=8	Y=14.4	Z=27	307	X=40	Y=7.2	Z=36
248	X=16	Y=14.4	Z=27	308	X=48	Y=7.2	Z=36
249	X=24	Y=14.4	Z=27	309	X=56	Y=7.2	Z=36
250	X=32	Y=14.4	Z=27	310	X=0	Y=14.4	Z=36
251	X=40	Y=14.4	Z=27	311	X=8	Y=14.4	Z=36
252	X=48	Y=14.4	Z=27	312	X=16	Y=14.4	Z=36
253	X=56	Y=14.4	Z=27	313	X=24	Y=14.4	Z=36
254	X=0	Y=21.6	Z=27	314	X=32	Y=14.4	Z=36
255	X=8	Y=21.6	Z=27	315	X=40	Y=14.4	Z=36
256	X=16	Y=21.6	Z=27	316	X=48	Y=14.4	Z=36
257	X=24	Y=21.6	Z=27	317	X=56	Y=14.4	Z=36
258	X=32	Y=21.6	Z=27	318	X=0	Y=21.6	Z=36
259	X=40	Y=21.6	Z=27	319	X=8	Y=21.6	Z=36
260	X=48	Y=21.6	Z=27	320	X=16	Y=21.6	Z=36
261	X=56	Y=21.6	Z=27	321	X=24	Y=21.6	Z=36
262	X=24	Y=26.4	Z=27	322	X=32	Y=21.6	Z=36
263	X=32	Y=26.4	Z=27	323	X=40	Y=21.6	Z=36
264	X=40	Y=26.4	Z=27	324	X=48	Y=21.6	Z=36
265	X=0	Y=0	Z=31.5	325	X=56	Y=21.6	Z=36
266	X=8	Y=0	Z=31.5	326	X=24	Y=26.4	Z=36
267	X=16	Y=0	Z=31.5	327	X=32	Y=26.4	Z=36
268	X=24	Y=0	Z=31.5	328	X=40	Y=26.4	Z=36
270	X=0	Y=7.2	Z=31.5	329	X=-3	Y=0	Z=36
271	X=8	Y=7.2	Z=31.5	330	X=-1.5	Y=7.2	Z=36
272	X=16	Y=7.2	Z=31.5	331	X=-1.5	Y=21.6	Z=36
273	X=24	Y=7.2	Z=31.5	332	X=32	Y=4	Z=36
274	X=32	Y=7.2	Z=31.5	333	X=32	Y=4	Z=31.5
275	X=40	Y=7.2	Z=31.5	334	X=16	Y=-1.8	Z=31.5
276	X=48	Y=7.2	Z=31.5	335	X=8	Y=-2.6	Z=31.5
277	X=56	Y=7.2	Z=31.5	336	X=32	Y=4	Z=27

337 X=16 Y=-1.8 Z=27
 338 X=8 Y=-2.6 Z=27
 339 X=32 Y=4 Z=22.5
 340 X=16 Y=-1.8 Z=22.5
 341 X=8 Y=-2.6 Z=22.5
 342 X=32 Y=4 Z=18
 343 X=16 Y=-1.8 Z=18
 344 X=8 Y=-2.6 Z=18
 345 X=32 Y=4 Z=13.5
 346 X=16 Y=-1.8 Z=13.5
 347 X=8 Y=-2.6 Z=13.5
 348 X=32 Y=4 Z=9
 349 X=16 Y=-1.8 Z=9
 350 X=8 Y=-2.6 Z=9
 351 X=32 Y=4 Z=4.5
 352 X=16 Y=-1.8 Z=4.5
 353 X=8 Y=-2.6 Z=4.5
 354 X=0 Y=-2.5 Z=9
 355 X=-3 Y=0 Z=9
 356 X=-1.5Y=7.2 Z=9
 357 X=0 Y=-2.5 Z=13.5
 358 X=-3 Y=0 Z=13.5
 359 X=-1.5Y=7.2 Z=13.5
 360 X=0 Y=-2.5 Z=4.5
 361 X=-3 Y=0 Z=4.5
 362 X=-1.5Y=7.2 Z=4.5
 363 X=-1.5Y=7.2 Z=18
 364 X=-3 Y=0 Z=18
 365 X=0 Y=-2.5 Z=18
 366 X=-3 Y=0 Z=22.5
 367 X=0 Y=-2.5 Z=22.5
 368 X=-1.5Y=7.2 Z=22.5
 369 X=-1.5Y=7.2 Z=27
 370 X=-3 Y=0 Z=27
 371 X=0 Y=-2.5 Z=27
 372 X=0 Y=-2.5 Z=31.5
 373 X=-3 Y=0 Z=31.5
 374 X=-1.5Y=7.2 Z=31.5
 375 X=-1.5Y=21.6 Z=31.5
 376 X=-1.5Y=21.6 Z=27
 377 X=-1.5Y=21.6 Z=22.5
 378 X=-1.5Y=21.6 Z=18
 379 X=-1.5Y=21.6 Z=13.5
 380 X=-1.5Y=21.6 Z=9
 381 X=-1.5Y=21.6 Z=4.5

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=2 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=8 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=9 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

ADD=14 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=19 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=20 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=21 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=22 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=24 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=25 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=26 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=27 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=28 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=29 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=30 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=31 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=33 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=35 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=36 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=37 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=38 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=39 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=40 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=41 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=42 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

CONSTRAINT

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH2 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH3 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH4 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH5 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH6 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH7 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH8 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN

PATTERN

NAME=DEFAULT

MASS

ADD=313 U1=94754.98 U2=94754.98
ADD=185 U1=97265.24 U2=97265.24
ADD=217 U1=97265.24 U2=97265.24
ADD=249 U1=97265.24 U2=97265.24
ADD=281 U1=97265.24 U2=97265.24
ADD=62 U1=128622.8 U2=128622.8
ADD=104 U1=128622.8 U3=128622.8
ADD=146 U1=128622.8 U2=128622.8

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E-10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8339 W=2402.451
T=C E=2.625E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=FRAMES IDES=F M=.00001 W=.0001
T=0 E=2.575E+37 U=.2 A=.0000099
NAME=SHELL IDES=N M=244.52 W=2400
T=0 E=2.781E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=COLEKTOR IDES=C M=.001 W=.0001
T=0 E=2.575E+09 U=.3 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=BALOK MAT=FRAMES SH=R T=.75,.45 A=.3375 J=1.426294E-02
I=1.582031E-02,5.695312E-03 AS=.28125,.28125
NAME=KOLOM MAT=FRAMES SH=R T=.6,.6 A=.36 J=.018252 I=.0108,.0108
AS=.3,.3
NAME=COLEKTOR MAT=COLEKTOR SH=R T=.75,.45 A=.3375 J=1.426294E-02
I=1.582031E-02,5.695312E-03 AS=.28125,.28125

SHELL SECTION

NAME=SHELL MAT=SHELL TYPE=Shell,Thin TH=.3

FRAME

* TIDAK DIPERLIHATKAN

SHELL

* TIDAK DIPERLIHATKAN

LOAD

NAME=SELF SW=1 CSYS=0
NAME=SELFSW SW=1 CSYS=0
NAME=TORSI CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=313 RZ=3931169
ADD=281 RZ=2904414
ADD=249 RZ=2208677
ADD=217 RZ=1479318
ADD=185 RZ=655230.4
ADD=146 RZ=-1395005
ADD=104 RZ=-940639.9
ADD=62 RZ=-472541.7

MODE

TYPE=EIGEN N=15 TOL=.00001

FUNCTION

NAME=UBC97D NPL=1 PRINT=Y

0 .13
.1164 .325
.2 .325
.3 .325
.4 .325
.582 .325
.6 .315
.7 .27
.8 .2364
.9 .2101
1 .189
1.3 .126
2 .0945
2.5 .0756
3 .063
5 .0379

SPEC

NAME=SPEC1 MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ACC=U1 FUNC=UBC97D SF=9.815
ACC=U2 FUNC=UBC97D SF=9.815

COMBO

NAME=COMB1
LOAD=TORSI SF=1
SPEC=SPEC1 SF=1

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP COMB=COMB1
ELEM=SHELL TYPE=JOINTF COMB=COMB1
ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=COMB1

END

Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : PEMODELAN 3
Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.

Satuan : Kgm

```
SYSTEM
DOP=UX, UY, UZ, RX, RY, RZ
LENGTH=m FORCE=KgF
PAGE=SECTIONS

JOINT
1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=8 Y=0 Z=0
3 X=16 Y=0 Z=0
4 X=24 Y=0 Z=0
6 X=0 Y=7.2 Z=0
7 X=8 Y=7.2 Z=0
8 X=16 Y=7.2 Z=0
9 X=24 Y=7.2 Z=0
10 X=32 Y=7.2 Z=0
11 X=40 Y=7.2 Z=0
12 X=48 Y=7.2 Z=0
13 X=56 Y=7.2 Z=0
14 X=64 Y=7.2 Z=0
15 X=72 Y=7.2 Z=0
16 X=0 Y=14.4 Z=0
17 X=8 Y=14.4 Z=0
18 X=16 Y=14.4 Z=0
19 X=24 Y=14.4 Z=0
20 X=32 Y=14.4 Z=0
21 X=40 Y=14.4 Z=0
22 X=48 Y=14.4 Z=0
23 X=56 Y=14.4 Z=0
24 X=64 Y=14.4 Z=0
25 X=72 Y=14.4 Z=0
26 X=0 Y=21.6 Z=0
27 X=8 Y=21.6 Z=0
28 X=16 Y=21.6 Z=0
29 X=24 Y=21.6 Z=0
30 X=32 Y=21.6 Z=0
31 X=40 Y=21.6 Z=0
32 X=48 Y=21.6 Z=0
33 X=56 Y=21.6 Z=0
34 X=64 Y=21.6 Z=0
35 X=72 Y=21.6 Z=0
36 X=24 Y=26.4 Z=0
37 X=32 Y=26.4 Z=0
38 X=40 Y=26.4 Z=0
39 X=48 Y=26.4 Z=0
40 X=56 Y=26.4 Z=0
41 X=64 Y=26.4 Z=0
42 X=72 Y=26.4 Z=0
43 X=0 Y=0 Z=4.5
44 X=8 Y=0 Z=4.5
45 X=16 Y=0 Z=4.5
46 X=24 Y=0 Z=4.5
48 X=0 Y=7.2 Z=4.5
49 X=8 Y=7.2 Z=4.5
50 X=16 Y=7.2 Z=4.5
51 X=24 Y=7.2 Z=4.5
52 X=32 Y=7.2 Z=4.5
53 X=40 Y=7.2 Z=4.5
54 X=48 Y=7.2 Z=4.5
55 X=56 Y=7.2 Z=4.5
56 X=64 Y=7.2 Z=4.5
57 X=72 Y=7.2 Z=4.5
58 X=0 Y=14.4 Z=4.5
59 X=8 Y=14.4 Z=4.5
60 X=16 Y=14.4 Z=4.5
61 X=24 Y=14.4 Z=4.5
62 X=32 Y=14.4 Z=4.5
63 X=40 Y=14.4 Z=4.5
64 X=48 Y=14.4 Z=4.5
65 X=56 Y=14.4 Z=4.5
66 X=64 Y=14.4 Z=4.5
67 X=72 Y=14.4 Z=4.5
68 X=0 Y=21.6 Z=4.5
69 X=8 Y=21.6 Z=4.5
70 X=16 Y=21.6 Z=4.5
71 X=24 Y=21.6 Z=4.5
72 X=32 Y=21.6 Z=4.5
73 X=40 Y=21.6 Z=4.5
74 X=48 Y=21.6 Z=4.5
75 X=56 Y=21.6 Z=4.5
76 X=64 Y=21.6 Z=4.5
77 X=72 Y=21.6 Z=4.5
78 X=24 Y=26.4 Z=4.5
79 X=32 Y=26.4 Z=4.5
80 X=40 Y=26.4 Z=4.5
81 X=48 Y=26.4 Z=4.5
82 X=56 Y=26.4 Z=4.5
83 X=64 Y=26.4 Z=4.5
84 X=72 Y=26.4 Z=4.5
85 X=0 Y=0 Z=9
86 X=8 Y=0 Z=9
87 X=16 Y=0 Z=9
88 X=24 Y=0 Z=9
90 X=0 Y=7.2 Z=9
91 X=8 Y=7.2 Z=9
92 X=16 Y=7.2 Z=9
93 X=24 Y=7.2 Z=9
94 X=32 Y=7.2 Z=9
95 X=40 Y=7.2 Z=9
96 X=48 Y=7.2 Z=9
97 X=56 Y=7.2 Z=9
```

98	X=64	Y=7.2	Z=9	158	X=48	Y=21.6	Z=13.5
99	X=72	Y=7.2	Z=9	159	X=56	Y=21.6	Z=13.5
100	X=0	Y=14.4	Z=9	160	X=64	Y=21.6	Z=13.5
101	X=8	Y=14.4	Z=9	161	X=72	Y=21.6	Z=13.5
102	X=16	Y=14.4	Z=9	162	X=24	Y=26.4	Z=13.5
103	X=24	Y=14.4	Z=9	163	X=32	Y=26.4	Z=13.5
104	X=32	Y=14.4	Z=9	164	X=40	Y=26.4	Z=13.5
105	X=40	Y=14.4	Z=9	165	X=48	Y=26.4	Z=13.5
106	X=48	Y=14.4	Z=9	166	X=56	Y=26.4	Z=13.5
107	X=56	Y=14.4	Z=9	167	X=64	Y=26.4	Z=13.5
108	X=64	Y=14.4	Z=9	168	X=72	Y=26.4	Z=13.5
109	X=72	Y=14.4	Z=9	169	X=0	Y=0	Z=18
110	X=0	Y=21.6	Z=9	170	X=8	Y=0	Z=18
111	X=8	Y=21.6	Z=9	171	X=16	Y=0	Z=18
112	X=16	Y=21.6	Z=9	172	X=24	Y=0	Z=18
113	X=24	Y=21.6	Z=9	173	X=16	Y=-1.8	Z=36
114	X=32	Y=21.6	Z=9	174	X=0	Y=7.2	Z=18
115	X=40	Y=21.6	Z=9	175	X=8	Y=7.2	Z=18
116	X=48	Y=21.6	Z=9	176	X=16	Y=7.2	Z=18
117	X=56	Y=21.6	Z=9	177	X=24	Y=7.2	Z=18
118	X=64	Y=21.6	Z=9	178	X=32	Y=7.2	Z=18
119	X=72	Y=21.6	Z=9	179	X=40	Y=7.2	Z=18
120	X=24	Y=26.4	Z=9	180	X=48	Y=7.2	Z=18
121	X=32	Y=26.4	Z=9	181	X=56	Y=7.2	Z=18
122	X=40	Y=26.4	Z=9	182	X=0	Y=14.4	Z=19
123	X=48	Y=26.4	Z=9	183	X=8	Y=14.4	Z=18
124	X=56	Y=26.4	Z=9	184	X=16	Y=14.4	Z=18
125	X=64	Y=26.4	Z=9	185	X=24	Y=14.4	Z=18
126	X=72	Y=26.4	Z=9	186	X=32	Y=14.4	Z=18
127	X=0	Y=0	Z=13.5	187	X=40	Y=14.4	Z=18
128	X=8	Y=0	Z=13.5	188	X=48	Y=14.4	Z=18
129	X=16	Y=0	Z=13.5	189	X=56	Y=14.4	Z=18
130	X=24	Y=0	Z=13.5	190	X=0	Y=21.6	Z=18
132	X=0	Y=7.2	Z=13.5	191	X=8	Y=21.6	Z=18
133	X=8	Y=7.2	Z=13.5	192	X=16	Y=21.6	Z=18
134	X=16	Y=7.2	Z=13.5	193	X=24	Y=21.6	Z=18
135	X=24	Y=7.2	Z=13.5	194	X=32	Y=21.6	Z=18
136	X=32	Y=7.2	Z=13.5	195	X=40	Y=21.6	Z=18
137	X=40	Y=7.2	Z=13.5	196	X=48	Y=21.6	Z=18
138	X=48	Y=7.2	Z=13.5	197	X=56	Y=21.6	Z=18
139	X=56	Y=7.2	Z=13.5	198	X=24	Y=26.4	Z=18
140	X=64	Y=7.2	Z=13.5	199	X=32	Y=26.4	Z=18
141	X=72	Y=7.2	Z=13.5	200	X=40	Y=26.4	Z=18
142	X=0	Y=14.4	Z=13.5	201	X=0	Y=0	Z=22.5
143	X=8	Y=14.4	Z=13.5	202	X=8	Y=0	Z=22.5
144	X=16	Y=14.4	Z=13.5	203	X=16	Y=0	Z=22.5
145	X=24	Y=14.4	Z=13.5	204	X=24	Y=0	Z=22.5
146	X=32	Y=14.4	Z=13.5	205	X=8	Y=-2.6	Z=36
147	X=40	Y=14.4	Z=13.5	206	X=0	Y=7.2	Z=22.5
148	X=48	Y=14.4	Z=13.5	207	X=8	Y=7.2	Z=22.5
149	X=56	Y=14.4	Z=13.5	208	X=16	Y=7.2	Z=22.5
150	X=64	Y=14.4	Z=13.5	209	X=24	Y=7.2	Z=22.5
151	X=72	Y=14.4	Z=13.5	210	X=32	Y=7.2	Z=22.5
152	X=0	Y=21.6	Z=13.5	211	X=40	Y=7.2	Z=22.5
153	X=8	Y=21.6	Z=13.5	212	X=48	Y=7.2	Z=22.5
154	X=16	Y=21.6	Z=13.5	213	X=56	Y=7.2	Z=22.5
155	X=24	Y=21.6	Z=13.5	214	X=0	Y=14.4	Z=22.5
156	X=32	Y=21.6	Z=13.5	215	X=8	Y=14.4	Z=22.5
157	X=40	Y=21.6	Z=13.5	216	X=16	Y=14.4	Z=22.5

217	X=24	Y=14.4	Z=22.5	278	X=0	Y=14.4	Z=31.5
218	X=32	Y=14.4	Z=22.5	279	X=8	Y=14.4	Z=31.5
219	X=40	Y=14.4	Z=22.5	280	X=16	Y=14.4	Z=31.5
220	X=48	Y=14.4	Z=22.5	281	X=24	Y=14.4	Z=31.5
221	X=56	Y=14.4	Z=22.5	282	X=32	Y=14.4	Z=31.5
222	X=0	Y=21.6	Z=22.5	283	X=40	Y=14.4	Z=31.5
223	X=8	Y=21.6	Z=22.5	284	X=48	Y=14.4	Z=31.5
224	X=16	Y=21.6	Z=22.5	285	X=56	Y=14.4	Z=31.5
225	X=24	Y=21.6	Z=22.5	286	X=0	Y=21.6	Z=31.5
226	X=32	Y=21.6	Z=22.5	287	X=8	Y=21.6	Z=31.5
227	X=40	Y=21.6	Z=22.5	288	X=16	Y=21.6	Z=31.5
228	X=48	Y=21.6	Z=22.5	289	X=24	Y=21.6	Z=31.5
229	X=56	Y=21.6	Z=22.5	290	X=32	Y=21.6	Z=31.5
230	X=24	Y=26.4	Z=22.5	291	X=40	Y=21.6	Z=31.5
231	X=32	Y=26.4	Z=22.5	292	X=48	Y=21.6	Z=31.5
232	X=40	Y=26.4	Z=22.5	293	X=56	Y=21.6	Z=31.5
233	X=0	Y=0	Z=27	294	X=24	Y=26.4	Z=31.5
234	X=8	Y=0	Z=27	295	X=32	Y=26.4	Z=31.5
235	X=16	Y=0	Z=27	296	X=40	Y=26.4	Z=31.5
236	X=24	Y=0	Z=27	297	X=0	Y=0	Z=36
238	X=0	Y=7.2	Z=27	298	X=8	Y=0	Z=36
239	X=8	Y=7.2	Z=27	299	X=16	Y=0	Z=36
240	X=16	Y=7.2	Z=27	300	X=24	Y=0	Z=36
241	X=24	Y=7.2	Z=27	301	X=0	Y=-2.5	Z=36
242	X=32	Y=7.2	Z=27	302	X=0	Y=7.2	Z=36
243	X=40	Y=7.2	Z=27	303	X=8	Y=7.2	Z=36
244	X=48	Y=7.2	Z=27	304	X=16	Y=7.2	Z=36
245	X=56	Y=7.2	Z=27	305	X=24	Y=7.2	Z=36
246	X=0	Y=14.4	Z=27	306	X=32	Y=7.2	Z=36
247	X=8	Y=14.4	Z=27	307	X=40	Y=7.2	Z=36
248	X=16	Y=14.4	Z=27	308	X=48	Y=7.2	Z=36
249	X=24	Y=14.4	Z=27	309	X=56	Y=7.2	Z=36
250	X=32	Y=14.4	Z=27	310	X=0	Y=14.4	Z=36
251	X=40	Y=14.4	Z=27	311	X=8	Y=14.4	Z=36
252	X=48	Y=14.4	Z=27	312	X=16	Y=14.4	Z=36
253	X=56	Y=14.4	Z=27	313	X=24	Y=14.4	Z=36
254	X=0	Y=21.6	Z=27	314	X=32	Y=14.4	Z=36
255	X=8	Y=21.6	Z=27	315	X=40	Y=14.4	Z=36
256	X=16	Y=21.6	Z=27	316	X=48	Y=14.4	Z=36
257	X=24	Y=21.6	Z=27	317	X=56	Y=14.4	Z=36
258	X=32	Y=21.6	Z=27	318	X=0	Y=21.6	Z=36
259	X=40	Y=21.6	Z=27	319	X=8	Y=21.6	Z=36
260	X=48	Y=21.6	Z=27	320	X=16	Y=21.6	Z=36
261	X=56	Y=21.6	Z=27	321	X=24	Y=21.6	Z=36
262	X=24	Y=26.4	Z=27	322	X=32	Y=21.6	Z=36
263	X=32	Y=26.4	Z=27	323	X=40	Y=21.6	Z=36
264	X=40	Y=26.4	Z=27	324	X=48	Y=21.6	Z=36
265	X=0	Y=0	Z=31.5	325	X=56	Y=21.6	Z=36
266	X=8	Y=0	Z=31.5	326	X=24	Y=26.4	Z=36
267	X=16	Y=0	Z=31.5	327	X=32	Y=26.4	Z=36
268	X=24	Y=0	Z=31.5	328	X=40	Y=26.4	Z=36
270	X=0	Y=7.2	Z=31.5	329	X=-3	Y=0	Z=36
271	X=8	Y=7.2	Z=31.5	330	X=-1.5	Y=7.2	Z=36
272	X=16	Y=7.2	Z=31.5	331	X=-1.5	Y=21.6	Z=36
273	X=24	Y=7.2	Z=31.5	332	X=32	Y=4	Z=36
274	X=32	Y=7.2	Z=31.5	333	X=32	Y=4	Z=31.5
275	X=40	Y=7.2	Z=31.5	334	X=16	Y=-1.8	Z=31.5
276	X=48	Y=7.2	Z=31.5	335	X=8	Y=-2.6	Z=31.5
277	X=56	Y=7.2	Z=31.5	336	X=32	Y=4	Z=27

337 X=16 Y=-1.8 Z=27
 338 X=8 Y=-2.6 Z=27
 339 X=32 Y=4 Z=22.5
 340 X=16 Y=-1.8 Z=22.5
 341 X=8 Y=-2.6 Z=22.5
 342 X=32 Y=4 Z=18
 343 X=16 Y=-1.8 Z=18
 344 X=8 Y=-2.6 Z=18
 345 X=32 Y=4 Z=13.5
 346 X=16 Y=-1.8 Z=13.5
 347 X=8 Y=-2.6 Z=13.5
 348 X=32 Y=4 Z=9
 349 X=16 Y=-1.8 Z=9
 350 X=8 Y=-2.6 Z=9
 351 X=32 Y=4 Z=4.5
 352 X=16 Y=-1.8 Z=4.5
 353 X=8 Y=-2.6 Z=4.5
 354 X=0 Y=-2.5 Z=9
 355 X=-3 Y=0 Z=9
 356 X=-1.5Y=7.2 Z=9
 357 X=0 Y=-2.5 Z=13.5
 358 X=-3 Y=0 Z=13.5
 359 X=-1.5Y=7.2 Z=13.5
 360 X=0 Y=-2.5 Z=4.5
 361 X=-3 Y=0 Z=4.5
 362 X=-1.5Y=7.2 Z=4.5
 363 X=-1.5Y=7.2 Z=18
 364 X=-3 Y=0 Z=18
 365 X=0 Y=-2.5 Z=18
 366 X=-3 Y=0 Z=22.5
 367 X=0 Y=-2.5 Z=22.5
 368 X=-1.5Y=7.2 Z=22.5
 369 X=-1.5Y=7.2 Z=27
 370 X=-3 Y=0 Z=27
 371 X=0 Y=-2.5 Z=27
 372 X=0 Y=-2.5 Z=31.5
 373 X=-3 Y=0 Z=31.5
 374 X=-1.5Y=7.2 Z=31.5
 375 X=-1.5Y=21.6 Z=31.5
 376 X=-1.5Y=21.6 Z=27
 377 X=-1.5Y=21.6 Z=22.5
 378 X=-1.5Y=21.6 Z=18
 379 X=-1.5Y=21.6 Z=13.5
 380 X=-1.5Y=21.6 Z=9
 381 X=-1.5Y=21.6 Z=4.5

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=2 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=8 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=9 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

ADD=14 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=19 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=20 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=21 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=22 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=24 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=25 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=26 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=27 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=28 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=29 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=30 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=31 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=33 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=35 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=36 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=37 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=38 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=39 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=40 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=41 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=42 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

CONSTRAINT

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH2 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH3 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH4 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH5 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH6 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH7 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH8 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS

ADD=313 U1=65947.98 U2=65947.98
ADD=185 U1=63284.8 U2=63284.8
ADD=217 U1=63284.8 U2=63284.8
ADD=249 U1=63284.8 U2=63284.8
ADD=281 U1=63284.8 U2=63284.8
ADD=62 U1=82411.64 U2=82411.64
ADD=104 U1=82411.64 U2=82411.64
ADD=146 U1=82411.64 U2=82411.64

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531031E-07
NAME=CONC IDES=C M=244.9339 W=2402.451
T=0 E=2.625E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=FRAMES IDES=N M=244.52 W=2400
T=0 E=2.575E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=SHELL IDES=N M=244.52 W=2400
T=0 E=2.781E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=BALOK MAT=FRAMES SH=R T=.75,.48 A=.3375 J=1.426294E-02
I=1.582031E-02,5.695312E-03 AS=.28125,.28125
NAME=KOLONG MAT=FRAMES SH=R T=.6,.6 A=.36 J=.018252 I=.0108,.0108
AS=.3,.3

SHELL SECTION

NAME=SHELL MAT=SHELL TYPE=Shell,Thin TH=.3

FRAME

* TIDAK DIPERLIHATKAN

SHELL

* TIDAK DIPERLIHATKAN

LOAD

NAME=SELF SW=1 CSYS=0
NAME=SELF SW=1 CSYS=0
NAME=TORSI CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=313 RZ=3931169
ADD=281 RZ=2904414
ADD=249 RZ=2208677
ADD=217 RZ=1479318
ADD=185 RZ=655230.4
ADD=146 RZ=-1395005
ADD=104 RZ=-940640
ADD=62 RZ=-472542

MODE

TYPE=EIGEN N=24 TOL=.00001

FUNCTION

NAME=UBC97C NPL=1 PRINT=Y

0 .104
.1164 .26
.2 .26
.3 .26
.4 .26
.582 .26
.6 .2521
.7 .2161
.8 .1891
.9 .1681
1 .1513
1.5 .1008
2 .0756
2.5 .0603
3 .0504
5 .0303

SPEC

NAME=SPEC1 MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05

ACC=U1 FUNC=UBC97C SF=9.815

ACC=U2 FUNC=UBC97C SF=9.815

COMBO

NAME=COMB1

SPEC=SPEC1 SF=1.1

LOAD=TORSI SF=1

NAME=COMB2

SPEC=SPEC1 SF=1

LOAD=TORSI SF=1

OUTPUT

ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=COMB1

ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=COMB2

END

Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : PEMODELAN 4
 Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
 Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.

Satuan : Kgm

```

SYSTEM
  DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ
  LENGTH=m FORCE=Kgf
  PAGE=SECTIONS

JOINT
  1 X=0 Y=0 Z=0
  2 X=8 Y=0 Z=0
  3 X=16 Y=0 Z=0
  4 X=24 Y=0 Z=0
  6 X=0 Y=7.2 Z=0
  7 X=8 Y=7.2 Z=0
  8 X=16 Y=7.2 Z=0
  9 X=24 Y=7.2 Z=0
  10 X=32 Y=7.2 Z=0
  11 X=40 Y=7.2 Z=0
  12 X=48 Y=7.2 Z=0
  13 X=56 Y=7.2 Z=0
  14 X=64 Y=7.2 Z=0
  15 X=72 Y=7.2 Z=0
  16 X=0 Y=14.4 Z=0
  17 X=8 Y=14.4 Z=0
  18 X=16 Y=14.4 Z=0
  19 X=24 Y=14.4 Z=0
  20 X=32 Y=14.4 Z=0
  21 X=40 Y=14.4 Z=0
  22 X=48 Y=14.4 Z=0
  23 X=56 Y=14.4 Z=0
  24 X=64 Y=14.4 Z=0
  25 X=72 Y=14.4 Z=0
  26 X=0 Y=21.6 Z=0
  27 X=8 Y=21.6 Z=0
  28 X=16 Y=21.6 Z=0
  29 X=24 Y=21.6 Z=0
  30 X=32 Y=21.6 Z=0
  31 X=40 Y=21.6 Z=0
  32 X=48 Y=21.6 Z=0
  33 X=56 Y=21.6 Z=0
  34 X=64 Y=21.6 Z=0
  35 X=72 Y=21.6 Z=0
  36 X=24 Y=26.4 Z=0
  37 X=32 Y=26.4 Z=0
  38 X=40 Y=26.4 Z=0
  39 X=48 Y=26.4 Z=0
  40 X=56 Y=26.4 Z=0
  41 X=64 Y=26.4 Z=0
  42 X=72 Y=26.4 Z=0
  43 X=0 Y=0 Z=4.5
  44 X=8 Y=0 Z=4.5
  45 X=16 Y=0 Z=4.5
  46 X=24 Y=0 Z=4.5
  48 X=0 Y=7.2 Z=4.5
  49 X=8 Y=7.2 Z=4.5
  50 X=16 Y=7.2 Z=4.5
  51 X=24 Y=7.2 Z=4.5
  52 X=32 Y=7.2 Z=4.5
  53 X=40 Y=7.2 Z=4.5
  54 X=48 Y=7.2 Z=4.5
  55 X=56 Y=7.2 Z=4.5
  56 X=64 Y=7.2 Z=4.5
  57 X=72 Y=7.2 Z=4.5
  58 X=0 Y=14.4 Z=4.5
  59 X=8 Y=14.4 Z=4.5
  60 X=16 Y=14.4 Z=4.5
  61 X=24 Y=14.4 Z=4.5
  62 X=32 Y=14.4 Z=4.5
  63 X=40 Y=14.4 Z=4.5
  64 X=48 Y=14.4 Z=4.5
  65 X=56 Y=14.4 Z=4.5
  66 X=64 Y=14.4 Z=4.5
  67 X=72 Y=14.4 Z=4.5
  68 X=0 Y=21.6 Z=4.5
  69 X=8 Y=21.6 Z=4.5
  70 X=16 Y=21.6 Z=4.5
  71 X=24 Y=21.6 Z=4.5
  72 X=32 Y=21.6 Z=4.5
  73 X=40 Y=21.6 Z=4.5
  74 X=48 Y=21.6 Z=4.5
  75 X=56 Y=21.6 Z=4.5
  76 X=64 Y=21.6 Z=4.5
  77 X=72 Y=21.6 Z=4.5
  78 X=24 Y=26.4 Z=4.5
  79 X=32 Y=26.4 Z=4.5
  80 X=40 Y=26.4 Z=4.5
  81 X=48 Y=26.4 Z=4.5
  82 X=56 Y=26.4 Z=4.5
  83 X=64 Y=26.4 Z=4.5
  84 X=72 Y=26.4 Z=4.5
  85 X=0 Y=0 Z=9
  86 X=8 Y=0 Z=9
  87 X=16 Y=0 Z=9
  88 X=24 Y=0 Z=9
  90 X=0 Y=7.2 Z=9
  91 X=8 Y=7.2 Z=9
  92 X=16 Y=7.2 Z=9
  93 X=24 Y=7.2 Z=9
  94 X=32 Y=7.2 Z=9
  95 X=40 Y=7.2 Z=9
  96 X=48 Y=7.2 Z=9
  97 X=56 Y=7.2 Z=9
    
```

98	X=64	Y=7.2	Z=9	158	X=48	Y=21.6	Z=13.5
99	X=72	Y=7.2	Z=9	159	X=56	Y=21.6	Z=13.5
100	X=0	Y=14.4	Z=9	160	X=64	Y=21.6	Z=13.5
101	X=8	Y=14.4	Z=9	161	X=72	Y=21.6	Z=13.5
102	X=16	Y=14.4	Z=9	162	X=24	Y=26.4	Z=13.5
103	X=24	Y=14.4	Z=9	163	X=32	Y=26.4	Z=13.5
104	X=32	Y=14.4	Z=9	164	X=40	Y=26.4	Z=13.5
105	X=40	Y=14.4	Z=9	165	X=48	Y=26.4	Z=13.5
106	X=48	Y=14.4	Z=9	166	X=56	Y=26.4	Z=13.5
107	X=56	Y=14.4	Z=9	167	X=64	Y=26.4	Z=13.5
108	X=64	Y=14.4	Z=9	168	X=72	Y=26.4	Z=13.5
109	X=72	Y=14.4	Z=9	169	X=0	Y=0	Z=18
110	X=0	Y=21.6	Z=9	170	X=8	Y=0	Z=18
111	X=8	Y=21.6	Z=9	171	X=16	Y=0	Z=18
112	X=16	Y=21.6	Z=9	172	X=24	Y=0	Z=18
113	X=24	Y=21.6	Z=9	173	X=16	Y=-1.8	Z=36
114	X=32	Y=21.6	Z=9	174	X=0	Y=7.2	Z=18
115	X=40	Y=21.6	Z=9	175	X=8	Y=7.2	Z=18
116	X=48	Y=21.6	Z=9	176	X=16	Y=7.2	Z=18
117	X=56	Y=21.6	Z=9	177	X=24	Y=7.2	Z=18
118	X=64	Y=21.6	Z=9	178	X=32	Y=7.2	Z=18
119	X=72	Y=21.6	Z=9	179	X=40	Y=7.2	Z=18
120	X=24	Y=26.4	Z=9	180	X=48	Y=7.2	Z=18
121	X=32	Y=26.4	Z=9	181	X=56	Y=7.2	Z=18
122	X=40	Y=26.4	Z=9	182	X=0	Y=14.4	Z=18
123	X=48	Y=26.4	Z=9	183	X=8	Y=14.4	Z=18
124	X=56	Y=26.4	Z=9	184	X=16	Y=14.4	Z=18
125	X=64	Y=26.4	Z=9	185	X=24	Y=14.4	Z=18
126	X=72	Y=26.4	Z=9	186	X=32	Y=14.4	Z=18
127	X=0	Y=0	Z=13.5	187	X=40	Y=14.4	Z=18
128	X=8	Y=0	Z=13.5	188	X=48	Y=14.4	Z=18
129	X=16	Y=0	Z=13.5	189	X=56	Y=14.4	Z=18
130	X=24	Y=0	Z=13.5	190	X=0	Y=21.6	Z=18
132	X=0	Y=7.2	Z=13.5	191	X=8	Y=21.6	Z=18
133	X=8	Y=7.2	Z=13.5	192	X=16	Y=21.6	Z=18
134	X=16	Y=7.2	Z=13.5	193	X=24	Y=21.6	Z=18
135	X=24	Y=7.2	Z=13.5	194	X=32	Y=21.6	Z=18
136	X=32	Y=7.2	Z=13.5	195	X=40	Y=21.6	Z=18
137	X=40	Y=7.2	Z=13.5	196	X=48	Y=21.6	Z=18
138	X=48	Y=7.2	Z=13.5	197	X=56	Y=21.6	Z=18
139	X=56	Y=7.2	Z=13.5	198	X=24	Y=26.4	Z=18
140	X=64	Y=7.2	Z=13.5	199	X=32	Y=26.4	Z=18
141	X=72	Y=7.2	Z=13.5	200	X=40	Y=26.4	Z=18
142	X=0	Y=14.4	Z=13.5	201	X=0	Y=0	Z=22.5
143	X=8	Y=14.4	Z=13.5	202	X=8	Y=0	Z=22.5
144	X=16	Y=14.4	Z=13.5	203	X=16	Y=0	Z=22.5
145	X=24	Y=14.4	Z=13.5	204	X=24	Y=0	Z=22.5
146	X=32	Y=14.4	Z=13.5	205	X=8	Y=-2.6	Z=36
147	X=40	Y=14.4	Z=13.5	206	X=0	Y=7.2	Z=22.5
148	X=48	Y=14.4	Z=13.5	207	X=8	Y=7.2	Z=22.5
149	X=56	Y=14.4	Z=13.5	208	X=16	Y=7.2	Z=22.5
150	X=64	Y=14.4	Z=13.5	209	X=24	Y=7.2	Z=22.5
151	X=72	Y=14.4	Z=13.5	210	X=32	Y=7.2	Z=22.5
152	X=0	Y=21.6	Z=13.5	211	X=40	Y=7.2	Z=22.5
153	X=8	Y=21.6	Z=13.5	212	X=48	Y=7.2	Z=22.5
154	X=16	Y=21.6	Z=13.5	213	X=56	Y=7.2	Z=22.5
155	X=24	Y=21.6	Z=13.5	214	X=0	Y=14.4	Z=22.5
156	X=32	Y=21.6	Z=13.5	215	X=8	Y=14.4	Z=22.5
157	X=40	Y=21.6	Z=13.5	216	X=16	Y=14.4	Z=22.5

217	X=24	Y=14.4	Z=22.5	278	X=0	Y=14.4	Z=31.5
218	X=32	Y=14.4	Z=22.5	279	X=8	Y=14.4	Z=31.5
219	X=40	Y=14.4	Z=22.5	280	X=16	Y=14.4	Z=31.5
220	X=48	Y=14.4	Z=22.5	281	X=24	Y=14.4	Z=31.5
221	X=56	Y=14.4	Z=22.5	282	X=32	Y=14.4	Z=31.5
222	X=0	Y=21.6	Z=21.5	283	X=40	Y=14.4	Z=31.5
223	X=8	Y=21.6	Z=22.5	284	X=48	Y=14.4	Z=31.5
224	X=16	Y=21.6	Z=22.5	285	X=56	Y=14.4	Z=31.5
225	X=24	Y=21.6	Z=22.5	286	X=0	Y=21.6	Z=31.5
226	X=32	Y=21.6	Z=22.5	287	X=8	Y=21.6	Z=31.5
227	X=40	Y=21.6	Z=22.5	288	X=16	Y=21.6	Z=31.5
228	X=48	Y=21.6	Z=22.5	289	X=24	Y=21.6	Z=31.5
229	X=56	Y=21.6	Z=22.5	290	X=32	Y=21.6	Z=31.5
230	X=24	Y=26.4	Z=22.5	291	X=40	Y=21.6	Z=31.5
231	X=32	Y=26.4	Z=22.5	292	X=48	Y=21.6	Z=31.5
232	X=40	Y=26.4	Z=22.5	293	X=56	Y=21.6	Z=31.5
233	X=0	Y=0	Z=27	294	X=24	Y=26.4	Z=31.5
234	X=8	Y=0	Z=27	295	X=32	Y=26.4	Z=31.5
235	X=16	Y=0	Z=27	296	X=40	Y=26.4	Z=31.5
236	X=24	Y=0	Z=27	297	X=0	Y=0	Z=36
238	X=0	Y=7.2	Z=27	298	X=8	Y=0	Z=36
239	X=8	Y=7.2	Z=27	299	X=16	Y=0	Z=36
240	X=16	Y=7.2	Z=27	300	X=24	Y=0	Z=36
241	X=24	Y=7.2	Z=27	301	X=0	Y=-2.5	Z=36
242	X=32	Y=7.2	Z=27	302	X=0	Y=7.2	Z=36
243	X=40	Y=7.2	Z=27	303	X=8	Y=7.2	Z=36
244	X=48	Y=7.2	Z=27	304	X=16	Y=7.2	Z=36
245	X=56	Y=7.2	Z=27	305	X=24	Y=7.2	Z=36
246	X=0	Y=14.4	Z=27	306	X=32	Y=7.2	Z=36
247	X=8	Y=14.4	Z=27	307	X=40	Y=7.2	Z=36
248	X=16	Y=14.4	Z=27	308	X=48	Y=7.2	Z=36
249	X=24	Y=14.4	Z=27	309	X=56	Y=7.2	Z=36
250	X=32	Y=14.4	Z=27	310	X=0	Y=14.4	Z=36
251	X=40	Y=14.4	Z=27	311	X=8	Y=14.4	Z=36
252	X=48	Y=14.4	Z=27	312	X=16	Y=14.4	Z=36
253	X=56	Y=14.4	Z=27	313	X=24	Y=14.4	Z=36
254	X=0	Y=21.6	Z=27	314	X=32	Y=14.4	Z=36
255	X=8	Y=21.6	Z=27	315	X=40	Y=14.4	Z=36
256	X=16	Y=21.6	Z=27	316	X=48	Y=14.4	Z=36
257	X=24	Y=21.6	Z=27	317	X=56	Y=14.4	Z=36
258	X=32	Y=21.6	Z=27	318	X=0	Y=21.6	Z=36
259	X=40	Y=21.6	Z=27	319	X=8	Y=21.6	Z=36
260	X=48	Y=21.6	Z=27	320	X=16	Y=21.6	Z=36
261	X=56	Y=21.6	Z=27	321	X=24	Y=21.6	Z=36
262	X=24	Y=26.4	Z=27	322	X=32	Y=21.6	Z=36
263	X=32	Y=26.4	Z=27	323	X=40	Y=21.6	Z=36
264	X=40	Y=26.4	Z=27	324	X=48	Y=21.6	Z=36
265	X=0	Y=0	Z=31.5	325	X=56	Y=21.6	Z=36
266	X=8	Y=0	Z=31.5	326	X=24	Y=26.4	Z=36
267	X=16	Y=0	Z=31.5	327	X=32	Y=26.4	Z=36
268	X=24	Y=0	Z=31.5	328	X=40	Y=26.4	Z=36
270	X=0	Y=7.2	Z=31.5	329	X=-3	Y=0	Z=36
271	X=8	Y=7.2	Z=31.5	330	X=-1.5	Y=7.2	Z=36
272	X=16	Y=7.2	Z=31.5	331	X=-1.5	Y=21.6	Z=36
273	X=24	Y=7.2	Z=31.5	332	X=32	Y=4	Z=36
274	X=32	Y=7.2	Z=31.5	333	X=32	Y=4	Z=31.5
275	X=40	Y=7.2	Z=31.5	334	X=16	Y=-1.8	Z=31.5
276	X=48	Y=7.2	Z=31.5	335	X=8	Y=-2.6	Z=31.5
277	X=56	Y=7.2	Z=31.5	336	X=32	Y=4	Z=27

337 X=16 Y=-1.8 Z=27
 338 X=8 Y=-2.6 Z=27
 339 X=32 Y=4 Z=22.5
 340 X=16 Y=-1.8 Z=22.5
 341 X=8 Y=-2.6 Z=22.5
 342 X=32 Y=4 Z=18
 343 X=16 Y=-1.8 Z=18
 344 X=8 Y=-2.6 Z=18
 345 X=32 Y=4 Z=13.5
 346 X=16 Y=-1.8 Z=13.5
 347 X=8 Y=-2.6 Z=13.5
 348 X=32 Y=4 Z=9
 349 X=16 Y=-1.8 Z=9
 350 X=8 Y=-2.6 Z=9
 351 X=32 Y=4 Z=4.5
 352 X=16 Y=-1.8 Z=4.5
 353 X=8 Y=-2.6 Z=4.5
 354 X=0 Y=-2.5 Z=9
 355 X=-3 Y=0 Z=9
 356 X=-1.5Y=7.2 Z=9
 357 X=0 Y=-2.5 Z=13.5
 358 X=-3 Y=0 Z=13.5
 359 X=-1.5Y=7.2 Z=13.5
 360 X=0 Y=-2.5 Z=4.5
 361 X=-3 Y=0 Z=4.5
 362 X=-1.5Y=7.2 Z=4.5
 363 X=-1.5Y=7.2 Z=18
 364 X=-3 Y=0 Z=18
 365 X=0 Y=-2.5 Z=18
 366 X=-3 Y=0 Z=22.5
 367 X=0 Y=-2.5 Z=22.5
 368 X=-1.5Y=7.2 Z=22.5
 369 X=-1.5Y=7.2 Z=27
 370 X=-3 Y=0 Z=27
 371 X=0 Y=-2.5 Z=27
 372 X=0 Y=-2.5 Z=31.5
 373 X=-3 Y=0 Z=31.5
 374 X=-1.5Y=7.2 Z=31.5
 375 X=-1.5Y=21.6 Z=31.5
 376 X=-1.5Y=21.6 Z=27
 377 X=-1.5Y=21.6 Z=22.5
 378 X=-1.5Y=21.6 Z=18
 379 X=-1.5Y=21.6 Z=13.5
 380 X=-1.5Y=21.6 Z=9
 381 X=-1.5Y=21.6 Z=4.5

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=2 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=8 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=9 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=11 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

ADD=14 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=19 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=20 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=21 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=22 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=24 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=25 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=26 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=27 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=29 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=29 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=30 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=31 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=33 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=35 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=36 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=37 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=38 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=39 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=40 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=41 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
 ADD=42 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

CONSTRAINT

NAME=DIAPH1 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH2 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH3 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH4 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH5 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH6 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH7 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN
 NAME=DIAPH8 TYPE=DIAPH AXIS=Z
 CSYS=0
 * TIDAK DIPERLIHATKAN

PATTERN
NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531651E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8339 W=2402.451
T=0 E=2.625E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=FRAMES IDES=N M=.0001 W=.001
T=0 E=2.575E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=SHELL IDES=N M=.0001 W=.001
T=0 E=2.781E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=BALOK MAT=FRAMES SH=R T=.75,.45 A=.3375 J=1.426294E-02
I=1.582031E-02,5.695312E-03 AS=.28125,.28125
NAME=KOLOM MAT=FRAMES SH=R T=.6,.6 A=.36 J=.018252 I=.0108,.0108
AS=.3,.3

SHELL SECTION

NAME=SHELL MAT=SHELL TYPE=Shell,Thin TH=.3

FRAME

* TIDAK DIPERLIHATKAN

SHELL

* TIDAK DIPERLIHATKAN

LOAD

* TIDAK DIPERLIHATKAN (input Drift tiap lantai)

Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : Pemodelan Tangga
Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.
Satuan : Kgm

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KgF PAGE=SECTIONS

JOINT

13 X=0 Y=0 Z=2.25
14 X=1.25 Y=0 Z=2.25
15 X=3.75 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=13 DOF=U3
ADD=15 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8339 W=2402.451
T=0 E=2.625E+09 U=.3 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=244.8012 W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=CONC SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03
I=.003125,.001125 AS=.125,.125

FRAME

15 J=13,14 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0
16 J=14,15 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0

LOAD

NAME=LOAD1 CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=15 RD=0,1 UZ=-1122,-1122
ADD=16 RD=0,1 UZ=-1538.288,-1538.288

OUTPUT

; No Output Requested

END

Program SAP 2000 Nonlinear Version 7.42

Input Files : Pemodelan Balok Anak Sebelum Komposit
Project : Modifikasi Perencanaan RSUD Dr Soetomo Dengan Metode
Pracetak Memakai Sistem Building Frames System.
Satuan : Kgm

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KgF PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=-3.6 Y=0 Z=0
2 X=3.6 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R3
ADD=2 DOF=U1,U2,U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.039E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8339 W=2400
T=0 E=2.57E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=244.8012 W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=CONC SH=R T=.6,.4 A=.24 J=7.512494E-03
I=.0072,.0032 AS=.2,.2

FRAME

1 J=1,2 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=QU1 CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=1 RD=0,1 UZ=-1769.81,-1769.81
NAME=QU2 CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=1 RD=.3611111,.6388889 UZ=-1920,-1920

COMBO

NAME=COMB1
LOAD=QU1 SF=1
LOAD=QU2 SF=1

OUTPUT

ELEM=FRAME TYPE=FORCE COMB=COMB1

END

