

15.377/4/02

## TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
UNIVERSITAS WIDYA MANDALA SURABAYA  
DENGAN METODE PRACETAK

15.377/4/02



Disusun Oleh :

**FERRY HARDANTO**

NRP : 3198.109.523

RSS  
690.73  
Her  
m-1  
2001

JURUSAN TEKNIK SIPIL EXTENSION  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

2001

08/01/02  
N  
16.44.29

# **TUGAS AKHIR**

## **MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS WIDYA MANDALA SURABAYA DENGAN METODE PRACETAK**

**Mengetahui**

**Dosen Pembimbing :**



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

ABSTRAK TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG**

**UNIVERSITAS WIDYA MANDALA SURABAYA**

**DENGAN METODE PRACETAK**

---

Oleh :

*Ferry Hardanto*

3198109523

Dosen Pembimbing :

Ir. Kurdian Suprapto, Ms

Metode pracetak merupakan pengembangan teknologi dalam bidang jasa konstruksi yang dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi terutama dalam hal pemanfaatan waktu dan kualitas. Perencanaan bangunan sistem komponen beton pracetak tidak boleh mengurangi kekakuan, kekuatan, daktilitas serta ketabilan dari bangunan itu sendiri dalam menerima beban gravitasi dan beban lateral.

Dalam perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini, sistem struktur yang digunakan adalah kombinasi portal terbuka dan dinding geser (Wall Frame). Sistem pracetak yang diterapkan adalah sistem pracetak sebagian untuk elemen balok dan pelat. Untuk kolom, tangga dan shearwall dicor setempat. Pemilihan sistem ini berdasarkan pemikiran, bahwa pelaksanaan pemasangan elemen horizontal pracetak (pelat dan balok) lebih mudah dari pada pemasangan elemen vertical (kolom). Pemasangan elemen vertical memerlukan sistem sambungan yang lebih rumit, seperti menggunakan sambungan mekanik atau las, sedangkan elemen horizontal cukup dengan sambungan basah dan panjang penyaluran saja.

Sistem portal daktail yang dipilih untuk menahan beban lateral yang ada akibat beban maupun beban gravitasi adalah daktail terbatas. Elemen-elemen pracetak diperhitungkan juga terhadap gaya angkat pada saat pengangkatan dan pemasangan.

Akhirnya secara keseluruhan struktur gedung ini harus mampu bersifat daktail terhadap gaya gempa rencana, serta harus mampu untuk berdeformasi diluar batas elastis tanpa mengalami pengurangan kekuatan secara berlebihan.

Hasil perencanaan keseluruhan dari gedung ini dituangkan dalam gambar.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat ahmat-NYA kami dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Penulisan yang berjudul Modifikasi Struktur Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya Dengan Metode Pracetak ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada program sarjana dijurusan teknik sipil ITS, serta disamping itu untuk menambah wawasan penulis tentang pengetahuan serta teknologi dibidang Teknik Sipil.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat pada Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan segala masukan serta kritikan yang membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dengan tersusunnya Tugas Akhir ini, penulis berharap agar dapat bermanfaat baik bagi penulis secara pribadi maupun bagi Civitas Akademika Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Surabaya, July 2001

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah membantu baik dari segi moril maupun materiil sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Kurdian Suprapto, MS, selaku Dosen Pembimbing, yang berperan besar dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Indra Surya B Mochtar, Msc, Phd, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
3. Ibu Ir. Fifi Sofia, selaku dosen wali.
4. Seluruh staf dan karyawan jurusan Teknik Sipil ITS.
5. Keluargaku tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik moril maupun materiil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Temanku "Rahmat" yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PENGESAHAN

### ABSTRAK

**KATA PENGANTAR** i

**UCAPAN TERIMA KASIH** i

**DAFTAR ISI** iii

### BAB I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang	I - 1
1.2.Tujuan	I - 2
1.3.Ruang lingkup bahasan	I - 2
1.4.Metode Perencanaan	I - 3

### BAB II. DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1. Umum	II - 1
2.2. Data-data Bangunan	II - 2
2.3. Data-data Tanah	II - 3
2.4. Peraturan-peraturan Perencanaan	II - 3
2.5. Pembebaran	II - 4
2.5.1. Definisi Beban	II - 4
2.5.2. Kombinasi Pembebaran	II - 5

2.6. Asumsi dan Metode Analisa	II - 6
2.6.1. Asumsi	II - 6
2.6.2. Metode Analisa	II - 6
2.7. Daktilitas	II - 6
2.7.1. Definisi Daktilitas	II - 6
2.7.2. Tingkat Daktilitas	II - 7

### **BAB III. PENGANTAR BETON PRACETAK**

3.1. Definisi Beton Pracetak	III - 1
3.2. Beton Pracetak Sebagai Material dan Sebagai Metode Konstruksi	III - 1
3.3. Pabrikasi Beton Pracetak	III - 3
3.4. Filosofi Design	III - 3
3.5. Transportasi Komponen Pracetak	III - 4
3.6. Pemasangan Elemen Pracetak	III - 6
3.6.1. Site Plan	III - 6
3.6.2. Peralatan	III - 7
3.6.3. Siklus Pemasangan	III - 7
3.6.4. Tenaga	III - 7
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 Daktail dengan Cor Setempat	III - 9
3.8.2. Sambungan Daktail dengan Las	III - 10

3.8.3. Sambungan Daktail Mekanik	III - 12
3.8.4. Sambungan Daktail dengan Sistem Baut	III - 13

#### **BAB IV. PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

4.1. Umum	IV - 1
4.2. Perencanaan Pelat Pracetak	IV - 1
4.2.1. Preliminary Desain	IV - 2
4.2.1.1. Perencanaan Dimensi Balok	IV - 2
4.2.1.2. Perencanaan Tebal Pelat	IV - 4
4.2.2. Data Perencanaan Pelat	IV - 12
4.2.3. Pembebanan Struktur Pelat	IV - 12
4.2.4. Kombinasi Pembebanan	IV - 15
4.2.5. Perhitungan Pelat Pracetak	IV - 16
4.2.5.1. Permodelan dan Analisa Gaya Dalam	IV - 16
4.2.5.2. Perencanaan Penulangan Pelat	IV - 17
4.2.5.3. Perhitungan Tulangan Peiat Sebelum Komposit	IV - 19
4.2.5.4. Perhitungan Tulangan Pelat Sesudah Komposit	IV - 22
4.2.5.5. Perhitungan Tulangan Akhir	IV - 26
4.2.6. Kontrol Lendutan dan Retak	IV - 27
4.2.6.1. Kontrol Lendutan	IV - 27
4.2.6.2. Kontrol Retak	IV - 27
4.2.7. Panjang Penyaluran Tulangan Pelat	IV - 27
4.2.8. Penulangan Stud Pelat Lantai	IV - 28

4.2.9. Perhitungan Tulangan Angkat	IV - 30
4.3. Perencanaan Balok Cucu dan Balok Anak Pracetak	IV - 33
4.3.1. Data-data Perencanaan	IV - 33
4.3.2. Pembebanan Balok Anak	IV - 33
4.3.2.1. Type-type Pembebanan	IV - 33
4.3.2.2. Pola Pembebanan Balok	IV - 34
4.3.2.3. Perhitungan Pembebanan	IV - 35
4.3.3. Penulangan Balok Cucu dan Balok Anak	IV - 40
4.3.3.1. Penulangan Lentur dan Geser Balok Cucu dan Balok Anak	IV - 40
4.3.3.2. Contoh Perhitungan Penulangan Balok Cucu	IV - 42
4.3.3.3. Contoh Perhitungan Penulangan Balok Anak	IV - 51
4.3.4. Kontrol Lendutan dan Retak	IV - 64
4.3.4.1. Kontrol Lendutan	IV - 64
4.3.4.2. Kontrol Retak	IV - 64
4.3.5. Kontrol Guling	IV - 64
4.4. Perencanaan Tangga	IV - 66
4.4.1. Umum	IV - 66
4.4.2. Data-data Perencanaan	IV - 67
4.4.3. Perhitungan Pelat Tangga	IV - 67
4.4.4. Pembebanan Tangga dan Bordes	IV - 70
4.4.5. Penulangan Pelat Tangga dan Bordes	IV - 70
4.4.5.1. Pelat Tangga	IV - 70
4.4.5.2. Pelat Bordes	IV - 72

## **BAB V. ANALISA STRUKTUR UTAMA**

5.1. Umum	V - 1
5.2. Model Struktur	V - 4
5.3. Input Data Sap 90	V - 6

## **BAB VI. PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA**

6.1. Perencanaan Balok Induk	VI - 1
6.1.1. Data-data Perencanaan	VI - 2
6.1.2. Pembebanan	VI - 2
6.1.3. Penulangan Lentur Balok Induk	VI - 5
6.1.3.1. Penulangan Lentur Sebelum Komposit	VI - 9
6.1.3.2. Penulangan Lentur Setelah Komposit	VI - 11
6.1.3.3. Penulangan Akhir	VI - 12
6.1.4. Penulangan Geser dan Torsi	VI - 13
6.1.5. Penulangan Stud Balok Induk	VI - 16
6.1.5.1. Trnsfer Gaya Horisontal	VI - 16
6.1.5.2. Perhitungan Penulangan Stud	VI - 17
6.1.6. Panjang Penyaluran	VI - 19
6.1.6.1. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik	VI - 19
6.1.7. Kontrol Lendutan dan Retak	VI - 20
6.1.7.1. Kontrol Lendutan	VI - 20
6.1.7.2. Kontrol Retak	VI - 21
6.2. Perencanaan Kolom	VI - 23
6.2.1. Dasar Teori	VI - 23
6.2.2. Panjang Tekuk Kolom	VI - 24

6.2.3. Pembatasan Penulangan Kolom	VI - 25
6.2.4. Kolom Pendek	VI - 25
6.2.5. Kolom Panjang	VI - 26
6.2.6. Faktor Pembesaran Momen Untuk Kolom Panjang	VI - 26
6.2.7. Penulangan Lentur Kolom	VI - 28
6.2.8. Kontrol dengan Bresler Resiprocal Method	VI - 30
6.2.9. Penulangan Geser dan Torsi	VI - 32
6.2.10. Perhitungan Penulangan Kolom	VI - 33
6.2.10.1. Penulangan Lentur	VI - 33
6.2.10.2. Penulangan Geser	VI - 37
6.3. Perencanaan Dinding Geser	VI - 38
6.3.1. Umum	VI - 38
6.3.2. Kuat Beban Aksial Rancang	VI - 39
6.3.3. Perencanaan Geser	VI - 39
6.3.4. Data-data Perencanaan	VI - 42
6.3.5. Dasar-dasar Perencanaan	VI - 42
6.3.6. Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Geser	VI - 43

## **BAB VII. PERENCANAAN SAMBUNGAN**

7.1. Umum	VII - 1
7.2. Kriteria Perencanaan Sambungan	VII - 2
7.2.1. Kekuatan	VII - 3
7.2.2. Daktilitas	VII - 3
7.2.3. Perubahan Volume	VII - 3
7.2.4. Daya Tahan	VII - 4

7.2.5. Ketahanan Terhadap Kebakaran	VII - 4
7.2.6. Kesederhanaan Sambungan	VII - 4
7.2.7. Kesederhanaan Pemasangan	VII - 5
7.3. Konsep Desain Sambungan	VII - 5
7.3.1. Mekanisme Pemindahan Beban	VII - 5
7.3.2. Pola-pola Kehancuran	VII - 6
7.3.3. Stabilitas dan Keseimbangan	VII - 7
7.4. Klasifikasi Sistem Pracetak dan Sambungannya	VII - 8
7.5. Pertimbangan-pertimbangan Rancangan	VII - 9
7.6. Penggunaan Topping Beton	VII - 12
7.7. Perencanaan Sambungan Balok dengan Kolom	VII - 14
7.7.1. Perencanaan Corbel Kolom	VII - 14
7.7.2. Perencanaan Bearing on Plain Concrete	VII - 21
7.8. Perencanaan Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk	VII - 23
7.8.1. Perencanaan Perkuatan Penulangan Konsol Bawah	VII - 23
Balok Induk	
7.8.2. Perencanaan Bearing On Plain Concrete	VII - 27
7.9. Perencanaan Sambungan Balok Cucu dengan Balok Anak	VII - 27
7.9.1. Perencanaan Perkuatan Konso Bawah Balok Cucu	VII - 27
7.9.2. Perencanaan Bearing On Plain Concrete	VII - 39

## BAB VIII. PERENCANAAN PONDASI

8.1. Umum	VIII - 1
8.2. Daya Dukung Pondasi	VIII - 1
8.2.1. Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Bahan	VIII - 1

8.2.1. Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Bahan	VIII - 1
8.2.2. Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Tanah	VIII - 2
8.2.3. Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	VIII - 3
8.3. Perencanaan Jumlah Tiang Pancang	VIII - 4
8.4. Kontrol Terhadap Gaya Lateral	VIII - 5
8.5. Perencanaan Poer	VIII - 10
8.5.1. Kontrol Geser Pons Pada Poer	VIII - 10
8.5.2. Penulangan Lentur	VIII - 12
8.5.3. Perhitungan Geser Pada Penampang Kritis	VIII - 15
8.6. Perencanaan Sloof (Tie Beam)	VIII - 17
8.6.1. Dimensi Sloof	VIII - 17
8.6.2. Penulangan Lentur Sloof	VIII - 18
8.6.3. Penulangan Geser dan Torsi	VIII - 20

## BAB IX. PELAKSANAAN

9.1. Umum	IX - 1
9.2. Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	IX - 2
9.3. Pengangkatan Elemen Pracetak	IX - 4
9.4. Proses Pemasangan dan Perakitan Elemen Beton Pracetak	IX - 7
9.4.1. Pekerjaan Tiang Pancang	IX - 8
9.4.2. Pekerjaan Poer	IX - 9
9.4.3. Pekerjaan Sloof	IX - 9
9.4.4. Pekerjaan Kolom	IX - 10
9.4.5. Pemasangan Elemen Balok Pracetak	IX - 10
9.4.6. Pemasangan Elemen Tangga	IX - 10

9.4.7. Pemasangan Elemen Pracetak	IX - 11
9.5. Transportasi Komponen Beton	IX - 11
9.5.1. Sistem Transportasi	IX - 11
9.5.2. Jadwal Pengangkutan atau Pemindahan	IX - 12

## **BAB X. KESIMPULAN DAN SARAN**

10.1. Kesimpulan	X - 1
10.2. Saran	X - 1

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN1**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### . LATAR BELAKANG

Pracetak sebagai metoda konstruksi dan material konstruksi mulai banyak digunakan dikarenakan beberapa keuntungan yang ada seperti kecepatan dan kemudahan dalam pelaksanaan, kontrol kualitas lebih terjamin dan lain sebagainya. Konstruksi yang akan dibangun dalam waktu yang relatif singkat, maka pracetak merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk penyelesaiannya. Sebagai material konstruksi pembuatan pracetak bisa dibuat dilapangan, sedangkan sebagai metoda konstruksi, pracetak bukan lagi sebagai sesuatu hal yang sulit untuk dilaksanakan dikarenakan fasilitas yang tersedia seperti sarana transportasi dan alat-alat berat sebagai pendukung mobilisasi.

Pracetak bisa dibuat sesuai dengan kebutuhan. Disamping itu, pracetak mempunyai standart model-model struktur yang ada seperti double tee, single tee, channel slab, flat slab, dan lain sebagainya sebagainya dengan ukuran tertentu. Pada era baru dalam metodologi konstruksi modern ada dua dasar penting dari kemajuan teknologi pracetak:

1. Ada perkembangan dan standart bentuk-bentuk beton pracetak, mirip konsep pada industri struktur baja saat ini. Kedua standarisasi bentuk struktur dan arsitektur pracetak pada fasilitas desain bentuk dan pelengkap untuk pembuatan dari konsep desain gedung sebagai metode dapat digunakan beton pracetak secara keseluruhan.

2. Dengan meningkatnya persediaan bahan bakar dan tersedianya mode-mode transportasi dapat membantu mempermudah pengangkutan beton pracetak ke lokasi yang diinginkan.

Dengan metodologi diatas memungkinkan dapat dipenuhinya segala model struktur sesuai kebutuhan dan mobilisasinya dapat dilakukan dengan mudah ke lokasi-lokasi yang diinginkan.

Untuk itulah Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya yang bangunannya aslinya dibangun dengan menggunakan beton bertulang biasa (dengan cor setempat) direncanakan dengan menggunakan beton pracetak sebagai salah satu alternatif penyelesaiannya.

## 1.2. TUJUAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merencanakan struktur Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya dengan menggunakan beton pracetak penuh pada struktur atas dengan daktilitas 2.

## 1.3. RUANG LINGKUP BAHASAN

Dalam perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini mempunyai batasan sebagai berikut :

1. Elemen struktur yang meliputi balok utama, balok anak, balok cucu dan pelat direncanakan dengan beton pracetak (beton biasa/ non prestress). Sedangkan untuk kolom, tangga, overtopping dan dinding geser direncanakan cor setempat.
2. Dalam perencanaan ini pelaksanaan tidak ditinjau akan tetapi akan ditunjukkan detail penulangan elemen serta kontrol dalam pelaksanaan.

3. Dalam perencanaan elemen pracetak pengaruh suhu diabaikan.
4. Dalam perencanaan ini tidak melakukan analisa biaya akan tetapi perencanaan ini lebih menekankan pada alternatif penyelesaian struktur.

#### 1.4. METODE PERENCANAAN

Langkah-langkah yang diambil dalam merencanakan struktur gedung Universitas Widya Mandala Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari arsitektur gedung Unversitas Widya Mandala Surabaya (Architectural Study).
  - Mempelajari fungsi bangunan.
  - Mempelajari beban yang akan bekerja, meliputi beban vertikal dan beban horisontal.
2. Konsep Desain struktur (Structural Desain concept)
  - Menetapkan konsep desain struktur, yaitu menetapkan metode analisa struktur dan menetapkan pembebanan
3. Desain awal (Preliminary Desain)
  - Memperkirakan dimensi awal dari struktur seperti balok, kolom dan plat.
4. Menganalisa dan memodelkan struktur (Structural Analysis and modelling)
  - Memodelkan struktur.
  - Perhitungan gaya-gaya dalam struktur Universitas Widya Mandala Surabaya.
5. Desain sambungan (Desain Connection)
  - Menetapkan jenis sambungan yang akan dipergunakan.
6. Detail penulangan elemen struktur Universitas Widya Mandala Surabaya.

Dalam perhitungan struktur gedung ini dilakukan langkah modelisasi struktur sebagai berikut:

lantai dimodelkan sebagai diagfragma yang kaku dengan tumpuan terjepit elastis pada balok.

Struktur tangga dihitung sebagai frame 2 dimensi dengan perletakan bawah jepit, melayang pada bagian bordes dan perletakan atas jepit

Struktur utama dimodelkan sebagai kombinasi portal terbuka (open frame) dan dinding geser (wall frame) 3 dimensi dengan perletakan jepit pada dasar kolom.

Dinding geser (shear wall) dimodelkan sebagai elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban geser secara proporsional dengan kekakuan ke pondasi.

Pemilihan daktilitas dalam perancangan struktur bangunan didasarkan pada zone gempa dimana bangunan tersebut berlokasi. Karena gedung ini terletak di Surabaya maka dipakai konsep perancangan dengan tingkat daktilitas terbatas.

## **BAB II**

### **DASAR PERENCANAAN**

## BAB II

### DASAR-DASAR PERENCANAAN

#### UMUM

Dalam penyusunan Tugas akhir ini dasar-dasar perencanaan yang dimaksud adalah segala sesuatu yang dapat dimanfaatkan penulis baik berupa data-data teknis, asumsi-asumsi perencanaan sampai dengan penggunaan berbagai metode yang ada guna penyelesaian tugas akhir ini.

Data-data teknis dalam hal ini dapat diperoleh dari gambar yang ada baik yang berkenaan tinggi kolom, luas lantai, tinggi total struktur, jumlah lantai, dimensi arah panjang dan arah lebar dari bangunan dan data-data lainnya yang kesemuanya itu akan membantu untuk mengidentifikasi struktur yang dimaksud baik dalam perhitungan beban gravitasi, penentuan cara analisa perhitungan beban gempa sampai pada bentuk permodelan struktur itu sendiri agar pendekatan yang dilakukan mendekati keadaan yang sebenarnya.

Setelah membaca dan menganalisa semua data-data teknis yang ada maka dapat menggunakan beberapa asumsi-asumsi tertentu yang berkenaan dengan struktur yang ada. Asumsi-asumsi ini dianggap penting dikarenakan kesalahan-kesalahan dalam mengasumsi struktur untuk kondisi tertentu akan membahayakan struktur itu sendiri.

Hal ini yang selanjutnya menjadi pemikiran penulis adalah menetapkan metode analisa baik untuk elemen pelat, elemen unsur-unsur sekunder dan elemen unsur-unsur primer guna mempermudah untuk menganalisa elemen-elemen dimaksud.

## 2.2. DATA-DATA BANGUNAN

Gedung Universita Widya Mandala Surabaya yang akan dimodifikasi dalam tugas akhir ini yang fungsi utamanya sebagai gedung perkuliahan, mempunyai data-data sebagai berikut:

Nama gedung : Gedung Universitas Widya Mandala

Lokasi : Surabaya

Tinggi gedung : 44.50 m dengan atap berbentuk limas.

Dimodifikasi menjadi 28.00 m, dengan perencanaan atap menggunakan pelat.

Lebar gedung : 24.75 m

Panjang gedung : 41.00 m

Jumlah lantai : 9 lantai

Dimodifikasi menjadi 7 lantai & 1 atap.

Fungsi tiap lantai : - Lantai 1-2 tempat parkir

- Lantai 3-7 ruang perkuliahan

- Atap

Bahan struktur : - Beton pracetak untuk elemen balok utama, balok anak,

balok cucu, pelat atap dan lantai.

- Beton bertulang biasa untuk elemen tangga, kolom  
dan dinding geser.

## 2.3. DATA TANAH

Penyelidikan tanah berfungsi untuk mengetahui jenis dari tanah sehingga dapat diantisipasi perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Dari hasil penyelidikan tanah maka direncanakan untuk gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini menggunakan pondasi tiang pancang. Penyelidikan tanah yang dilakukan terdiri atas sondir dan boring.

## 2.4. PERATURAN-PERATURAN PERENCANAAN

Adapun peraturan-peraturan yang digunakan dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SKSNI T-15-1991-03.
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
3. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I-2 cetakan ke-7 1979.
4. Buku Pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983.

## 2.5. PEMBEBANAN

### 2.5.1. Definisi Beban

Pembebanan yang dimaksud dalam pembahasan berikut adalah beban-beban yang diprediksi akan bekerja pada struktur gedung Universitas Widya Mandala Surabaya. Adapun jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung perkuliahan ini meliputi :

1. Beban mati (PPI'83 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 tetapi yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu

2. Beban hidup (PPI'83 BAB I pasal 1 ayat 2)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya 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. Untuk gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini direncanakan beban hidupnya:

- lantai 1-2 :  $400 \text{ kg/cm}^2$
- lantai 3-7 :  $250 \text{ kg/cm}^2$
- atap :  $100 \text{ kg/cm}^2$

3. Beban angin (PPI'83 BAB I pasal 1 ayat 3)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Dalam perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini diambil tekanan tiup minimum  $25 \text{ kg/cm}^2$ .

4. Beban gempa (PPI' 83 BAB I pasal 1 ayat 4)

Untuk perencanaan beban gempa bisa dilakukan dengan analisa static equivalent maupun analisa dinamis. Analisa static equivalent mengandung pengertian bahwa beban yang bekerja menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa, sedangkan analisa dinamis dalam hal ini mengandung pengertian sebagai gaya-gaya yang terjadi pada struktur oleh gerakan tanah akibat gempa.

### 2.5.2. Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya di perhitungkan beban gravitasi, beban hidup dan beban gempa, maka kombinasi yang direncanakan mengacu pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2 dengan ketentuan sebagai berikut:

1.  $U = 1.2D + 1.6L$  ayat 3.2.2 butir 1
2.  $U = 1.05(D + L_R + E)$  ayat 3.2.2 butir 3

## 2.6. ASUMSI DAN METODE ANALISA

### 2.6.1. Asumsi

Asumsi yang diterapkan oleh penulis berkaitan dengan perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya adalah sebagai berikut :

- Untuk perencanaan pelat lantai dan pelat atap dipakai pelat biasa
- Struktur tangga direncanakan sebagai frame 2 dimensi. Untuk perletakan bawah diasumsikan sebagai jepit, bordes diasumsikan melayang dan perletakan bagian atas jepit, serta tangga diasumsikan sebagai shell.
- Untuk perletakan kolom dasar diasumsikan sebagai jepit.
- Permodelan struktur utama kombinasi portal terbuka (open frame) dan dinding geser (wall frame) 3 dimensi.

### 2.6.2. Metode Analisa

Metode 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:

- Untuk analisa gaya-gaya dalam open frame 3 dimensi digunakan program pembantu berupa program SAP'90.
- Untuk perhitungan momen pelat dalam hal ini dipergunakan Peraturan Beton Bertulang 1971 (PBI'71) tabel 13.3.1 dan 13.3.2 dikarenakan tabel ini sudah teruji atau dalam proses penyusunannya sudah dibuat pembebanan papan catur untuk mendapatkan momen-momen maksimum.
- Untuk analisa balok anak dan balok cucu dipergunakan ikhtisar momen-momen dan gaya-gaya melintang pasal 3.1.3 dari SKSNI T-15-1991-03.

## 2.7. DAKTILITAS

### 2.7.1. Definisi Daktilitas

Pengertian daktilitas dalam hal ini, penulis mengambil dari 2 sumber atau literatur. Adapun definisi daktilitas yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Menurut Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGIUG'83).

Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung atau unsur struktur itu untuk mengalami simpangan-simpangan plastis secara berulang dan bolak-balik diatas titik leleh pertama sambil mempertahankan sebagian besar dari kemampuan awalnya dalam memikul beban.

2. Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.1.

Daktilitas adalah perbandingan antara simpangan maksimum rencana dengan simpangan leleh awal dari komponen struktur yang ditinjau.

### 2.7.2. Tingkat Daktilitas

Berkenaan dengan daktilitas SKSNI T-15-1991-03 membagi tingkat daktilitas dalam 3 bagian sebagai berikut:

#### 1. Tingkat daktilitas 1.

Struktur beton dipropsikan sedemikian rupa sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail struktur sangat sedikit. Struktur sepenuhnya berperilaku elastis,  $\mu = 1$ . Beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor K=4.

#### 2. Tingkat daktilitas 2.

Struktur beton dipropsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastic terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas,  $\mu = 2$ . Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas terbatas. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor K minimum = 2.

#### 3. Tingkat daktilitas 3.

Struktur beton dipropsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme pengembangan sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan,  $\mu = 4$ . Kondisi ini dinamakan juga daktilitas penuh. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor K minimum = 1.

Dalam modifikasi struktur gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini penulis merancang untuk daktilitas tingkat 2 (daktilitas terbatas) yang mana beban gempa dari hasil perhitungan dikalikan dengan factor K=2.

### **BAB III**

### **PENGANTAR BETON PRACETAK**

## 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 pasal 3.9.1:

Beton Pracetak adalah komponen beton yang dicor di tempat yang bukan merupakan posisi akhir didalam 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 didalam 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 pada beton cor ditempat (*Cast In Stu*). Beton cor ditempat memerlukan lebih banyak bekisting dan minimal dalam pemakaian ulang maksimal 10 kali, sedangkan untuk beton pracetak bekisting kayu dan fiberlass 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 dicor ditempat. Sebagai material, beton pracetak bisa dipakai sebagai unsur non structural atau unsur structural.

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.

Pabrikasi beton pracetak dibagi dalam 2 bagian:

1. Pabrikasi di lokasi proyek (tidak permanen)

Pabrikasi 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 pabrikasi yang tidak permanen sesuai dengan istilahnya bahwa pabrik tersebut akan dibongkar setelah proses pabrikasi untuk proyek tersebut sudah selesai atau dengan kata lain umur pabrik sesuai dengan umur proyek.

2. Pabrikasi yang bersifat permanen.

Pabrikasi 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. Begitupun 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 seluruhnya 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 vertical (atau beban angin yang tegak lurus atau gaya-gaya gempa pada elemen-elemen panel). Untuk system-sistem penahan gaya lateral digunakan diafragma atau design sambungan yang sesuai. Elemen beton pracetak dan pracetak yang dipraktekan tidak membentuk system penahan beban lateral dalam gedung.

2. Elemen pracetak dan pracetak yang dipraktekan dari sebuah system structural itu sendiri, memikul beban-beban vertical sebagai pelayanan dari bentuk system penahan beban lateral didalam memindahkan atau mentransfer gaya-gaya ke pondasi. Potongan-potongan beton pratekan secara tersendiri digabungkan didalam struktur secara keseluruhan dengan bermacam-macam type sambungan mekanis atau sambungan groute.
3. Elemen beton pracetak dan beton pracetak yang dipraktekan dipakai dalam bermacam-macam kombinasi dari 2 konsep sebelumnya didapatkan keuntungan dari aspek-aspek positif dari kedua system. 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 pabrikasi 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 di proyek 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 seminimum 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. Pengcoran elemen kolom
2. Pemasangan elemen balok
3. Pemasangan elemen tangga
4. Pemasangan elemen pelat
5. Pengcoran 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 dan balok . 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) ,acara 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 Beam*)

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

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

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

### 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 system baut.

#### 3.8.1. Sambungan Daktail dengan Cor Setempat

Sambungan ini merupakan sambungan yang menggunakan tulangan biasa untuk menyambung antar elemen beton pracetak, kemudian dicor.

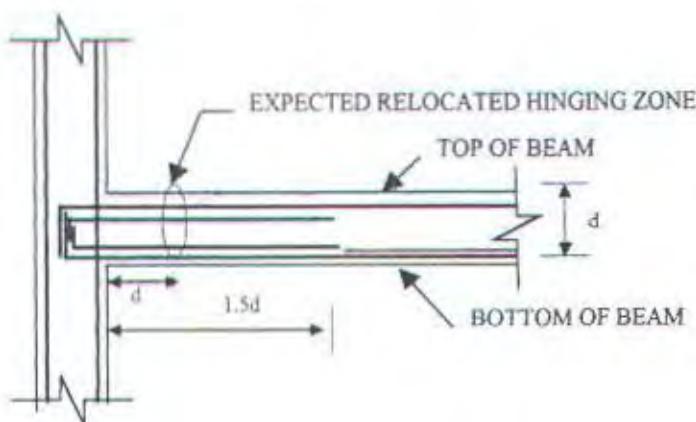
### 3.8.2. Sambungan Daktail dengan Las

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 terjadi reduksi pada panjang penyaluran tulangan di daerah sambungan.

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

Rasio dan kapasitas momen nominal dari balok yang terjadi dilokasi sendi plastis di ujung balok harus dipilih berdasarkan diagram momen pada ujung balok. Bila sambungan diletakkan 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 join tersebut.

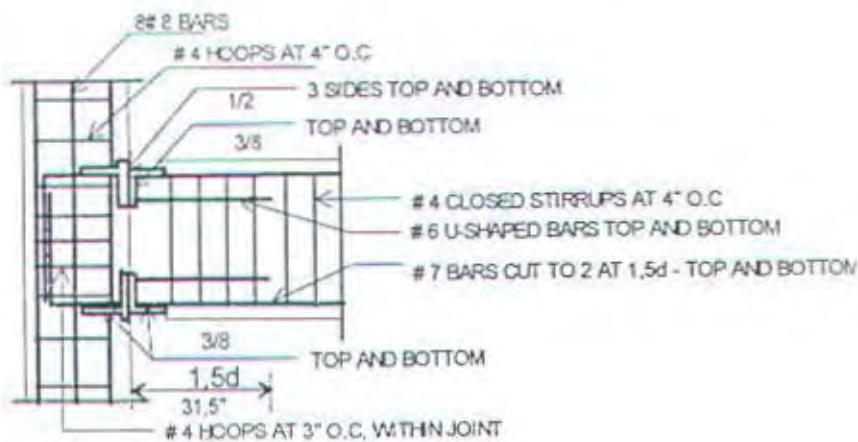


Gambar 3.2. Skematis dari detail balok dengan penempatan sendi plastis

Keuntungan dari cara ini adalah dari segi penggerjaan 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 menyambungnya 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.

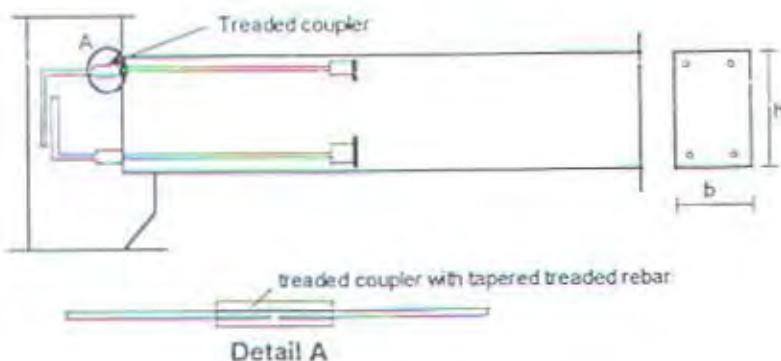


Gambar 3.3. Sambungan Daktail dengan Las

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 sistem 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 peleahan terjadi pada daerah lokasi antara pertemuan balok-kolom.



Gambar 3.4. Sambungan Daktail Mekanik

*Treaded coupler* adalah tempat untuk sambungan pada ujung tulangan baja yang dimaksud 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.

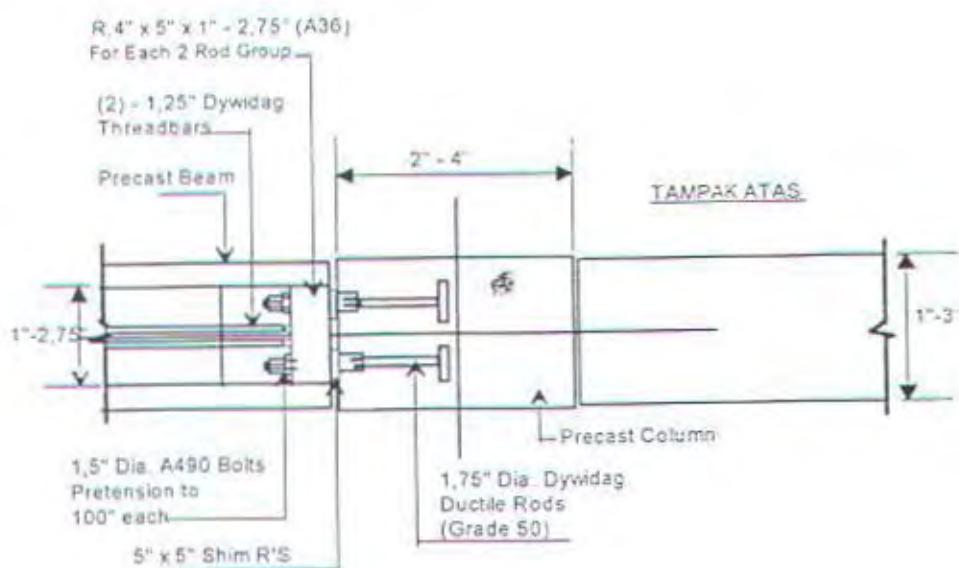
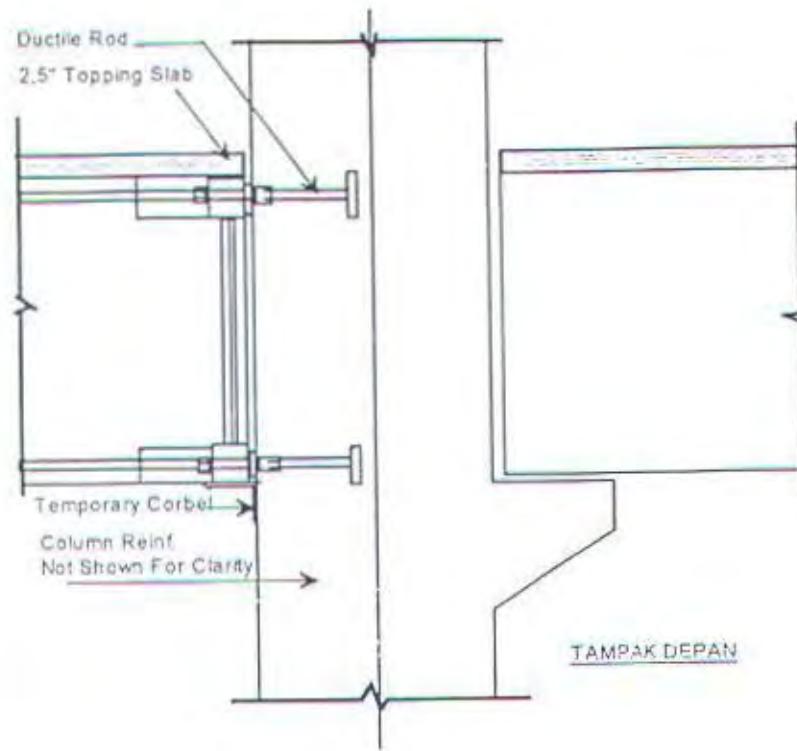
#### 3.8.4. Sambungan Daktail dengan Sistem Baut

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

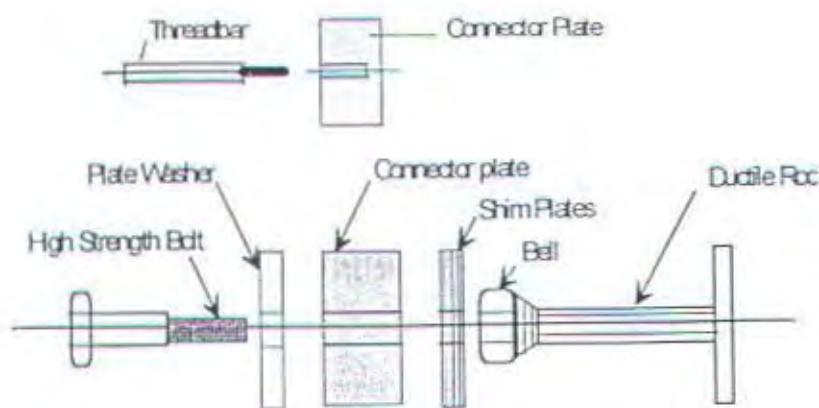
Englekirk and Nakaki, Inc. Irvine California dan Dywidag System Internasional USA, Inc. Long Beach California telah mengembangkan system (Ductile Precast Concrete Frame System) ditunjukkan pada Gambar 3.5.

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 DPFC 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 suatu konfigurasi. DDC Hardware (Gambar 3.6) telah dikembangkan untuk menjamin bahwa peleahan dari batang daktail adalah sambungan lemah dari segala sistem.



Gambar 3.5. Sambungan Frame Balok-Kolom



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

Gambar 3.6. Dywidag Ductile Connector (DDC) Hardware

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 kelurusannya 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 korbel 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 DPFC menjanjikan kecepatan pelaksanaannya sehingga sama dengan konstruksi baja. Setelah baut dimasukkan dan sambungan telah lengkap tidak perlu lagi pengelasan atau *grouting struktur*. Grout setempat dilakukan pada balok dan kolom, tetapi grout ini tidak structural 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 yang dipraktekan yang diproduksi dibawah kondisi kontrol kualitas yang ideal akan mempunyai beberapa keuntungan sebagai berikut :

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

Elemen pracetak yang dipraktekan 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 kekedapan air yang lebih tinggi sehingga beton pracetak lebih tahan terhadap korosi, cuaca dan kerusakan-kerusakan lain khususnya yang tergantung waktu.

4. Bentang panjang (*Long Span*)

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

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

Beton pracetak dapat diproduksi untuk penyediaan fasilitas arah vertical dan horizontal secara lebih mudah. Misalnya untuk listrik, saluran air kotor dan lain sebagainya dengan biaya 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 schedul pemasangan selama pemesanan masih dibawah kapasitas produksi maksimum.

8.ekonomis (*Economy*)

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

9.Kontrol kualitas (*Quality Control*)

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

10. Tahan Kebakaran (*Fire Resistance*)

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

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

Dikarenakan kegiatan elemen sudah banyak dilaksanakan di pabrik dan dilokasi 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 Shrnkage*)

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 UNIVERSITAS WIDYA MANDALA SURABAYA**

Dari semua metode sambungan yang diperkenalkan, untuk pemilihannya tergantung pada kondisi tempat dimana proyek akan dilaksanakan. Misalnya seperti di Amerika, pertimbangan yang dilakukan di negara tersebut tidak sama dengan di Indonesia. Selain faktor teknis, konfigurasi sistem struktur serta pendetailan sambungan antara elemen pracetak serta metode penyambungan, tetapi masalah ketrampilan tenaga kerja di lapangan serta ongkos tenaga kerja dan hak cipta dari alat penyambung. Untuk perencanaan gedung Universitas Widya Mandala Surabaya 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, balok anak dan balok cucu direncanakan menggunakan jenis balok pracetak berpenampang persegi (*Rectangular Beam*).
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

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1. UMUM

Pada suatu struktur bangunan ada 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. Bagian dari struktur bangunan ini dinamakan struktur sekunder. Struktur sekunder yang dimaksud dalam hal ini adalah meliputi pelat, balok anak, balok cucu dan tangga.

Dalam tugas akhir ini, perencanaan struktur sekunder dari gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini direncanakan menggunakan metode pracetak kecuali struktur tangga direncanakan cor setempat.

#### 4.2. PERENCANAAN PELAT PRACETAK

Sistem pelat yang dipakai adalah solid slab yaitu gabungan antara pelat pracetak dengan cor setempat yang akan membentuk suatu komposit.

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

1. Metode pracetak, yaitu fase dari perencanaan beton pracetak itu sendiri sebelum beton tersebut dipasang (pada waktu fabrikasi) dan dirakit menjadi satu kesatuan dengan elemen struktur lainnya.
2. Pengecoran overtopping dari pelat lantai setelah elemen pelat lantai pracetak tersebut dipasang (pengecoran di atas pelat pracetak) pada akhir

penempatannya. Diharapkan dengan pengecoran overtopping tersebut beberapa elemen pelat yang dirakit dapat menjadi satu kesatuan yang monolit.

Pada struktur gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini, pelat hanya direncanakan menerima beban gravitasi. Dalam perencanaan ini perletakan pelat diasumsikan sebagai jepit elastis meskipun dalam tinjauan ketebalan pelat merupakan perbandingan kekakuan antara pelat itu sendiri dengan balok menunjukkan bahwa perletakan yang terjadi sebenarnya merupakan jepit penuh.

Dengan perencanaan elemen pelat menggunakan elemen pelat pracetak, maka dalam pelaksanaannya anggapan bahwa kekakuan antara pelat dan baloknya tidak sekaku seperti dalam perencanaan. Oleh karena itu perletakan pelat pada keempat sisinya diasumsikan sebagai jepit elastis

#### 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

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

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2$$

- Balok Anak

$$h = \frac{1}{21} x L x \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{SKSNI 3.2.5 - (a)})$$

dimana :

$L$  = bentang kotor balok (cm)

$f_y$  = mutu tulangan baja (Mpa)

Hasil perhitungan :

- Balok Induk

$$L = 7.5 \text{ m (dua tumpuan)}$$

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

$$= \frac{1}{16} x 750 x \left( 0.4 + \frac{320}{700} \right)$$

$$= 40.19 \approx 80 \text{ cm}$$

dengan syarat :

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \text{ maka } b = 50 \text{ cm}$$

jadi dimensi balok induk direncanakan 50/80

- Balok Anak melintang

$$L = 7.5 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{21} x L x \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h = \frac{1}{21} x 750 x \left( 0.4 + \frac{320}{700} \right)$$

$$= 30.6 \approx 60 \text{ cm}$$

dengan syarat :

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

jadi dimensi balok anak direncanakan 40/60

- Balok Cucu

$$L = 3.75 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{21} x L x \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h = \frac{1}{21} x 375 x \left( 0.4 + \frac{320}{700} \right)$$

$$= 15.3 \approx 35 \text{ cm}$$

dengan syarat :

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \text{ maka } b = 20 \text{ cm}$$

jadi dimensi balok cucu direncanakan 20/35

#### 4.2.1.2. Perencanaan Tebal Plat

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 (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6.1.2)

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

$$h_i = \frac{\ln \left( 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[ \alpha_m - 0.12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.-12})$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak perlu lebih dari :

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

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

$\beta$  = rasio panjang bentang bersih arah memanjang pelat terhadap arah memendek pelat.

$\alpha_m$  = nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

$\alpha$  = rasio dari kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan pelat

$$= \frac{E_{cb}x_{lb}}{E_{cs}x_{ls}}$$

dimana :

$$E_{cb} = E_{cs}$$

$$l_b = \frac{1}{12} x_{bw} x_{h^3} x_k$$

$$l_s = \frac{1}{12} x_{bs} x_{t^3}$$

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

$be$  = lebar efektif, harga minimum (Wang-salmon)

- Interior

$$be_1 = bw + 2(h - t), \text{ dan}$$

$$be_2 = bw + 8t$$

- Eksterior

$$be_1 = bw + (h - t), \text{ dan}$$

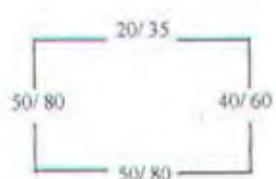
$$be_2 = bw + 4t$$

dilambil lebar efektif ( $be$ ) yang terkecil.

Dari denah perencanaan, pelat atap dan pelat lantai telah ditentukan ukurannya dan jenis pelat adalah typical serta termasuk pelat dua arah. Perhitungan dari tebal pelat ada pada lampiran.

#### Contoh Perhitungan Tebal Pelat

##### Pelat lantai A1



$$Lx = 375 - (50/2 + 40/2) = 330 \text{ cm}$$

$$Ly = 375 - (50/2 + 20/2) = 335 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{335}{330} = 1.0$$

pelat 2 arah

Direncanakan tebal pelat lantai adalah 12 cm

Kontrol Tebal Pelat

Jenis pelat : A1 (dua arah)

- Tinjauan Balok As 2 (B-C) dan As B (2-3)

Balok 50/80

$$be_1 = bw + 2(h - t)$$

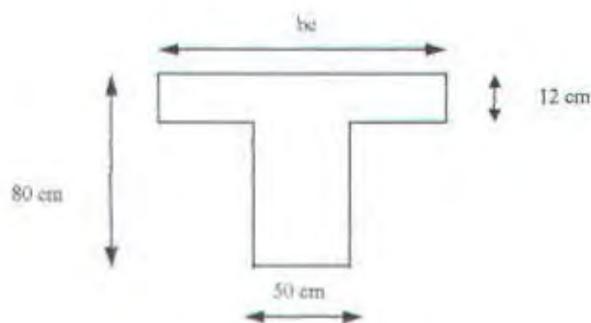
$$= 50 + 2(80 - 12)$$

$$= 186 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t$$

$$= 50 + 8(12)$$

$$= 146 \text{ cm}$$



$$k = \frac{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{80}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{80}\right) + 4\left(\frac{12}{80}\right)^2 + \left(\frac{146}{50} - 1\right)\left(\frac{12}{80}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{80}\right)}$$

$$= 1.5$$

$$lb = \frac{1}{12} \times 50 \times 80^3 \times 1.5$$

$$= 3200000 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 375 \times 12^3$$

$$= 54000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_{1,2} = \frac{lb}{ls} = 59.26$$

- Tinjauan Balok As 3 (B - C)

Balok 40/60

$$be_1 = bw + 2(h - t)$$

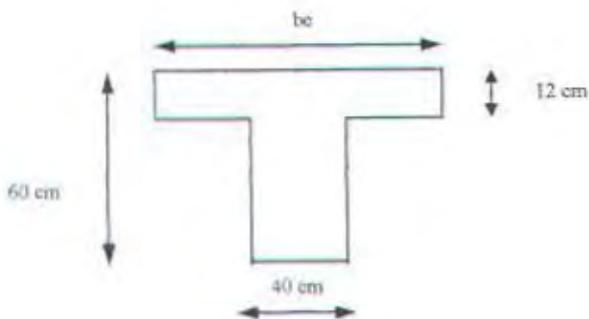
$$= 40 + 2(60 - 12)$$

$$= 136 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t$$

$$= 40 + 8(12)$$

$$= 136 \text{ cm}$$



$$k = \frac{1 + \left( \frac{136}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{60} \right) + 4 \left( \frac{12}{60} \right)^2 + \left( \frac{136}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{136}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right)}$$

$$= 2.25$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 2.25$$

$$= 1620000 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 375 \times 12^3$$

$$= 54000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_s} = 30$$

- Tinjauan Balok As C (2 - 3)

Balok 20/35

$$be_1 = bw + 2(h - t)$$

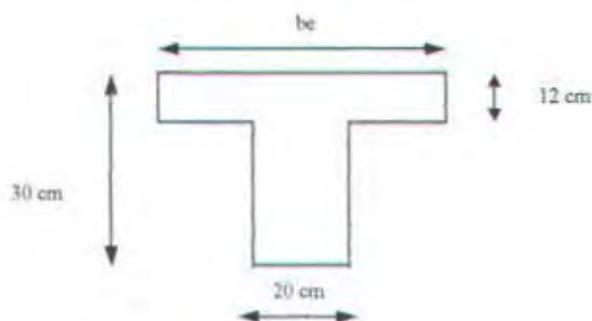
$$= 20 + 2(35 - 12)$$

$$= 66 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t$$

$$= 20 + 8(12)$$

$$= 116 \text{ cm}$$



$$k = \frac{1 + \left( \frac{66}{20} - 1 \right) \left( \frac{12}{35} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{35} \right) + 4 \left( \frac{12}{35} \right)^2 + \left( \frac{66}{20} - 1 \right) \left( \frac{12}{35} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{66}{20} - 1 \right) \left( \frac{12}{35} \right)}$$

$$= 2.5$$

$$lb = \frac{1}{12} \times 20 \times 35^3 \times 2.5$$

$$= 178645.8 \text{ cm}^4$$

$$ls = \frac{1}{12} \times 375 \times 12^3$$

$$= 54000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{lb}{ls} = 3.3$$

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

$$= \frac{1}{4} (59.26 + 59.26 + 30 + 3.3)$$

$$= 38$$

Untuk pelat dua arah, ketebalan pelat harus memenuhi persyaratan seperti yang tercantum dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3.3 (SKSNI pasal 3.2-12)

$$h_l = \frac{335 \times \left( 0.8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + 5 \times 1.0 \left[ 38 - 0.12 \left( 1 + \frac{1}{1.0} \right) \right]} \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.-12})$$

$$= 1.58 \text{ cm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{335x\left(0.8 + \frac{320}{1500}\right)}{36 + 9x1.0} \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.-13})$$

$$= 7.52 \text{ cm}$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h_3 = \frac{335x\left(0.8 + \frac{320}{1500}\right)}{36} \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.-14})$$

$$= 9.43 \text{ cm}$$

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

Jadi tebal pelat yang direncanakan, yaitu 12 cm telah memenuhi syarat dan bisa dipergunakan. Karena memiliki ukuran dimensi yang sama (typical) untuk tebal pelat tipe lainnya dianggap sama dengan tebal pelat tipe A1, yaitu sebesar 12 cm. Perhitungan kontrol tebal pelat untuk jenis pelat yang lainnya dicantumkan dalam tabel pada lampiran.

Karena elemen pelat merupakan elemen pelat pracetak maka dari tebal pelat yang didapat, direncanakan :

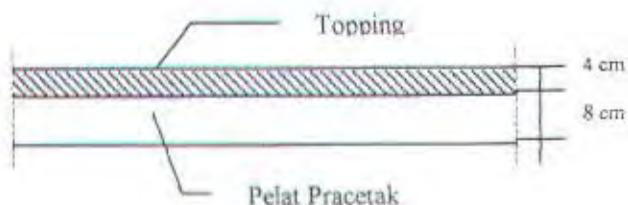
- Untuk lantai 1–7 :
  - Tebal pelat pracetak : 8 cm
  - Tebal overtopping : 4 cm
- Untuk atap :
  - Tebal pelat pracetak : 8 cm
  - Tebal overtopping : 3 cm

#### 4.2.2. Data Perencanaan Pelat

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 320 Mpa
- Tebal pelat pracetak = 8 cm
- Tebal overtopping = 4 cm (lantai), 3 cm (atap)

#### 4.2.3. Pembebanan Struktur Pelat

Pembebanan struktur pelat didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI'83) tabel 2.1 dan tabel 3.1 beban mati dan beban hidup yang bekerja pada pelat adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2. Sket Potongan Pelat Precast

#### Beban Mati (PPI'83 pasal 2.2.)

- Beton bertulang = 2400 Kg/m<sup>2</sup>
- Tembok (1/2 bata) = 250 Kg/m<sup>2</sup>
- Plafond + penggantung = 18 Kg/m<sup>2</sup>
- Kusen + kaca = 40 Kg/m<sup>2</sup>
- Ducting AC + pipa = 30 Kg/m<sup>2</sup>
- Tegel (1cm) = 24 Kg/m<sup>2</sup>

Beban hidup (PPI'83 pasal 3.1 dan pasal 3.2)

- Pelat atap gedung = 100 Kg/m<sup>2</sup>
- Lantai ruang kuliah = 250 Kg/m<sup>2</sup>
- Lantai tempat parkir = 400 Kg/m<sup>2</sup>

Beban-beban yang bekerja pada pelat :

1. Pembebaan pelat lantai ruang kuliah

a. Sebelum Komposit

Beban mati

- Berat pelat / cast in situ =  $0.12 \times 2400 = DL = 288 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1  $LL = 250 \text{ Kg/m}^2$

b. Sesudah Komposit

Beban mati

- Berat pelat / cast in situ =  $0.12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$

- Plafond + penggantung =  $18 \text{ Kg/m}^2$

- Tegel ( $t = 3 \text{ cm}$ ) =  $0.03 \times 2400 = 72 \text{ Kg/m}^2$

- Spesi ( $t = 3 \text{ cm}$ ) =  $0.03 \times 2100 = 63 \text{ Kg/m}^2$

- Ducting AC + pipa =  $30 \text{ Kg/m}^2$

$$\underline{\underline{DL = 471 \text{ Kg/m}^2}}$$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1  $LL = 250 \text{ Kg/m}^2$

## 2. Pembebanan pelat lantai parkir

## a. Sebelum Komposit

Beban mati

- Berat pelat / cast in situ =  $0.12 \times 2400 = DL = 288 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1  $LL = 250 \text{ Kg/m}^2$

## b. Sesudah Komposit

Beban mati

- Berat sendiri pelat =  $0.12 \times 2400 = DL = 288 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1  $LL = 400 \text{ Kg/m}^2$

## 3. Pembebanan pelat atap

## a. Sebelum Komposit

Beban mati

- Berat pelat / cast in situ =  $0.11 \times 2400 = DL = 264 \text{ Kg/m}^2$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1  $LL = 250 \text{ Kg/m}^2$

## b. Sesudah Komposit

Beban mati

$$1. \text{ Berat sendiri pelat} = 0.11 \times 2400 = 264 \text{ Kg/m}^2$$

$$2. \text{ Plafond + penggantung} = 18 \text{ Kg/m}^2$$

$$3. \text{ Spesi (t} = 3 \text{ cm}) = 0.03 \times 2100 = 63 \text{ Kg/m}^2$$

$$4. \text{ Ducting AC + pipa} = 30 \text{ Kg/m}^2$$

$$\underline{\underline{DL = 375 \text{ Kg/m}^2}}$$

Beban hidup

- PPI'83 tabel 3.1

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

#### 4.2.4. Kombinasi Pembebatan

Beban ultimate yang didapat dari kombinasi pembebatan berikut ini didasarkan pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2 butir 1.

a. Pelat lantai ruang kuliah

- Sebelum komposit

$$\begin{aligned}\text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 288 + 1.6 \times 250 \\ &= 745.6 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

- Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}\text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 471 + 1.6 \times 250 \\ &= 965.2 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

b. Pelat lantai tempat parkir

- Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}\text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 288 + 1.6 \times 250 \\ &= 745.6 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

- Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}\text{Qu} &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 288 + 1.6 \times 400 \\ &= 985.6 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

c. Pelat Atap

- Sebelum Komposit

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

$$= 1.2 \times 264 + 1.6 \times 250$$

$$= 664 \text{ Kg/m}^2$$

- Sesudah Komposit

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

$$= 1.2 \times 375 + 1.6 \times 100$$

$$= 610 \text{ Kg/m}^2$$

#### 4.2.5. Perhitungan Pelat Pracetak

##### 4.2.5.1. Permodelan 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 elastis.

#### 4.2.5.2. Perencanaan Penulangan Pelat

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi dilapangan, jarak dan diameter tulangan pelat sedapat mungkin diusahakan seragam antara pelat yang satu dengan yang lainnya pada setiap 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 sebelum komposit dan tahap kedua penulangan setelah komposit.

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  $\beta_1$  adalah :

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{Untuk } 0 < f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$= 0.85 - 0.008 (f'_c - 30) \quad \text{Untuk } 30 < f'_c < 55 \text{ Mpa}$$

$$= 0.65 \quad \text{Untuk } f'_c \geq 55 \text{ Mpa}$$

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

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

3. Hitung harga tulangan  $\rho$  yang dibutuhkan

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

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

4. Hitung As dan pilih tulangan serta jarak penulangannya

$$As = \rho b d ; As_{susut} = 0.002 b d$$

Dalam perhitungan penulangan pelat ini penulis hanya menyajikan satu contoh perhitungan, sedangkan perhitungan yang lainnya disajikan dalam bentuk tabel.

Adapun pelat yang akan disajikan perhitungannya adalah pelat lantai type A1 dengan ukuran  $375 \times 375 \text{ m}^2$ . Dengan data-data perencanaan sebagai berikut :

- Tebal selimut beton = 20 mm
- $\phi$  tulangan rencana = 10 mm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 320 Mpa
- $\beta = 0.85$
- $\rho_t = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right) = 0.044$
- $\rho_{max} = 0.75 \rho_t = 0.033$
- $\rho_{min} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$
- $m = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$

#### 4.2.5.3. Perhitungan Tulangan Pelat Sebelum Komposit

1. Data-data perencanaan:

$$\text{Tebal Pelat} = 80 \text{ mm}$$

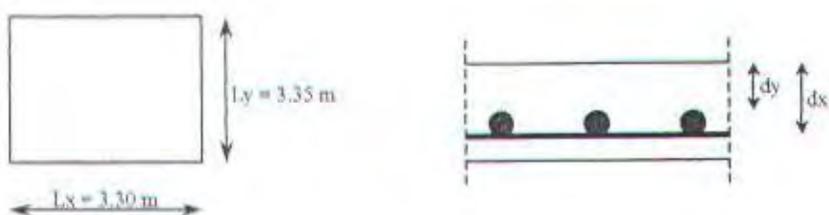
$$\text{Decking} = 20 \text{ mm}$$

$$dx = 80 - 20 - (1/2 \times 10) = 55 \text{ mm}$$

$$dy = 80 - 20 - 10 - (1/2 \times 10) = 45 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{ultimate}} = 745,6 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Perletakan} = \text{bebas}$$



$$Ly = 3.75 - (0.5/2 + 0.2/2) = 3.35 \text{ m}$$

$$Lx = 3.75 - (0.5/2 + 0.4/2) = 3.30 \text{ m}$$

$$Ly/Lx = 1.0$$

Dari table 13.3.1 koefisien momen PBI'71 didapat nilai x :

$$Cx = 44 \quad Cy = 44$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0.001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot C_x \\
 &= 0.001 \times 745.6 \times 3.30^2 \times 44 \\
 &= 357.2 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0.001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot C_y \\ &= 0.001 \times 745.6 \times 3.35^2 \times 44 \\ &= 368.1 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Penulangan arah x:

$$\begin{aligned} R_{nt} &= \frac{0.3572 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 55^2} \\ &= 1.48 \text{ MPa} \\ \rho &= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.48}{320}} \right] \\ &= 0.0047 \end{aligned}$$

maka dipakai  $\rho = 0.0047$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.0047 \times 1000 \times 55 = 261.54 \text{ mm}^2$$

Pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 1.16.6.5 disebutkan :

Jarak tul. Lentur utama  $\leq 3 \times$  tebal pelat = 240 mm

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

Dipakai tulangan lentur  $\phi 10 - 220$

$$A_s \text{ ada} = 78.5 (1000/220)$$

$$= 356.8 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 261.54 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s \text{ ada}}{b \times d \text{ ada}}$$

$$\rho = \frac{356.8}{1000 \times 55} = 0.006 > \rho_{\min} = 0.0047 \dots \text{OK}$$

$$a = \frac{356.8 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1000}$$

= 4.47 mm

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

$$= 0.8 \times 356.8 \times 320 \times (55 - 4.47/2)$$

$$= 0.4819 \times 10^7 \text{ Nmm} > M_{lx} = 0.3527 \times 10^7 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

### 3. Penulangan arah Y

$$R_n = \frac{0.3681 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 45^2}$$

$$= 1.52 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.52}{320}} \right]$$

$$= 0.0049$$

maka dipakai  $\rho = 0.0049$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.0049 \times 1000 \times 45 = 220.73 \text{ mm}^2$$

Pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 1.16.6.5 disebutkan :

Jarak tul. Lentur utama  $\leq 3 \times$  tebal pelat = 240 mm

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

Dipakai tulangan lentur  $\phi 10 - 220$

$$As \text{ ada} = 78.54 \text{ (1000/220)}$$

$$= 356.8 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 324.835 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{A_{s_{ad}}}{bxd_{ada}}$$

$$\rho = \frac{356.8}{1000 \times 55} = 0.006 > \rho_{\min} = 0.004375 \dots \text{OK}$$

$$a = \frac{356.8 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 4.47 \text{ mm}$$

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

$$= 0.8 \times 356.8 \times 320 \times (45 - 4.47/2)$$

$$= 0.3906 \times 10^7 \text{ Nmm} > M_{lx} = 0.354.75 \times 10^7 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

#### 4.2.5.4. Perhitungan Tulangan Pelat Setelah Komposit

1. Data-data perencanaan:

$$\text{Tebal Pelat} = 120 \text{ mm}$$

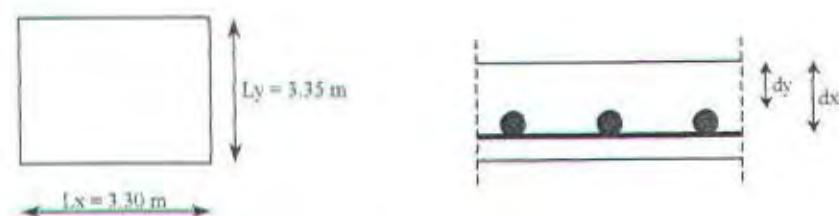
$$\text{Decking} = 20 \text{ mm}$$

$$dx = 120 - 20 - (1/2 \times 10) = 95 \text{ mm}$$

$$dy = 120 - 20 - 10 - (1/2 \times 10) = 85 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{ultimate}} = 965.2 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Perletakan} = \text{jepit elastis}$$



$$L_y = 3.75 - (0.5/2 + 0.2/2) = 3.35 \text{ m}$$

$$L_x = 3.75 - (0.5/2 + 0.4/2) = 3.30 \text{ m}$$

$$L_y/L_x = 1.0$$

Dari table 13.3.1 koefisien momen PBI'71 didapat nilai x :

$$C_x = 36 \quad C_y = 36$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{Ix} &= -M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot I_x^2 \cdot C_x \\ &= 0.001 \times 965.2 \times 3.30^2 \times 36 \\ &= 378.4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Iy} &= -M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot I_y^2 \cdot C_y \\ &= 0.001 \times 965.2 \times 3.35^2 \times 36 \\ &= 389.9 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Penulangan arah x:

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{0.3784 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 95^2} \\ &= 0.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.5}{320}} \right] \\ &= 0.0016 < \rho_{min} \end{aligned}$$

maka dipakai  $\rho_{min} = 0.004375$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.004375 \times 1000 \times 95 = 415.625 \text{ mm}^2$$

Pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 1.16.6.5 disebutkan :

Jarak tul. Lentur utama  $\leq 3 \times$  tebal pelat = 360 mm

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

Dipakai tulangan lentur  $\phi 10 - 180$

$$As_{ada} = 78.54 \text{ (1000/180)}$$

$$= 436.1 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 418 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{As_{ada}}{bx d_{ada}}$$

$$\rho = \frac{436.3}{1000 \times 95} = 0.0046 > \rho_{min} = 0.0044 \dots \text{OK}$$

$$a = \frac{436.3 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 5.47 \text{ mm}$$

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

$$= 0.8 \times 436.3 \times 320 \times (95 - 5.47/2)$$

$$= 1.036 \times 10^7 \text{ Nmm} > Mlx = 0.3784 \times 10^7 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

### 3. Penulangan arah Y

$$Rn = \frac{0.3899 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 85^2}$$

$$= 0.54 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.54}{320}} \right]$$

$$= 0.0017$$

maka dipakai  $\rho_{min} = 0.004375$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.004375 \times 1000 \times 85 = 371.8 \text{ mm}^2$$

Pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 1.16.6.5 disebutkan :

Jarak tul. Lentur utama  $\leq 3 \times$  tebal pelat = 360 mm

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

Dipakai tulangan lentur  $\phi 10 - 180$

$$As \text{ ada} = 78.54 \text{ (1000/180)}$$

$$= 436.1 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 371.8 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{As_{\text{ada}}}{bxd_{\text{ada}}}$$

$$\rho = \frac{436.1}{1000 \times 85} = 0.0051 > \rho_{\min} = 0.004375 \dots \text{OK}$$

$$a = \frac{436.1 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 5.47 \text{ mm}$$

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

$$= 0.8 \times 436.1 \times 320 \times (85 - 5.47/2)$$

$$= 0.918 \times 10^7 \text{ Nmm} > M_{lx} = 0.3784 \times 10^7 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

#### 4.2.5.5. Perhitungan Tulangan Akhir

Hasil perhitungan tulangan pelat lantai

Daerah	Sesudah Komposit	Sebelum Komposit
Lapangan X	D10 – 180	D10 – 220
Lapangan Y	D10 – 180	D10 – 220
Tumpuan X	D10 – 180	-
Tumpuan Y	D10 – 200	-

Kesimpulan, dipasang :

Arah	Tumpuan	Lapangan
X	D10 – 180	D10 – 180
Y	D10 – 180	D10 – 180

Tulangan Susut

Dipasang tegak lurus dengan arah tulangan lentur dengan luas :

$$A_s \text{ susut} = 0.00196 \times b \times d \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.1}$$

$$= 0.00196 \times 1000 \times 95 = 186.2 \text{ mm}^2$$

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

Kontrol jarak antara tulangan susut adalah :

$$S_{\max} \leq 5t \text{ atau } 500 \text{ mm} \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.2}$$

$$5t = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{ada}} = (50.27 / 186.2) \times 1000 = 270 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan susut =  $\phi 8 - 250$  ( $A_s = 201.08 \text{ mm}^2 > 186.2 \text{ mm}^2$ )

#### 4.2.6. Kontrol Lendutan dan Retak

##### 4.2.6.1. Kontrol Lendutan

Karena tebal pelat yang dipakai lebih besar dari tebal minimum pelat seperti yang disyaratkan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3 maka tidak perlu dilakukan kontrol lendutan terhadap pelat.

##### 4.2.6.2. Kontrol Retak

Lebar retak diperhitungkan jika tulangan yang digunakan memakai  $f_y > 413$  Mpa (Chu Kia Wang & Charles G Salmon). Sedangkan mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan yang dipakai pada perencanaan pelat ini mempunyai nilai  $f_y = 320$  Mpa, sehingga kontrol retak tidak perlu dilakukan.

#### 4.2.7. 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

$$1. L_{db} > 8db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.5.1})$$

$$2. L_{db} > 150 \text{ mm} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.5.1})$$

$$3. I_{hb} = \frac{100db}{\sqrt{f'_c}} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.5.2})$$

$$= \frac{100 \times 10}{\sqrt{30}} = 182.57 \text{ mm}$$

$$4. I_{dh} > \frac{I_{hh} \cdot f_y}{400} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.5.5.1})$$

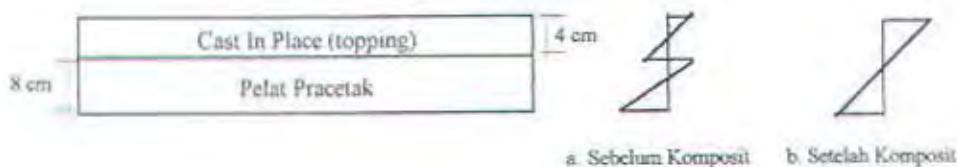
$$> \frac{182.57 \times 320}{400}$$

$$> 146.056 \text{ mm}$$

maka, diambil panjang penyaluran pelat  $L_{dh} = 200 \text{ mm}$

#### 4.2.8. Penulangan Stud Pelat Lantai

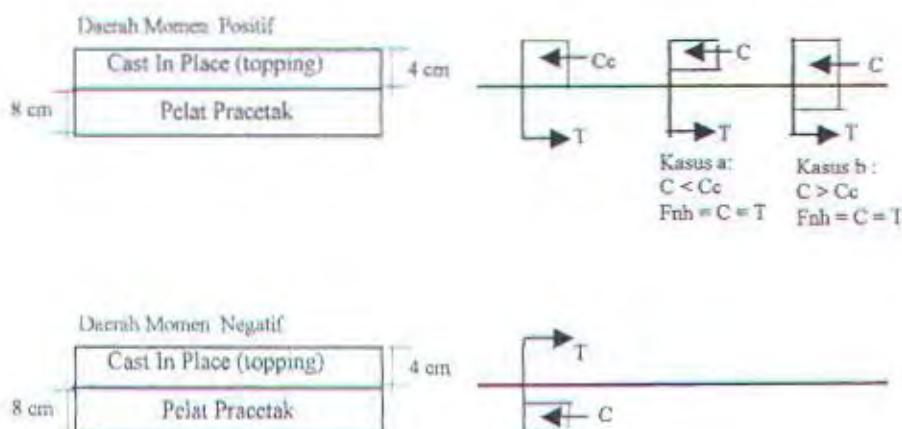
Sesuai dengan konsep underinforced yang mengharuskan bahwa daerah tekan pada penampang pelat komposit masih mampu memikul regangan yang terjadi (sebelum terjadi retak pada beton) pada saat tulangan tarik mengalami regangan lelehnya. Dengan kata lain, tegangan yang terjadi saat itu harus mampu dipikul oleh seluruh penampang.



Gambar 4.3. Diagram Tegangan Pada Daerah Lapangan Pelat Lantai Sebelum dan Sesudah Komposit

Stud berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen pracetak dengan elemen cor ditempat. Stud harus mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen, sehingga kedua elemen tersebut dapat menjadi satu elemen komposit dalam memikul beban.

Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.10.5.3 gaya geser horizontal boleh diperiksa dengan jalan menghitung perubahan actual dari gaya tekan dan gaya tarik didalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horizontal ke elemen-elemen pendukung.



Gambar 4.4. Geser Horisontal Pada Pelat Komposit

Dari gambar diatas dilukiskan ada dua macam kasus yang terjadi pada penampang pelat di daerah momen komposit, yaitu :

- a. Gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat.
- b. Gaya tekan elemen komposit lebih dari elemen cor setempat.

Pelat  $3.75 \times 3.75 \text{ m}^2$

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_{topping}$$

$$= 0.85 \times 30 \times 40 \times 1000$$

$$= 1020000 \text{ N} = 1020 \text{ KN}$$

$$C = T$$

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 792 \times 320$$

$$= 25344 \text{ N} = 253.44 \text{ KN} < 1020 \text{ KN}$$

jadi :

$$F_{nh} = C = T = 253.44 \text{ KN}$$

$$0.6 A_c = 0.6 (\text{bv.Iv})$$

$$= 0.6 \times 1000 \times 3750/2$$

$$= 1125000 \text{ N} = 1125 \text{ KN} > F_{nh}$$

Karena  $F_{nh}$  kurang dari  $0.6 A_c$ , sehingga menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.10.5.2.2 dan pasal 3.10.5.2.3, bila permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan dan tidak dikasarkan, maka dipasang sengkang pengikat minimum. Jarak sengkang pengikat minimum tidak boleh melebihi 4 kali dimensi terkecil dari elemen yang didukung (tebal cast in place) ataupun 600 mm (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.10.6.1), sehingga :

$$A_v \text{ minimum} = \frac{b.s}{3.f_y}$$

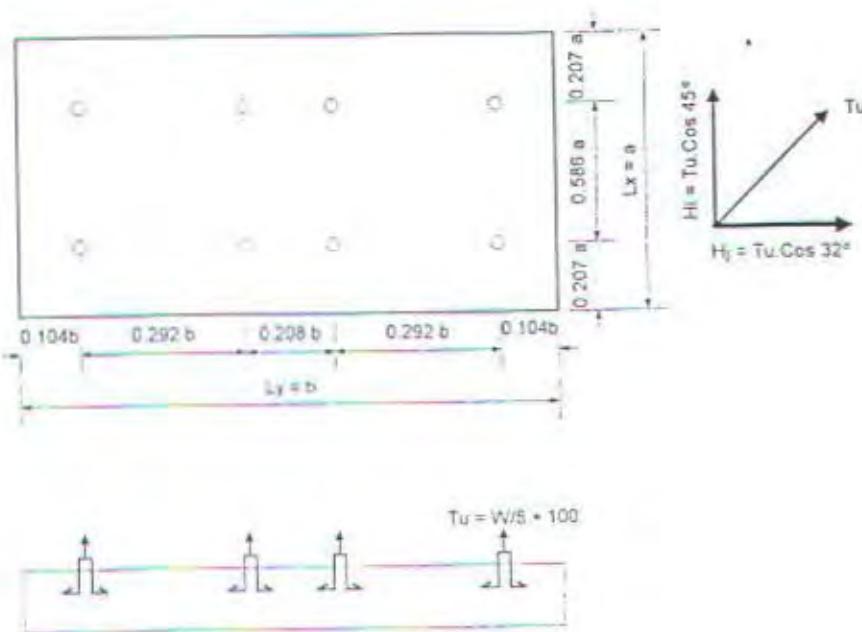
$$= \frac{1000 \times (4 \times 40)}{3 \times 320}$$

$$= 166.67 \text{ mm}^2$$

maka dipasang stud D10 - 200 mm ( $A = 224.40 \text{ mm}^2$ )

#### 4.2.9. Perhitungan Tulangan Angkat

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



Gambar 4.5. Tempat Pengangkatan Pada Pelat

Pelat dianggap sebagai balok sederhana. Pembebaan saat ereksi meliputi berat sendiri pelat pracetak dan berat pekerja sebanyak 2 orang. Gaya horizontal yang bekerja ditransformasikan dalam dua arah yaitu arah i yang sejajar sumbu pendek pelat dan arah j yang sejajar sumbu panjang pelat. Ketinggian titik angkat adalah 6 cm dari muka pelat

**Pelat  $3.75 \times 3.75 \text{ m}^2$**

Beban-beban yang bekerja pada pelat pracetak :

- Berat sendiri  $= 3.75 \times 3.75 \times 0.08 \times 2400 = 2700 \text{ kg}$
  - Stud + tulangan angkat  $= 1\% \times 2700 = 27 \text{ kg}$
- Beban mati  $= 2727 \text{ kg}$

Setiap tumpuan memikul beban mati sebesar  $\frac{2727}{8} = 340.875 \text{ kg}$

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

$$\begin{aligned}\text{Jadi beban ultimate (Tu)} &= 1.2 \times 340,875 + 1.6 \times 200 \\ &= 729.05 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tegangan tarik ijin baja U32 menurut PPBBI pasal 2.2.2 :

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

maka :

$$\phi \text{ tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 729.05}{\pi \times 2133.33}} = 0.65 \text{ cm} = 6.5 \text{ mm}$$

jadi dipasang tulangan  $\phi$  10 mm

Akibat gaya horizontal :

$$H_i = Tu \cdot \cos 45 = 729.05 \times \cos 45 = 515.516 \text{ kg}$$

$$H_j = Tu \cdot \cos 32 = 729.05 \times \cos 32 = 618.27 \text{ kg}$$

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

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

Maka :

$$\phi \text{ tulangan angkat i} > \sqrt{\frac{4 \times 515.516}{\pi \times 1237.14}} > 0.73 \text{ cm}$$

$$\phi \text{ tulangan angkat j} > \sqrt{\frac{4 \times 618.27}{\pi \times 1237.14}} > 0.79 \text{ cm}$$

Jadi dipasang tulangan angkat 8D10 mm

### 4.3. PERENCANAAN BALOK CUCU dan BALOK ANAK PRACETAK

#### 4.3.1. Data-data Perencanaan

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 320 Mpa
- Dimensi balok cucu : 20 x 35 cm (bentang 3.75 m)
- Dimensi balok anak : 40 x 60 cm ( bentang 7.5 m )

#### 4.3.2. Pembebanan Balok Anak

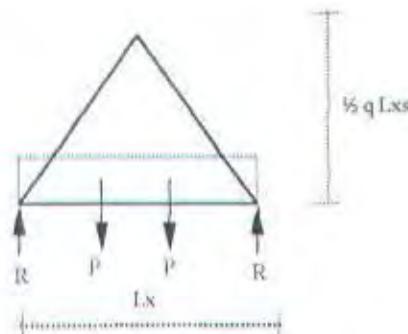
##### 4.3.2.1. Type-type Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak tersebut adalah berat sendiri balok anak dan beban merata pada pelat. 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 berbentuk trapesium maupun segitiga kemudian diubah menjadi beban merata ekivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

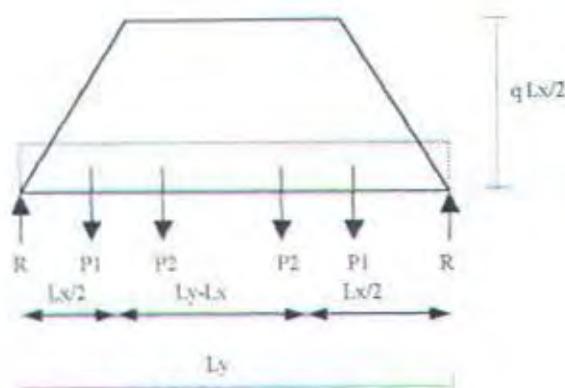
Beban ekivalen tersebut digunakan sebagai beban merata pada balok anak maupun balok induk untuk perhitungan analisa struktur.

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

###### 1. Beban ekivalen segitiga



2. Beban ekivalen trapesium

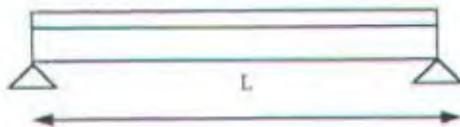


#### 4.3.2.2. Pola Pembebanan Balok

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

*1. Pola Pembebanan sesudah komposit*

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



Keterangan :

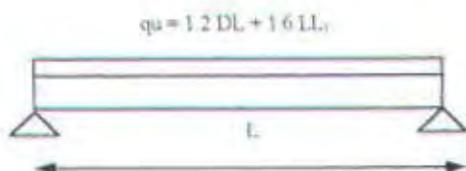
$$\text{DL} = \text{DL}_1 + \text{DL}_2$$

$\text{DL}_1$  = Beban sendiri balok

$\text{DL}_2$  = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban mati

$\text{LL}$  = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban hidup

## 2. Pola Pembebaan sebelum Komposit



Keterangan :

$$\text{DL} = \text{DL}_1 + \text{DL}_2$$

$\text{DL}_1$  = Beban sendiri balok

$\text{DL}_2$  = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban mati

$\text{LL}$  = Beban trapesium ekivalen pelat akibat beban hidup

### 4.3.2.3. Perhitungan Pembebaan

Dimensi Balok Cucu : 20 / 35

Bentang Balok Cucu : 3.75 m

Beban-beban yang bekerja :

#### 1. Sebelum Komposit

- Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok ( DL}_1\text{ )} = 0.23 \times 0.20 \times 2400 = 110.4 \text{ kg / m}$$

$$\text{Berat segitiga pelat ( } q_d = 288 \text{ kg/m}^2 \text{ )} :$$

$$q_{ek} = \text{DL}_2 = 2 \times \frac{1}{3} \times q_d \times L \times$$

$$= 2 \times \frac{1}{3} \times 288 \times 3.75$$

$$= 720 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{DL} &= \text{DL}_1 + \text{DL}_2 \\ &= 110.4 + 720 \\ &= 830.7 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup

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

$$\begin{aligned} q_{ek} &= LL_1 = 2 \times \frac{1}{3} \times q_L \times Lx \\ &= 2 \times \frac{1}{3} \times 250 \times 3.75 \\ &= 625 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Sesudah Komposit

- Beban Mati

Berat sendiri balok ( $\text{DL}_1$ ) =  $0.35 \times 0.20 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}$

Berat segitiga pelat ( $q_d = 471 \text{ kg/m}^2$ ) :

$$\begin{aligned} q_{ek} &= \text{DL}_2 = 2 \times \frac{1}{3} \times q_d \times Lx \\ &= 2 \times \frac{1}{3} \times 471 \times 3.75 \\ &= 1177.5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DL} &= \text{DL}_1 + \text{DL}_2 \\ &= 168 + 1177.5 \\ &= 1345.5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup

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

$$q_{ek} = LL = 2 \times \frac{1}{3} \times q_L \times Lx$$

$$= 2 \times \frac{1}{3} \times 250 \times 3.75$$

$$= 625 \text{ kg/m}$$

#### Kombinasi pembebanan

##### 1. Sebelum Komposit

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

$$= 1.2 \times 830.4 + 1.6 \times 625$$

$$= 2545.48 \text{ kg/m}$$

##### 2. Sesudah Komposit

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

$$= 1.2 \times 1345.5 + 1.6 \times 625$$

$$= 2614.6 \text{ kg/m}$$

Dimensi Balok Anak : 40 / 60

Bentang Balok Anak : 7,5 m

#### Beban-beban yang bekerja :

##### 1. Sebelum Komposit

- Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok (DL1)} = 0.48 \times 0.40 \times 2400 = 460.8 \text{ kg/m}$$

Berat segitiga pelat ( $q_d = 288 \text{ kg/m}^2$ ) :

$$q_{ek} = DL_2 = 2 \times \frac{1}{4} \times q_d \times Lx$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 288 \times 7.5$$

$$= 540 \text{ kg/m}$$

$$DL = DL_1 + DL_2$$

$$= 540 + 460.8$$

$$= 1000.8 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

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

$$q_{ek} = LL = 2 \times \frac{1}{4} \times q_L \times Lx$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 250 \times 7.5$$

$$= 468.75 \text{ kg/m}$$

## 2. Sesudah Komposit

- Beban Mati

Berat sendiri balok ( $DL_1 = 0.6 \times 0.40 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$ )

Berat segitiga pelat ( $q_d = 471 \text{ kg/m}^2$ ) :

$$q_{ek} = DL_2 = 2 \times \frac{1}{4} \times q_d \times Lx$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 471 \times 7.5$$

$$= 2355 \text{ kg/m}$$

$$DL = DL_1 + DL_2$$

$$= 576 + 2355$$

$$= 2931 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

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

$$q_{ek} = LL_1 = 2 \times \frac{1}{4} \times q_L \times Lx$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 250 \times 7.5$$

$$= 1250 \text{ kg/m}$$

#### Kombinasi pembebanan

##### 1. Sebelum Komposit

$$qu = 1.2 DL + 1.6 LL$$

$$= 1.2 \times 1000.8 + 1.6 \times 468.75$$

$$= 1951 \text{ kg/m}$$

##### 2. Sesudah Komposit

$$qu = 1.2 DL + 1.6 LL$$

$$= 1.2 \times 1753.5 + 1.6 \times 625$$

$$= 3104.2 \text{ kg/m}$$

### 4.3.3. Penulangan Balok Cucu dan Balok Anak

#### 4.3.3.1. Penulangan Lentur dan Geser Balok Cucu dan Balok Anak

##### A. Langkah-langkah Penulangan Lentur Balok Cucu dan Balok Anak

###### 1. Data Perencanaan

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$   $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$\Phi = 0.8$  ( faktor reduksi untuk lentur tanpa beban aksial )

###### 2. Menetapkan Harga :

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

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

Decking : 40 mm

###### 3. Hitung d

Setelah Komposit

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

Sebelum Komposit

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

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

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

$\beta_1 = 0.85$ , untuk  $0 < f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$  ( SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2.(7). )

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

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

5. Hitung harga tulangan  $\rho$  yang dibutuhkan

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

dimana :  $m = \frac{f_y}{0.85.f_c'}$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi bd^2}$$

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

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  → tulangan tekan diperhitungkan

6. Menentukan As dan jumlah tulangan

Tarik :  $As = \rho b d$

Jika :  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  → Tulangan tekan dipakai praktis saja

yaitu minimal 2 buah atau

$$As' = 20\% As$$

## B. Langkah – langkah Penulanngan Geser Balok Cucu dan Balok Anak

1. Data :

$$Vu = \text{gaya geser berfaktor} = D$$

$$\text{Faktor reduksi}, \Phi = 0.6$$

Diameter tulangan sengkang : 10 mm

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

3. Cek : Apakah  $V < \Phi V_c + 2/3 \sqrt{f'_c} bw d$

$$\text{Dimana : } V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} bw d$$

Bila tidak memenuhi, perbesar penampang

4. Bila  $\Phi V_c > V_n \geq 1/2 \Phi V_c$ , gunakan tulangan geser minimum  
 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 :

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

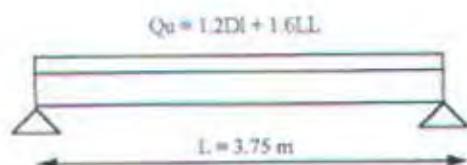
$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot d / s (\sin \alpha + \cos \beta) \text{ (u/ sengkang miring)}$$

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

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

#### 4.3.3.2. Contoh Perhitungan Penulangan Balok Cucu

##### A. Sesudah Komposit



sehingga dengan menggunakan program Bantu SAP90 didapat besarnya gaya-gaya dalam max (As E balok lantai) sebagai berikut:

$$\text{Mu lapangan} = 2756 \text{ kgm}$$

$$\text{Mu tumpuan} = 1413.94 \text{ kgm}$$

$$\text{Gaya lintang (Vu)} = 5924 \text{ kg}$$

### Penulangan Lentur Balok Cucu

#### Data perencanaan :

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

$$f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$$

- Decking = 40 mm

- $d = 350 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$

$$= 289 \text{ mm}$$

maka :

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_{c'} \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 psl 3.1.4.3}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0.044$$

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

$$= 0.033$$

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

$$= \frac{1.4}{320}$$

$$= 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{320}{0.85 \cdot 30}$$

$$= 12.55$$

Daerah Lapangan

$$\text{Mu lapangan} = 2726 \text{ kgm} = 0.27 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Asumsi awal :

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

menentukan lebar efektif balok :

$$be \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 3750 = 937.5 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 16t = 200 + (16 \times 120) = 2120 \text{ mm}$$

$$be \leq Ln = 3750 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil,  $be = 937.5 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{0.27 \times 10^8}{0.8 \times 200 \times 289^2}$$

$$= 2.04 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.04}{320}} \right]$$

$$= 0.0067$$

maka  $\rho_{\min} = 0.0044 < \rho_{\text{perlu}} = 0.0067 < \rho_{\max} = 0.033$  ( pakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0044$  )

As perlu =  $\rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

$$= 0.0067 \times 200 \times 289$$

$$= 384.51 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 22

As ada =  $2 \times 379.94$

$$= 759.88 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \dots \text{OK}$$

Kontrol penampang :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e}$$

$$= \frac{759.88 \times 320}{0.85 \times 30 \times 937.5}$$

= 10.8 mm < t pelat 120 mm .... Balok T palsu

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

#### Daerah tumpuan

$$\mu_{tum} = 1413.94 \text{ kgm} = 0.14 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{0.14 \times 10^8}{0.8 \times 200 \times 289^2}$$

$$= 1.06 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.06}{320}} \right]$$

$$= 0.0034$$

$$\text{maka } \rho_{min} = 0.004375 \geq \rho_{perlu} = 0.0034$$

$$\text{As perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0044 \times 200 \times 289$$

$$= 254.32 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 22

$$\text{As ada} = 2 \times 379.94$$

$$= 759.88 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}, \dots, \text{OK}$$

### Penulangan Geser Balok Cucu

Gaya geser berfaktor:

$$V_u = 5924 \text{ Kg} = 59240 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{59240}{0.6} = 98733.3 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 289 = 52763.9 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 31658.34 \text{ N}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$= \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 200 \times 289 = 211055.76 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_n < V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$98733.3 \text{ N} < 263819.66 \text{ N}$  .... Penampang tidak berubah

$$V_n > \phi V_c$$

$98733.3 \text{ N} > 31658.34 \text{ N}$  .... Perlu tulangan geser

$$V_s = 98733.3 - 3168.4$$

$$= 67074.97 \text{ N}$$

Maka :

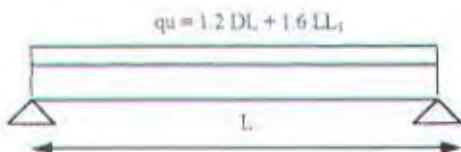
$$S = \frac{Av \cdot f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \times \frac{1}{4} \times 10^2 \times 320 \times 289}{67074.97} = 68.94$$

$$S_{\max} < \frac{d}{2} = \frac{289}{2} = 144.5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10 - 60

#### B. Sebelum Komposit



$$\text{Momen} = 1/8 \times qu \times L^2$$

$$\text{Gaya Lintang} = 1/2 \times qu \times L$$

$$\text{Mu lapangan} = 1/8 \times 1996.5 \times 3.75^2 = 3509.4 \text{ kgm}$$

$$\text{Gaya lintang (Vu)} = \frac{1}{2} \times 1996.5 \times 3.75 = 3743 \text{ kg}$$

#### Penulangan Lentur Balok Cucu

##### Data perencanaan :

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

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

- Decking = 40 mm
- $d = 350 - 120 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$   
= 169 mm

maka :

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_i}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI T - 15 - 1991 - 03 psI 3.1.4.3}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0.044$$

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

$$= 0.033$$

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

$$= 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{320}{0.85 \cdot 30}$$

$$= 12.55$$

### Daerah Lapangan

$$M_u \text{ lapangan} = 1/8 q L^2 = 1/8 \times 1996.5 \times 3.75^2 = 3509.483 \text{ kgm}$$

Asumsi awal :

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

menentukan lebar efektif balok :

$$b_e \leq \frac{1}{4} L \quad = \frac{1}{4} \times 3750 = 937.5 \text{ mm}$$

$$b_e \leq b_w + 16t \quad = 200 + (16 \times 120) = 2120 \text{ mm}$$

$$b_e \leq L_n \quad = 3750 \text{ mm}$$

diamambil yang terkecil,  $b_e = 937.5 \text{ mm}$

$$Rn = \frac{0.35 \times 10^8}{0.8 \times 200 \times 169^2} = 7.68 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 7.68}{320}} \right] = 0.0294$$

maka  $\rho_{\min} = 0.0044 < \rho_{\text{perlu}} = 0.0294 < \rho_{\max} = 0.033$  ( pakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0.024$  )

As perlu =  $\rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

$$= 0.0294 \times 200 \times 169$$

$$= 994.48 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3 D 22

As ada =  $3 \times 379.94$

$$= 1139.82 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \dots \text{OK}$$

Kontrol penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot fc' \cdot be}$$

$$= \frac{994.48 \times 320}{0.85 \times 30 \times 937.5}$$

$$= 11.53 \text{ mm} < t \text{ pelat } 120 \text{ mm} \dots \text{Balok T palsu}$$

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

### Penulangan Geser Balok Cucu

Gaya geser berfaktor:

$$V_u = \text{Kg} = 37430 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{37430}{0.6} = 62383.3 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \\ = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 169 = 30855 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 18513 \text{ N}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$= \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d \\ = \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 200 \times 169 = 123420.15 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_n < V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$62383.3 \text{ N} < 154275.19 \text{ N} \dots \text{Penampang tidak berubah}$$

$$V_n > \phi V_c$$

$$62383.3 \text{ N} > 18513 \text{ N} \dots \text{Perlu tulangan geser}$$

$$V_s = 62383.3 - 18513$$

$$= 43870.3 \text{ N}$$

Maka :

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} \\ = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times 10^2 \times 320 \times 169}{43870.3} = 61.64 \text{ mm}$$

$$S_{\max} < \frac{d}{2} = \frac{289}{2} = 144.5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10 – 60

Dari perhitungan penulangan balok anak pada kedua keadaan, tulangan terpasang diambil harga yang menentukan yaitu yang membutuhkan tulangan terbanyak yaitu:

1. Penulangan lentur

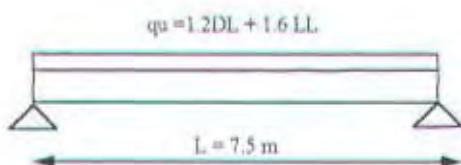
Daerah lapangan : 3 D 22

Daerah tumpuan : 2 D 22

2. Penulangan geser : D10 - 60

#### 4.3.3.3. Contoh Perhitungan Penulangan Balok Anak

##### A. Sesudah Komposit



Dengan menggunakan program Bantu SAP90 didapat besarnya gaya-gaya dalam max sebagai berikut:

$$M_u \text{ lapangan} = 21400.68 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 21636.74 \text{ kgm}$$

$$\text{Gaya lintang (Vu)} = 13910 \text{ kg}$$

##### Penulangan Lentur Balok Anak

##### Data perencanaan :

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

$$f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$$

- Decking = 40 mm

- $d = 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$

$$= 539 \text{ mm}$$

maka :

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI T - 15 - 1991 - 03 psl 3.1.4.3}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0.044$$

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

$$= 0.033$$

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

$$= 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{320}{0.85 \cdot 30}$$

$$= 12.55$$

### Daerah Lapangan

$$M_u \text{ lapangan} = 21400.68 \text{ kgm} = 2.14 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Asumsi awal :

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

menentukan lebar efektif balok :

$$be \leq \frac{1}{4} L \quad = \frac{1}{4} \times 7500 = 1875 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + 16t \quad = 400 + (16 \times 120) = 2320 \text{ mm}$$

$$be \leq Ln \quad = 7500 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil,  $be = 1875 \text{ mm}$

$$R_n = \frac{2.14 \times 10^8}{0.8 \times 400 \times 539^2} = 2.3 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.3}{320}} \right] = 0.0072$$

maka  $\rho_{\text{min}} = 0.004375 < \rho_{\text{perlu}} = 0.0072 < \rho_{\text{max}} = 0.033$  (pakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0.0072$ )

As perlu =  $\rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

$$= 0.0072 \times 400 \times 539$$

$$= 1628.10 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 5 D 22

As ada =  $5 \times 379.94$

$$= 1899.7 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \dots \text{OK}$$

Kontrol penampang :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot e}$$

$$= \frac{1899.7 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1875}$$

$$= 12.71 \text{ mm} < t \text{ pelat } 120 \text{ mm} \dots \text{Balok T palsu}$$

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

### Daerah tumpuan

$$Mu_{\text{sum}} = 21636.74 \text{ kgm} = 2.16 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{2.16 \times 10^8}{0.8 \times 400 \times 539^2}$$

$$= 2.33 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.33}{320}} \right] = 0.0076$$

maka  $\rho_{\min} = 0.004375 < \rho_{\text{perlu}} = 0.0076 < \rho_{\max} = 0.033$

As perlu =  $\rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$

$$= 0.0076 \times 400 \times 539$$

$$= 1647.01 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 5 D 22

As ada =  $5 \times 379.94$

$$= 1899.7 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \dots \text{OK}$$

### Penulangan Geser Balok Anak

Gaya geser berfaktor:

$$V_u = 13910 \text{ Kg} = 139100 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{139100}{0,6} = 231833 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 539 = 196815 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 118089 \text{ N}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$= \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 539 = 787259.8 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_n < V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$231833 \text{ N} < 984074.9 \text{ N} \dots \text{Penampang tidak berubah}$$

$$V_n > \phi V_c$$

$275663.7 \text{ N} > 118089 \text{ N}$  ... Perlu tulangan geser

$$V_s = 231833 - 118089$$

$$= 113744.35 \text{ N}$$

Maka :

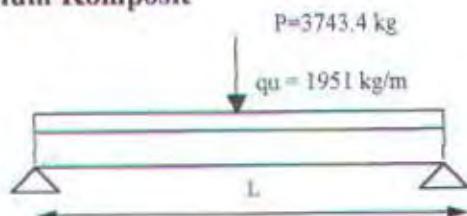
$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \times \frac{1}{4} \times 10^2 \times 320 \times 539}{113744.35} = 75.82 \text{ mm}$$

$$S_{\max} < \frac{d}{2} = \frac{539}{2} = 269.5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10 - 75

#### A. Sebelum Komposit



$$\mu_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P \cdot L$$

$$= \frac{1}{8} \times 1951 \times 7.5^2 + \frac{1}{4} \times 3743.4 \times 7.5 = 20736.56 \text{ kgm}$$

$$\text{Gaya lintang (Vu)} = (q_u \cdot L + P)/2$$

$$= (1951 \times 7.5 + 3743.4)/2 = 9188 \text{ kg}$$

**Penulangan Lentur Balok Anak****Data perencanaan :**

- Mutu bahan :  $f_y = 320 \text{ Mpa}$   
 $f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$
- Decking = 40 mm
- $d = 600 - 120 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$   
 $= 419 \text{ mm}$

maka :

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_{c'} \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 psI 3.1.4.3}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0.044$$

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

$$= 0.033$$

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

$$= 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{320}{0.85 \cdot 30}$$

$$= 12.55$$

Daerah Lapangan

$$\mu_{lapangan} = 20736.56 \text{ kgm} = 2.07 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Asumsi awal :

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

$$b_e \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 7500 = 1875 \text{ mm}$$

$$b_e \leq b_w + 16t = 400 + (16 \times 120) = 2320 \text{ mm}$$

$$b_e \leq L_n = 7500 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil,  $b_e = 1875 \text{ mm}$

$$R_n = \frac{2.07 \times 10^8}{0.8 \times 400 \times 419^2} = 3.7 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.7}{320}} \right] = 0.0125$$

$$\text{maka } \rho_{min} = 0.004375 < \rho_{perlu} = 0.0125 < \rho_{max} = 0.033$$

$$\text{As perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0125 \times 400 \times 419$$

$$\approx 2098.03 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 6 D 22

$$\text{As ada} = 6 \times 379.94$$

$$= 2279.64 \text{ mm}^2 > \text{As perlu.....OK}$$

Kontrol penampang :

$$a = \frac{As.fy}{0.85.f'c.be}$$

$$= \frac{2096.03 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1875}$$

= 12.17 mm < t pelat 120 mm .... Balok T palsu

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

### Penulangan Geser Balok Anak

Gaya geser berfaktor:

$$V_u = 9188 \text{ Kg} = 91880 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{91880}{0.6} = 153133 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 419 = 152997.167 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 91798.3 \text{ N}$$

Kuat geser beton maksimal :

$$= \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b_w d$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 419 = 611988.67 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_n < V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b_w d$$

153133 N < 764985.8 N .... Penampang tidak berubah

$$V_n > \phi V_c$$

$153133 \text{ N} > 91798.3 \text{ N}$  ... Perlu tulangan geser

$$V_s = 153133 - 152997.167$$

$$= 61335.03 \text{ N}$$

Maka :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \times \frac{1}{4} \times 10^2 \times 320 \times 419}{61335.30} = 109.30$$

$$S_{\max} < \frac{d}{2} = \frac{419}{2} = 209.5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan geser D10 – 100

Dari perhitungan penulangan balok anak pada kedua keadaan, tulangan terpasang

diambil harga yang menentukan yaitu yang membutuhkan tulangan terbayak yaitu:

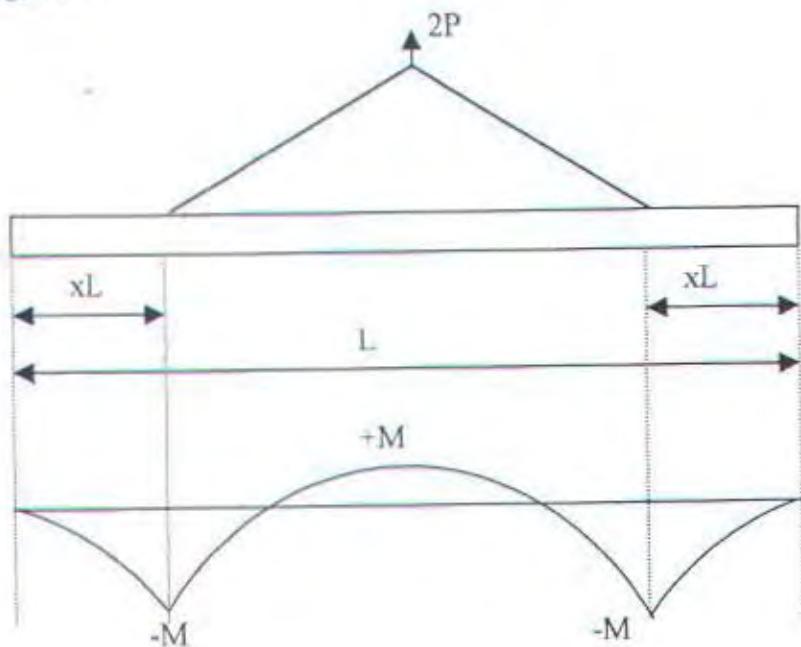
1. Penulangan lentur

Daerah lapangan : 7 D 22

Daerah tumpuan : 6 D 22

2. Penulangan geser : D10 – 75

## Pengangkatan



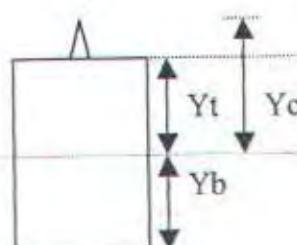
[PCI hand book]

dimana :

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

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

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



Contoh perhitungan

Balok cucu 20 x 23 cm panjang 3.75m

$$Y_t = Y_b = 11.5 \text{ cm}$$

$$I = 1/12 \times 20 \times 23^3 = 20278.33 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 16.5 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 16.5}{375 \tan 45}}{2 \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{11.5}{11.5} \left( 1 + \frac{4 \times 16.5}{375 x \tan 45} \right)} \right]} = 0.238$$

$$x \cdot L = 0.238 \times 375 = 90 \text{ cm}$$

Beban pada balok cucu

$$1. \text{ Berat sendiri : } 0.2 \times 0.23 \times 2400 = 110.4 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ Berat orang pekerja : } = 100 \text{ Kg}$$

Momen yang terjadi :

❖ Momen di lapangan :

- Akibat beban mati

$$+M = 0.125 \times 110.4 \times 3.75^2 [1 - (4 \times 0.24) + ((4 \times 0.165)/(3.75 \times \tan 45))] \\ = 41.92 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup

$$+M = 0.5 \times P \times (L - (2 \times 0.90)) \\ = 0.5 \times 100 \times (3.75 - (2 \times 0.90)) = 97.5 \text{ kgm}$$

$$- M_{\max} = 41.92 + 97.5 = 139.42 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi :

$$f = M/Wt = 1394200 \times 6 / (200 \times 230^2) = 0.8 \text{ MPa}$$

$$f < f_r = 0.7 \sqrt{fc'} = 3.8 \text{ MP} \dots \text{OK}$$

❖ Momen dilapangan

$$-M = \frac{w \cdot x^2 \cdot L^2}{2} = (0.5 \times 110.4 \times 0.9^2) + (100 \times 0.9) = 134.712 \text{ kgm}$$

$$f = M/Wt = 1347120 \times 6 / (200 \times 230^2) = 0.8 \text{ MPa}$$

$$f < f_r = 0.7 \sqrt{fc'} = 3.8 \text{ MP}$$

Tulangan angkat yang terjadi :

$$V_u = \frac{1}{2} \times [(1.2 \times 110.4 \times 1.95) + (1.6 \times 100)] = 209.2 \text{ kg}$$

tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah =  $f_y/1.5$

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

$$\text{Diameter tulangan angkat} > \sqrt{[(V_u / \sigma_{\text{tarik ijin}}) \times 4 / \pi]}$$

$$> \sqrt{(209.2 / 2133.33) \times 4 / \pi}$$

$$0.4 \text{ cm} = 0.8 \text{ cm}$$

Balok anak  $40 \times 48 \text{ cm}$  panjang  $7.5 \text{ m}$

$$Y_t = Y_b = 24 \text{ cm}$$

$$I = 1/12 \times 20 \times 24^3 = 960 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 29 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 29}{750 \tan 45}}{2 \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{24}{24} \left( 1 + \frac{4 \times 29}{750 \times \tan 45} \right)} \right]} = 0.23$$

$$x \cdot L = 0.23 \times 750 = 172.5 \text{ cm}$$

Beban pada balok cucu

$$1. \text{ Berat sendiri : } 0.4 \times 0.48 \times 2400 = 460.8 \text{ kg/m}^3$$

$$2. \text{ Berat orang pekerja : } = 100 \text{ Kg}$$

Momen yang terjadi :

❖ Momen di lapangan :

- Akibat beban mati

$$+M = 0.125 \times 460.8 \times 7.5^2 [1 - (4 \times 0.23) + ((4 \times 0.29)/(7.5 \times \tan 45))]$$

$$= 760.32 \text{ 281.18 kgm}$$

- Akibat beban hidup

$$+M = 0.5 \times P \times (L - (2 \times 1.725))$$

$$= 0.5 \times 100 \times (7.5 - (2 \times 1.725)) = 202.5 \text{ kgm}$$

- $+M_{\max} = 760.32 + 281.18 + 202.5 = 962.82 \text{ kgm}$

Tegangan yang terjadi :

$$f = M/Wt = 9628200 \times 6 / (400 \times 480^2) = 0.62 \text{ MPa}$$

$$f < f_r = 0.7 \sqrt{f_c} = 3.8 \text{ MPa} \dots\dots \text{OK}$$

❖ Momen dilapangan

$$-M = \frac{w \cdot x^2 \cdot L^2}{2} = (0.5 \times 460.8 \times 1.725^2) + (100 \times 1.725) = 858.084 \text{ kgm}$$

$$f = M/Wt = 8580840 \times 6 / (400 \times 480^2) = 0.6 \text{ MPa}$$

$$f < f_r = 0.7 \sqrt{f_c} = 3.8 \text{ MPa} \dots\dots \text{OK}$$

Tulangan angkat yang terjadi :

$$Vu = \frac{1}{2} \times [(1.2 \times 460.8 \times 4.05) + (1.6 \times 100)] = 1199.74 \text{ kg}$$

tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah  $= f_y/1.5$

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

$$\text{Dia. tulangan angkat} > \sqrt{[(Vu/\sigma_{tarik\ ijin}) \times 4/\pi]}$$

$$> \sqrt{[(1199.74/2133.33) \times 4/\pi]}$$

$$\geq 0.8 \text{ cm} = 8 \text{ mm}$$

#### 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 kelayanan 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.

##### 4.3.4.2. Kontrol Retak

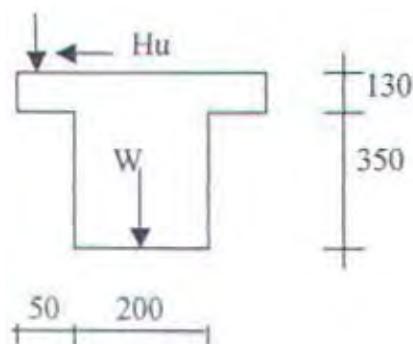
Lebar retak diperhitungkan jika tulangan yang digunakan memakai  $f_y > 413$  Mpa (Chu Kia Wang & Charles G Salmon). Sedangkan mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan balok anak ini mempunyai nilai  $f_y = 320$  Mpa, sehingga kontrol retak tidak perlu dilakukan.

#### 4.3.5. Kontrol Guling

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

Beban guling diakibatkan oleh berat pelat, yang berada di salah 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.

Pu



Beban dari pelat pracetak :

- Berat sendiri pelat  $= 0.12 \times 2400 = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Beban hidup pekerja  $= 100 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Beban ultimate : } qu = 1.2(280) + 1.6(100)$$

$$= 505.5 \text{ kg/m}^2$$

Untuk balok cucu dengan bentang 3.75 m :

$$Pu = 1/3 \times 505.6 \times 3.75^2$$

$$= 1777.5 \text{ kg}$$

$$Hu = 0.001 \times 1777.5 = 17.775 \text{ kg}$$

Momen guling :

$$Pu \cdot (50/2) + Hu \cdot 230 < W \cdot (200/2)$$

$$1777.5 \times (50/2) + 17.775 \times 230 < 0.2 \times 0.23 \times 2400 \times 3.75 \times 1.2 \times (200/2)$$

$$4852.75 < 49680 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Untuk balok anak bentang 7.5 m :

$$Pu = 0.5 \times 2 \times (3.75 + 7.5) \times 505.6 + 2400 \times 0.2 \times 0.23 \times 3.75 = 6102 \text{ kg}$$

$$Hu = 0.1 \times 6102 = 610.2 \text{ kg}$$

Momen guling :

$$P_u \cdot (50/2) + H_u \cdot 480 < W \cdot (200/2)$$

$$6102 \times 50/2 + 610.2 \times 480 < 2400 \times 0.4 \times 0.48 \times 7.5 \times 400/2$$

$$445446 < 691200 \dots \dots \text{OK}$$

Jadi dimensi balok masih cukup aman terhadap bahaya guling.

#### 4.4. PERENCANAAN TANGGA

##### 4.4.1. Umum

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik konstruksi maupun perletakannya. 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 diasumsikan sebagai shell (pelat), yang nantinya akan dianalisa untuk mencari gaya-gaya dalamnya dengan program bantu SAP90.

Perletakan tangga dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol ataupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi ini akan menentukan cara penulangan dan konsentrasi penulangan konstruksinya serta pengaruhnya terhadap struktur secara keseluruhan.

Berdasarkan persyaratan PPTGIUG 1983, unsur-unsur non struktur hendaknya dipisahkan dari strukturnya, karena dikehendaki agar unsur non struktur tersebut tidak mempengaruhi kelakuan struktur utama. Memperhatikan persyaratan tersebut maka perencanaan struktur tangga pada gedung ini memakai tumpuan sendi-melayang-sendi.

#### 4.4.2. Data – data Perencanaan

- Mutu beton :  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
- Mutu baja :  $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- Panjang Tangga : 400 cm
- Lebar tangga : 300 cm
- Tinggi antar lantai : 400 cm

#### 4.4.3. Perhitungan Pelat Tangga

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

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 = 200 cm
- Banyaknya injakan yang ada = 10 buah
- Jarak horisontal =  $10 \times 25 = 250 \text{ cm}$
- Jarak vertikal =  $10 \times 20 = 200 \text{ cm}$
- Sudut kemiringan tangga (  $\alpha$  ) =  $\arctan 20 / 25 = 38.66^\circ < 45^\circ$

Luas segitiga I = luas segitiga II

$$0.5 \times 10 \times 12.5 = 0.5 \times X \times \sqrt{10^2 + 12.5^2}$$

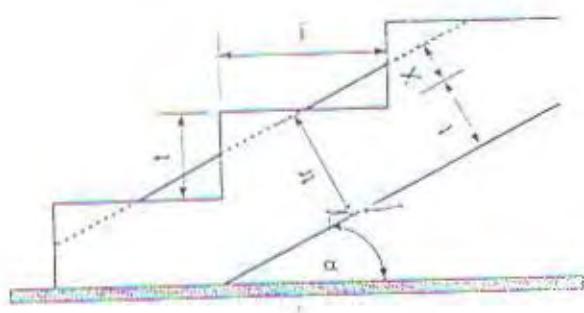
$$125 = 16.008 X$$

$$X = 7.81 \text{ cm} \sim 8 \text{ cm}$$

Tebal pelat rata-rata = tebal pelat tangga + X

$$= 15 + 8$$

$$= 23 \text{ cm}$$



Gambar 4.6 Dimensi anak tangga

#### 4.4.4. Pembebanan Tangga dan Bordes

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

##### 1. Pelat Tangga

➤ Beban mati :

$$\begin{aligned}
 & \bullet \text{ Pelat tangga} = 0.23 \times 2400 / \cos 38.66 = 706.907 \text{ kg/m}^2 \\
 & \bullet \text{ Spesi + tegel} = 3 \times (21 + 24) = 135.000 \text{ kg/m}^2 \\
 & \bullet \text{ Sandaran} = 40.000 \text{ kg/m}^2 + \\
 & \qquad\qquad\qquad \underline{\hspace{10em}} \\
 & \qquad\qquad\qquad \text{Total ( DL )} = 881.907 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

➤ Beban hidup LL = 300 kg/m<sup>2</sup>

maka :

$$\begin{aligned}
 qu &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\
 &= 1.2 \times 881.907 + 1.6 \times 300 \\
 &= 1528.288 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

##### 2. Pelat Bordes

➤ Beban mati :

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

➤ Beban hidup LL = 300 kg/m

maka :

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

#### 4.4.5. Penulangan pelat tangga dan bordes :

##### 4.4.5.1. Pelat tangga

a) Penulangan Lentur

Arah X

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

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

$$Mu = 1600.209 \text{ kgm} = 1.6E7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu / \Phi$$

$$= 1.6E7 / 0.8$$

$$= 2E7 \text{ Nmm}$$

Selimut beton = 20 mm

Direncanakan menggunakan tulangan D 12 mm

$$D = 230 - 20 - 0.5 \times 12 = 204 \text{ mm}$$

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

$$R_n = \frac{Mn}{bw \times d^3} = \frac{2E7}{1000 \times 204^2} = 0.48 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.48}{320}} \right]$$

$$= 0.0015 < \rho_{\min}$$

maka dipakai  $\rho_{\min} = 0.004375$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.004375 \times 1000 \times 204 = 892.5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan lentur  $\phi 12 - 120$  ( As ada =  $942.478 \text{ mm}^2$  )

#### Arah Y

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

Tulangan pembagi =  $0.002 \times A_{\text{brutto}}$

$$= 0.002 \times 1000 \times 230$$

$$= 460 \text{ mm}^2$$

Dipasang D10 - 170 mm ( As ada =  $462 \text{ mm}^2$  )

#### b) Penulangan geser

$$V_u = 1194.14 \text{ kg}$$

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

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

$$\Phi \cdot V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 204$$

$$= 153402.068 \text{ N}$$

$$= 15340.2068 \text{ kg} > V_u = 1194.14 \text{ kg}$$

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 dibawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

#### 4.4.5.2. Pelat Bordes

##### a). Penulangan Lentur

Arah X

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

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

$$Mu = 234 \text{ kgm} = 2.34E6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu / \Phi$$

$$= 2.34E6 / 0.8$$

$$= 2.925E6 \text{ Nmm}$$

Selimut beton = 20 mm

Direncanakan menggunakan tulangan D 12 mm

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

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

$$Rn = \frac{Mn}{bw \times d^2} = \frac{2.34E6}{1000 \times 124^2} = 0.15 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.15}{320}} \right]$$

$$= 0.00047$$

maka dipakai  $\rho = 0.00044$

Tulangan yang dibutuhkan :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0.00044 \times 1000 \times 124 = 545.6 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan lentur  $\phi 12 - 120$  ( As ada =  $942.478 \text{ mm}^2$  )

#### Arah Y

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

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

Dipasang D10 - 200 mm (As ada =  $392.7 \text{ mm}^2$  )

#### b). Penulangan geser

$$V_u = 178.079 \text{ kg}$$

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

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

$$\begin{aligned} \Phi \cdot V_c &= 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 124 \\ &= 66978.368 \text{ N} \\ &= 6697.8368 \text{ kg} > V_u = 178.079 \text{ kg} \end{aligned}$$

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 dibawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

## **BAB V**

### **ANALISA STRUKTUR UTAMA**

## BAB V

### ANALISA STRUKTUR UTAMA

#### 5.1. UMUM

Struktur utama merupakan struktur pemikul beban yang diperlukan bagi ketahanan gedung jika mengalami pembebanan yang disyaratkan. Beban yang diterima struktur berupa beban gravitasi dan beban lateral yang disebabkan oleh beban gempa.

Komponen struktur utama terdiri dari balok induk, kolom dan shearwall untuk struktur atas dan pondasi untuk struktur bawah.

Buku pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983 membagi jenis struktur menjadi 4 macam, yaitu :

##### 1. Jenis A

Struktur jenis A adalah portal-portal beton bertulang dengan tembok sebagai panel pengisi yang direncanakan untuk ikut menahan beban gempa melalui aksi komposit. Struktur ini dapat mengandung tembok-tebok yang terbuat dari mutu bahan yang lebih rendah yang tidak diperhitungkan sebagai unsur penahan beban lateral.

Dalam struktur ini tembok-tebok penahan beban lateral direncanakan untuk menahan beban-beban gempa secara elastik pada waktu terjadi gempa sedang atau kuat, tetapi akan rusak pada waktu terjadi gempa sedang atau kuat. Akan tetapi, dengan dipasangnya kolom-kolom praktis dan tulangan jangkar secukupnya didalam semua tembok, maka pada keadaan

demikian, keruntuhan tembok secara tak terkendali akibat beban geser beban muka dapat dicegah sehingga ancaman jiwa bagi para penghuni gedung dapat dibatasi. Dalam keadaan ini beban-beban gempa akan dipikul hanya oleh portal-portalnya.

Jadi, ketentuan pokok dari struktur jenis ini adalah :

- a. Tinggi maksimum
- b. Pemisahan tembok dari struktur : tidak dipisahkan
- c. Pembatasan mengenai tembok : penempatan tembok mendekati simetris.
- d. Anggapan peranan tembok : tembok ikut memikul beban gempa kecuali tembok non struktur.

## 2. Jenis B

Struktur jenis B adalah portal-portal beton bertulang dengan tembok sebagai panel-panel pengisi yang walaupun tidak dipisahkan dari portal-portalnya, tidak dianggap ikut berperan dalam menahan beban gempa, tetapi mempengaruhi perilaku struktur terhadap gempa.

Struktur jenis ini dibagi dalam 2 kelompok, yaitu :

### a. Jenis B1

Tinggi struktur tidak melampaui 2 tingkat atau 8 m dengan penempatan tembok-tembok yang sembarang. Disini tata letak tembok-tembok yang tidak simetris diperbolehkan, walaupun perilaku struktur secara keseluruhan tidak akan sebaik bila tembok-tembok tersebut ditempatkan secara simetris.

### b. Jenis B2

Tinggi struktur tidak melampaui 7 tingkat atau 20 m dengan penempatan tembok-tembok yang mendekati simetris. Disini eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan adalah kecil, sehingga gaya-gaya geser yang diperbesar

oleh pengaruh momen puntir horizontal masih terletak dalam batas-batas daya dukung struktur.

### 3. Jenis C

Struktur jenis C adalah struktur dimana tembok-tembok pasangan bata cetak yang bertulang berfungsi sebagai penahan beban gravitasi maupun beban gempa. Struktur ini dapat juga mengandung tembok-tembok pasangan bata merah atau batako yang tidak bertulang yang mempunyai suatu kekuatan, tetapi tembok-tembok demikian tidak dianggap sebagai unsur-unsur penahan beban lateral (tembok non structural). Namun demikian, tembok-tembok non structural tetap diberi kolom-kolom praktis dan tulangan jangkar secukupnya untuk mencegah keruntuhan yang tak terkendali bila mengalami beban muka.

Adapun ketentuan pokok dari struktur jenis C, adalah :

- a. Tinggi maksimum : 3 tingkat atau 11 meter
- b. Pemisahan tembok dari struktur : tidak dipisahkan
- c. Pembatasan mengenai tembok : penempatan tembok mendekati simetris
- d. Anggapan peranan tembok : tembok memikul beban gempa kecuali tembok non structural

### 4. Jenis D

Struktur jenis D adalah portal-portal beton bertulang, dengan ketentuan tinggi maksimum disyaratkan 10 tingkat atau 35 m, penempatan tembok sembarang, pengaruh tembok diabaikan dan tembok-tembok serta panel-panel pengisi kaku lainnya dipisahkan secara nyata dari struktur untuk mencegah agar tidak terjadi perubahan dalam perilaku struktur terhadap gempa. Persyaratan terakhir ini diadakan, karena struktur sebesar ini adalah

peka terhadap perubahan dalam perilaku terhadap gempa, yang dapat mengakibatkan peleahan yang terlalu awal dan keruntuhan yang terlalu cepat dari beberapa unsur struktur.

Analisa struktur utama meliputi balok induk dan kolom sebagai elemen utama. Struktur utama direncanakan menerima beban gravitasi dan beban lateral gempa. Balok induk menerima beban gravitasi dari balok anak, beban mati pelat dan overtopping serta beban hidup yang bekerja padanya.

Pelat pracetak hanya berfungsi untuk menerima gravitasi selanjutnya disalurkan ke balok pracetak kemudian bersama dengan kolom dan shearwall menyalurnkannya ke pondasi.

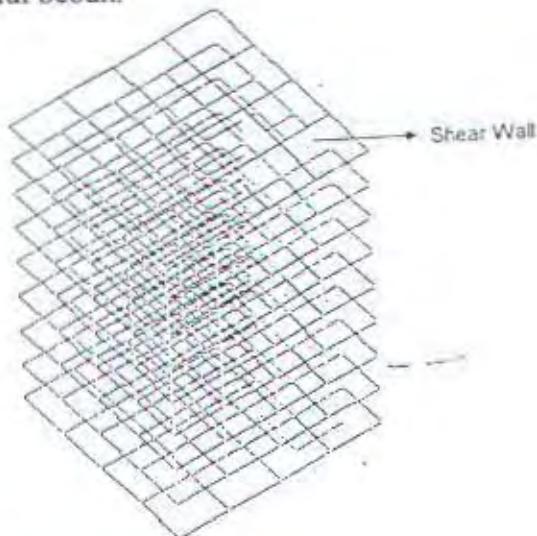
Pelat harus memiliki kekuatan yang tinggi dalam arah lateral sehingga pelat diperlakukan sebagai diagfragma. Dengan demikian pelat memberikan sumbangsih dalam mendistribusikan gaya akibat beban lateral yang bekerja di tiap lantai adalah ke struktur penahan lateral.

Beban lateral seperti angin dan gempa tanah akibat gempa diserap oleh struktur penahan lateral. Sambungan yang ada pada struktur penahan lateral direncanakan tahan momen sehingga gaya reaksi akibat beban lateral dapat disalurkan kembali secara aman ke pondasi.

## 5.2. MODEL STRUKTUR

Struktur utama gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini, direncanakan sebagai struktur jenis D. Struktur jenis D disini didefinisikan sebagai portal-portal beton bertulang dengan tembok-tebok dan panel pengisi kaku lainnya dipisahkan secara nyata dari strukturnya untuk mencegah agar tidak terjadi perubahan dalam perilaku struktur terhadap gempa.

Dalam perencanaan, gedung dimodelkan sebagai kombinasi antara portal terbuka (Momen Resisting Frame) dan dinding geser (Wall Frame) dengan portal sebagai pemikul utama beban. Struktur open frame cocok untuk perencanaan gedung di Indonesia karena pasangan batu bata/ tembok belum mampu berlaku sebagai pemikul beban.



Gambar 5.1. Pemodelan Struktur

Lantai yang berlaku sebagai difragma, dimodelkan dengan menyeragamkan displacement seluruh joint pada lantai tersebut. Seluruh joint dalam satu bidang lantai dianggap tidak dapat bergerak relatif satu dengan yang lainnya. Perpindahan joint tergantung dari master joint, yaitu suatu joint yang menggambarkan atau mewakili tingkat lantai suatu diafragma. Letak master joint ditentukan berdasarkan perhitungan pusat massa dari diafragma, sehingga lantai seperti dapat melentur (tanpa mengalami deformasi).

Pondasi poer yang disatukan dengan sloof dan pelat lantai dasar dimodelkan sebagai jepit. Pemodelan ini menyebabkan pondasi tidak mempunyai derajat kebebasan translasi maupun rotasi.

Struktur utama dianalisa dengan bantuan Struktur Analisa Program (SAP 90). Permodelan dari struktur ini adalah dengan menganggap balok induk sebagai beam dan kolom sebagai column. Sedangkan untuk shearwall dianggap sebagai wall panel pada input data. Analisa statis dan dinamis dilakukan bersama-sama dalam sekali running program dan output hasil running disesuaikan dengan kombinasi-kombinasi pembebanan yang disyaratkan pada SKSNI T-15-1991-03.

Untuk menyalurkan gaya lateral agar dapat diterima oleh komponen struktur penahan gaya lateral, maka lantai dimodelkan sebagai difragma yang kaku (rigid floor diaphragma). Jadi seluruh pertemuan antara elemen-elemen beam (joint) dalam satu bidang lantai diasumsikan tidak bisa bergerak relatif satu terhadap yang lain.

### 5.3. Input Data SAP 90

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai input data struktur utama yang dibuat berdasarkan buku petunjuk (manual) dan contoh-contoh SAP 90 yang berhubungan dengan analisa struktur ini.

a. Title line

Blok data ini digunakan untuk memberi label pada masukan SAP90 sebagai informasi tentang jenis, type, dan nama struktur yang akan dianalisa atau dimodelkan maksimal jumlah karakter yang dapat dituliskan sebanyak 70 buah.

b. System data block

Block data ini mendefinisikan kontrol informasi yang berhubungan dengan analisa struktur.

L : menyatakan jumlah kondisi/jenis beban (Load Condition)

V : menyatakan jumlah Eigen Value, yaitu tentang jumlah mode shape/jumlah ragam respon yang akan dihitung. Dimana nilai  $V = n - 1$  (dimana n menyatakan jumlah tingkat struktur yang dianalisa)

T : toleransi konvergen Eigen Value = 0.0001

Dengan memperhatikan PPTGIUG 1983 pasal 3.5.2.1, nilai V (jumlah ragam respon) yang harus ditinjau tidak boleh kurang dari 5. Sehingga  $V = 6$  (dimana dengan  $n = 7$ ,  $V = n-1 = 7-1 = 6$ )

c. Joint data block

Memuat informasi tentang letak koordinat titik-titik pada struktur dalam sumbu global X, Y, Z. Pendefinisian joint-joint ini bertujuan untuk membuat geometri dari struktur yang akan dianalisa. Joint data yang dipakai adalah sebagai berikut :

$iX = x \quad Y = y \quad Z = z \quad G = g1, g2, r$

dimana :

x = arah X – ordinat global dari join

y = arah Y – ordinat global dari join

z = arah Z – ordinat global dari join

g1 = linier generasi dari join 1

g2 = linier generasi dari join 2

i = nomor join

r = rasio dari bagian terdahulu terhadap bagian pertama untuk pembagian yang tidak sama

d. Restraints data block

Memuat informasi mengenai derajat kebebasan (DOF) tiap-tiap join apakah dilepas (nilai 0) atau dikekang (nilai 1). Restraint yang dipakai adalah :

$J_1 J_2 \text{ inc } R = r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6$

dimana :

$J_1$  : nomor join pertama

$J_2$  : nomor join terakhir

inc : penambahan nomor join

$r_1$  : harga restraint untuk bertranslasi arah sumbu X

$r_2$  : harga restraint untuk bertranslasi arah sumbu Y

$r_3$  : harga restraint untuk bertranslasi arah sumbu Z

$r_4$  : harga restraint untuk berotasi arah sumbu X

$r_5$  : harga restraint untuk berotasi arah sumbu Y

$r_6$  : harga restraint untuk berotasi arah sumbu Z

e. Frame data block

Memuat informasi mengenai data-data dari elemen-elemen batang (frame) tiga dimensi pada struktur yang dianalisa meliputi lokasi, properti dan beban yang bekerja pada setiap elemen.

NM : Number of Material, menyatakan jumlah material yang digunakan dalam analisa struktur

NL : Number of Load identification, menyatakan jumlah macam beban yang ada pada struktur.

Penulisan macam pembebanan dibedakan antara beban mati dan beban hidup yang nantinya akan dikombinasikan dalam blok data COMBO.

f. Shell data block

Memuat informasi mengenai data-data dari elemen-elemen shell dinding geser pada struktur yang dianalisa meliputi lokasi, property dan beban yang bekerja pada setiap elemen.

NM : Number of Material, menyatakan jumlah material yang digunakan dalam analisa struktur

ETYPE : Macam pelat yang dianalisa.

Untuk perencanaan ini Etype = 0 (pelat shell)

g. Loads data block

Memuat informasi mengenai beban-beban pada join yang berasal dari beban terpusat balok anak.

h. Combo data block

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur utama, yang didasarkan pada PBI'89 pasal 9.2  
Input data struktur utama, dan hasil plot dari gedung ini dapat dilihat pada lampiran.

#### 5.4. Permodelan Pembebanan Balok Induk

Beban-beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban merata diatasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada cara Tribury Area yaitu beban pelat dinyatakan dalam bentuk trapezium maupun segitiga. Variasi pembebanan dan beban ekivalen yang terjadi pada perhitungan balok induk ini dapat dilihat pada bab sebelumnya.

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA**

## BAB VI

### PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

#### 6.1. PERENCANAAN BALOK INDUK

Balok yang dipakai pada perencanaan struktur gedung Universitas Widya Mandala Surabaya ini adalah balok komposit. Dimana balok komposit ini adalah merupakan penggabungan balok pracetak dengan overtopping yang dicor diatas pelat pracetak.

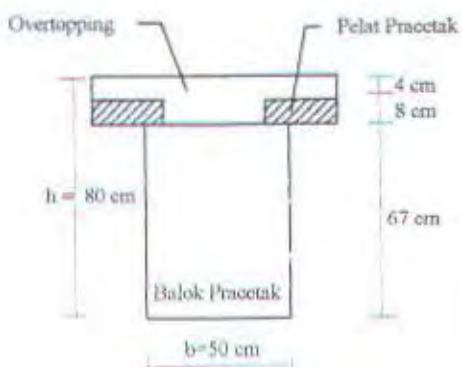
Pada saat sebelum komposit balok berbentuk persegi dan memikul beban gravitasi selama pelaksanaan pemasangan pelat pracetak dan pengecoran overtopping. Kontrol terhadap guling perlu ditinjau selama pemasangan pelat pracetak. Setelah komposit, balok terbentuk T karena pelat menjadi monolit dengan balok.

Beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa yang bekerja pada balok akan menimbulkan gaya dalam pada balok. Gaya-gaya dalam yang terdiri dari gaya lintang, momen dan gaya normal dihitung dengan program bantu komputer yaitu Struktur Analisa Program (SAP90). Input data dapat dilihat pada lampiran.

Nilai dari gaya-gaya dalam yang telah dihitung dengan SAP90, digunakan untuk perhitungan penulangan lentur balok, geser dan torsi.

### 6.1.1. Data-data Perencanaan

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 320 Mpa
- Dimensi balok : 50/80
- Sebelum komposit balok induk sebagai balok precast dengan penampang persegi. Adapun ukuran penampang balok :



Gambar 6.1. Penampang Balok Induk 50/80

### 6.1.2. Pembebanan

Pembebanan pada balok induk konsepnya sama dengan pembebanan pada balok anak, yaitu berat akibat beban pelat yang berupa beban ekivalen ditambah dengan berat sendiri dan ditambah dengan beban akibat dinding. Adapun besarnya beban-beban tersebut adalah :

1. Beban akibat pelat
  - a. Pelat atap
    - Sebelum komposit
      - Beban mati  $DL = 264 \text{ kg/m}^2$
      - Beban hidup  $LL = 250 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi pembebanan:

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2 \text{ DD} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2(264) + 1.6(250) \\ &= 664 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Sesudah komposit
  - Beban mati      DL = 375 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban hidup      LL = 100 kg/m<sup>2</sup>

Kombinasi pembebanan:

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2(375) + 1.6(100) \\ &= 610 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Pelat lantai

- Sebelum komposit
  - Beban mati      DL = 288 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban hidup      LL = 250 kg/m<sup>2</sup>

Kombinasi pembebanan :

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2(288) + 1.6(250) \\ &= 745.6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Sesudah komposit
  - Beban hidup      DL = 471 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban mati      LL = 250 kg/m<sup>2</sup>

Kombinasi pembebanan:

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2DL + 1.6LL \\ &= 1.2(471) + 1.6(250) \\ &= 965.2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

c. Pelat Lantai Kendaraan

- Sebelum komposit
  - Beban mati DL = 288 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban hidup LL = 250 kg/m<sup>2</sup>

Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2DL + 1.6 LL \\ &= 1.2(288) + 1.6(250) \\ &= 985.6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Sesudah komposit
  - Beban mati DL = 288 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban hidup LL = 400 kg/m<sup>2</sup>

Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} Qu &= 1.2DL + 1.6LL \\ &= 1.2(288) + 1.6(400) \\ &= 985.6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Berat sendiri balok

$$\text{Balok } 50/80 \quad q = 0.50 \times 0.80 \times 2400 = 960 \text{ kg/m}$$

3. Beban akibat dinding

Beban akibat dinding diperhitungkan setelah komposit. Besarnya adalah :

$$q = 4 \times 250 = 1000 \text{ kg/m}^2$$

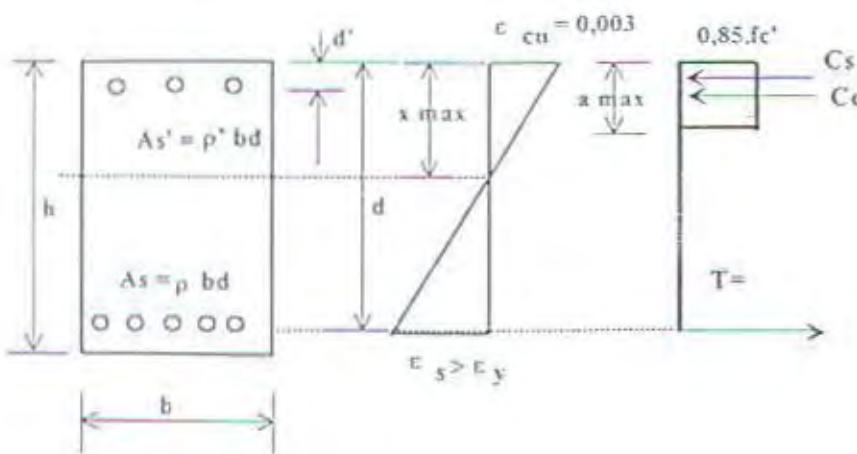
### 6.1.3. Penulangan Lentur Balok Induk

Prinsip perhitungan untuk penulangan lentur balok induk adalah sama dengan penulangan lentur balok anak, yaitu perhitungan dilakukan 2 tahap. Tahap pertama balok sebelum komposit (balok precast) dan tahap kedua balok setelah komposit. Pada waktu precast yaitu sebelum komposit perhitungan gaya-gaya dalam, perletakan balok berupa sendi-sendi dengan momen lapangan saja. Sedangkan setelah komposit balok berupa frame yang kaku dengan memperhitungkan beban akibat gempa.

Untuk perhitungan tulangan lentur terdapat dua kondisi sistem penulangan, yaitu:

1. Apabila  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$ , maka tulangan tekan dipasang praktis saja
2. Apabila  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$ , maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan,

Balok persegi dengan tulangan ganda:



Gambar 6.2. Penampang Balok Persegi dengan Tulangan Rangkap

Langkah-langkah perhitungannya:

1. Tentukan diameter tulangan yang dipakai

- Tulangan pokok :  $\phi 29 \text{ mm}$  ( $A_s = 660.52$ )
- Sengkang :  $\phi 10 \text{ mm}$  ( $A_s = 78.5$ )
- Decking : 40 mm (lantai), 50 mm (atap)

2. Hitung d

- Setelah komposit

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

- Sebelum komposit

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

3. Menetapkan lebar tekan

Karena balok pracetak berbentuk persegi maka lebar tekan setelah dan sebelum komposit adalah sebesar lebar balok (b).

4. Hitung  $R_n$

$$R_n = \frac{Mu}{\varphi bd^2}$$

5. Hitung  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'_c}} \right]$$

6. Cek terhadap  $\rho_{\text{max}}$  dan  $\rho_{\text{min}}$

- Bila  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  maka pakai  $\rho_{\text{min}}$
- Bila  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$  maka perlu tulangan tekan

Dimana :

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

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

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

7. Hitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$$

Harga b dan d tergantung kondisi sebelum dan sesudah komposit.

Bila tulangan tekan ikut bekerja maka :

1. Hitung  $a_{\max}$

$$A_{\max} = 0.85 X_{\max}$$

Dimana :

$$X_{\max} = 0.75 X_b$$

$$X_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) d$$

2. Hitung  $C_c_{\max}$  dan  $M_n_{\max}$

$$C_c_{\max} = 0.85 f'_c \cdot a_{\max} \cdot b$$

$$M_n_{\max} = C_c_{\max} [d - (a_{\max}/2)]$$

3. Hitung momen sisi yang harus dipikul oleh tulangan tekan

$$M_n_s = M_n_{\text{perlu}} - M_n_{\max}$$

4. Hitung gaya yang harus ditahan tulangan tekan akibat momen sisa tersebut

$$C_S_{\text{perlu}} = \left[ \frac{M_n_s}{(d - d')} \right]$$

5. Periksa terhadap tulangan tekan leleh

$$\varepsilon_x = \frac{X_{\max} - d}{X_{\max}} 0.003 \geq \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

6. Hitung luas tulangan tekan dan tarik sesuai keadaan tulangan tekan diatas

- a. Tulangan tekan leleh:

$$As' = \frac{Cs_{\text{perlu}}}{f_y - 0.85fc'}$$

$$As = \frac{Cc_{\text{max}}}{f_y} + As'$$

- b. Tulangan tekan belum leleh:

$$As' = \frac{Cs_{\text{perlu}}}{fs' - 0.85fc'} \quad fe' = Es$$

$$As = \frac{Cc_{\text{max}}}{f_y} + As' \frac{fs'}{f_y}$$

Dalam perhitungan penulangan lentur pada tumpuan (pada tahap setelah komposit), penulis telah meninjau terhadap harga momen baik positif maupun negatif. Harga momen baik menjadi positif maupun negatif diakibatkan oleh beban gempa ataupun beban gravitasi. Jadi disini penulis tidak memasukkan harga atau syarat mengenai harga :

$$\delta = A'/A < 0.5$$

Disini penulis mengasumsikan bahwa untuk tumpuan positif serat tarik terjadi diatas dan bila tumpuan negatif serat tariknya dibawah (sama dengan lapangan). Untuk penulangan lapangan, balok diasumsikan sebagai balok berpenampang T, dengan lebar flens (bm) yang ada.

### 6.1.3.1. Penulangan Lentur Sebelum Komposit

Persyaratan tulangan :

- Rasio tulangan balance

$$\rho_b = \frac{0.85 f'_c \beta_i}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \beta_i = 0.85 \text{ untuk } 0 < f'_c < 30 \text{ Mpa}$$

$$= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \left( \frac{600}{600 + 320} \right)$$

$$= 0.044$$

- Rasio tulangan maksimum

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

$$= 0.75(0.044)$$

$$= 0.033$$

- Rasio tulangan minimum

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

$$= \frac{1.4}{320}$$

$$= 0.0044$$

- Rasio antara baja dan beton

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

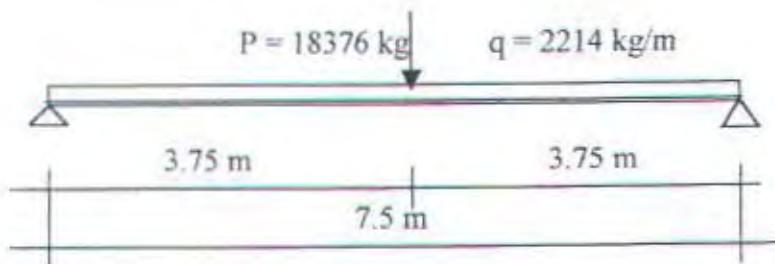
$$= \frac{320}{0.85 \times 30}$$

$$= 12.55$$

**Contoh Perhitungan**

Dimensi balok induk 50/80 cm pada lantai 2

Bentang balok induk = 7.5 m



$$\text{didapat : } M_{\max} = \left( \frac{1}{8} \times 2214 \times 7.5^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 18376 \times 7.5 \right)$$

$$= 50022.19 \text{ kgm} = 5.0 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

maka :

$$d = 800 - 120 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 29 = 615.5 \text{ mm}$$

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{5.0 \times 10^8}{0.8 \times 500 \times 6155^2} = 3.301$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.301}{320}} \right]$$

$$= 0.00632$$

$$\rho_{\text{perlu}} > \rho$$

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

$$= 0.00632 \times 500 \times 615.5 = 1946.5 \text{ mm}^2$$

### 6.1.3.2. Penulangan Lentur Setelah Komposit

Persyaratan tulangan :

- Rasio tulangan balance ( $\rho_b$ ) = 0.044
- Rasio tulangan maksimum ( $\rho_{\max}$ ) = 0.033
- Rasio tulangan minimum ( $\rho_{\min}$ ) = 0.0044
- Rasio antara baja dan beton (m) = 12.55

#### Contoh Perhitungan

Dimensi balok induk 50/80 cm pada lantai 2 arah mamanjang

bentang balok = 7.5 m

Dari analisa struktur dengan sofware SAP90 didapat nilai-nilai momen sebagai berikut :

Mtumpuan = 57420 kgm

Mlapangan = 39820 kgm

Penulangan tumpuan :

b = 500 mm

d = 800 - 40 - 10 - 29/2 = 735.5 mm

$$Rn = \frac{5,742 \times 10^6}{0.8 \times 500 \times 735.5^2} \\ = 2.65$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.65}{320}} \right] = 0.0088 > \rho_{\min}$$

As perlu = 0.0088 x 500 x 735.5 = 3227 mm<sup>2</sup>

Digunakan tulangan 6 D 29 (As = 3961 mm<sup>2</sup>)

Pada Lapangan :

$$b = b_e \text{ (b efektif)} = 1460 \text{ mm}$$

$$d = 800 - 40 - 10 - 29/2 = 735.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{3.992 \times 10^8}{0.8 \times 500 \times 735.5^2}$$

$$= 0.63$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.63}{320}} \right]$$

$$= 0.0020$$

digunakan  $\rho = 4/3 \times 0.0020 = 0.0027 \dots \dots \dots \text{SKSNI T-15-1991-03 ps.3.3.5-2}$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0027 \times 1460 \times 735.5 = 2863 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5 D 29 ( $A_s = 3300 \text{ mm}^2$ )

#### 6.1.3.3. Penulangan Lentur Akhir

Perhitungan tulangan lentur akhir pada balok induk ini, yaitu luas tulangan sebelum komposit dibandingkan dengan luas tulangan setelah komposit. Luasan tulangan terbesar dipakai sebagai luas tulangan akhir yang dibutuhkan.

Dimensi Balok : 50/80 cm

Bentang : 7.5 m (arah memanjang)

Lantai : 2

Daerah	As setelah Komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum Komposit (mm <sup>2</sup> )	As Akhir	Tulangan Pakai n - D 29	As Pakai (mm <sup>2</sup> )
Tumpuan	3227	000.0	3227	6 D 29	3921
Lapangan	2863	1946.5	2863	5 D 29	3300

Hasil perhitungan balok lainnya dapat dilihat pada lampiran

#### 6.1.4. Penulangan Geser dan Torsi

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan :

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dimana :

$V_u$  = geser berfaktor pada penampang yang ditinjau

$\phi$  = factor reduksi geser = 0.6

$V_n$  = kuat geser nominal =  $V_c + V_s$

$V_c$  = kuat geser beton

$V_s$  = kuat geser nominal tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c b w d}$$

$$\sqrt{1 + \left( 2.5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right)}$$

$$C_t = \frac{bw.d}{\sum x^2 y}$$

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi, harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut:

$$T_u \leq \phi T_n$$

Dimana :

$T_u$  = momen torsi terfaktor pada penampang yang ditinjau

$\phi$  = faktor reduksi geser dan torsi = 0.6

$T_n$  = kuat momen torsi =  $T_c + T_s > T_{umin}$

$T_c$  = kuat momen torsi nominal yang disumbang oleh beton

$T_s$  = kuat momen torsi nominal tulangan geser

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f'_c \sum x^2 y}}{\sqrt{1 + \left( \frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}}$$

$$C_t = \frac{b w d}{\sum x^2 y}$$

#### Contoh Perhitungan:

#### Penulangan Geser dan Torsi

Dimensi balok induk 50/80 cm lantai 2 (arah memanjang)

Dari Program SAP90 diperoleh gaya – gaya dalam geser dan torsi :

- $V_u = 22740 \text{ Kg} = 2.274 \times 10^5 \text{ N}$
- $T_u = 3540 \text{ kgm} = 0.354 \times 10^8 \text{ Nmm}$

Direncanakan :

- Diameter tulangan geser = 10 mm
- $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- $d = 735.5 \text{ mm}$
- Torsi maksimum yang mampu dipikul penampang

Geser torsi minimal (batas) :

$$T_u = \frac{1}{20} \sqrt{f'_c \sum X^2 Y}$$

Dimana :

$$\Sigma x^2 y = 500^2 \times 800 + 120^2 \times 1460 = 2.21 \cdot 10^8 \text{ mm}^3$$

$$Tu = \frac{1}{20} \sqrt{30} \times 2.21 \cdot 10^8 = 0.605 \cdot 10^8 \text{ Nmm} > 0.356 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

Jadi torsi dapat diabaikan dan dilakukan perhitungan geser saja.

- Kebutuhan tulangan geser

$$\Phi V_c = 1/6 \Phi \sqrt{f'_c} bw d$$

$$= 1/6 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 500 \times 735.5 = 2.01425 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \Phi V_c = 10712.5 \text{ N}$$

$V_u > \Phi V_c$ , ..... Ps. 3.4.5, butir 6 – 1

$$s = \frac{\text{Av.} \Phi. f_y. d}{(\text{Vu} - \Phi V_c)} = \frac{3.14 \times 2 \times 0.25 \times 10^2 \times 0.6 \times 30 \times 735.5}{(22740 - 201425)} = 380.453 \text{ mm}$$

Pada lokasi sepanjang  $d$  dari muka kolom spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9-3.3b) :

- $\frac{d}{4} = \frac{735.5}{4} = 183.875 \text{ mm}$
- $10 \times \text{diameter tulangan longitudinal} = 10 \times 29 = 290$
- $24 \times \text{diameter tulangan geser} = 24 \times 10 = 240$
- $300 \text{ mm}$

Untuk daerah diluar jarak  $d$  dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser yang diijinkan tidak boleh melebihi (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5-4) :

- $\frac{d}{2} = \frac{735.5}{2} = 367.75 \text{ mm}$
- $600 \text{ mm}$

maka dipasang sengkang :

Dalam jarak d :  $\emptyset 10 - 180$

Luar jarak d :  $\emptyset 10 - 350$

Untuk perhitungan tulangan geser pada balok lainnya, ditabelkan.

### 6.1.5. Penulangan Stud Balok Induk

#### 6.1.5.1. Transfer Gaya Horisontal

Mekanisme dari transfer gaya geser horizontal dihitung berdasarkan besarnya gaya geser yang dipindahkan melalui permukaan temu. ACI 318.83 mengusulkan dua metode alternatif untuk merencanakan gaya horizontal, yaitu :

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

Dalam perencanaan ini dipakai metode yang kedua, karena lebih mendekati kenyataan, dimana dasar desain :

$$F_{uh} \leq \phi F_{nh}$$

dimana :  $F_{uh}$  = gaya geser horizontal berfaktor

$F_{nh}$  = kekuatan geser horizontal

$$\phi = 0.65$$

### 6.1.5.2. 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 horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen. Dengan demikian elemen tersebut dapat menjadi suatu elemen yang komposit dalam memikul beban.

Sebagai pendekatan, panjang balok yang menstransfer gaya geser permukaan  $Lvh = L/4$ .

Pada perencanaan Gedung Universitas Widya Mandala ini, semua balok (balok induk dan balok anak) mempunyai bentang 7.5 m. Jadi panjang permukaan geser horizontal  $Lvh = 7500/4 = 1875 \text{ mm}$

Sebagai contoh diambil balok

#### Penulangan geser di daerah tumpuan

Tulangan atas = 6 D 29 ( $As = 3921 \text{ mm}^2$ )

Tulangan bawah = 3 D 29 ( $As = 1960.5 \text{ mm}^2$ )

$$Fnh = T = As \times fy = 3921 \times 320 = 1254720 \text{ N}$$

$$0.6 \cdot bv \cdot Lvh = 0.6 \times 500 \times 7500/4 = 562500 \text{ N} < Fnh$$

$$25 \cdot bv \cdot Lvh = 2.5 \times 500 \times 7500/4 = 2343750 \text{ N} > Fnh$$

Jadi termasuk kasus 2, 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 :

$$Avf_{min} = \frac{bv \cdot Lvh}{3 fy} = \frac{500 \times 7500/4}{3 \times 320} = 976.56 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat :  $\varnothing 8$  ( $A_{tie} = 2 \times 50.2 = 100.4 \text{ mm}^2$ )

$$s = \frac{Lvh \cdot A_{tie}}{Avf} = \frac{7500/4 \times 100.4}{976.56} = 192.78 \text{ mm}$$

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

$$S_{max} = 4 \times t_{pelat} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 4 \times 120 = 480 \text{ mm}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

#### Penulangan geser di daerah lapangan

$$Sejarak = 1875 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan atas} = 5 \text{ D } 29 (\text{As} = 3300 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3 \text{ D } 29 (\text{As} = 1980 \text{ mm}^2)$$

$$Fnh = T = As \cdot fy = 3300 \times 320 = 1056000 \text{ N}$$

$$0.6 \cdot bv \cdot Lvh = 0.6 \times 500 \times 7500/4 = 562500 \text{ N} < Fnh$$

$$2.5 \cdot bv \cdot Lvh = 2.5 \times 500 \times 7500/4 = 2343750 \text{ N} > Fnh$$

Jadi termasuk kasus 2, 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 :

$$Avf_{min} = \frac{bv \cdot Lvh}{3fy} = \frac{500 \times 7500/4}{3 \times 320} = 976.56 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat :  $\varnothing 8$  ( $A_{tie} = 2 \times 50.2 = 100.4 \text{ mm}^2$ )

$$s = \frac{Lvh \cdot A_{tie}}{Avf} = \frac{7500/4 \times 100.4}{976.56} = 192.78 \text{ mm}$$

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

$$S_{max} = 4 \times t_{pelat} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 4 \times 120 = 480 \text{ mm}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

### 6.1.6. Panjang Penyaluran

#### 6.1.6.1. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan

SK SNI T-15-1991-03 ps 3.5.2. sebagai berikut :

Untuk batang D-36 dan lebih kecil

$$Ldb = \frac{0.02 \cdot Ab \cdot fy}{\sqrt{fc'}} \text{ tetapi tidak kurang dari } Ldb = db \cdot fy$$

dimana:

$Ab$  = luas satu batang tulangan,  $\text{mm}^2$

$fy$  = tegangan leleh tulangan, MPa

$fc'$  = tegangan leleh beton, Mpa

$db$  = diameter batang tulangan, mm

#### Contoh Perhitungan :

Diameter tulangan = 29 mm

$$Ab = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 29^2 = 660.185 \text{ mm}^2$$

$$Ldb = \frac{0.02 \times 660.52 \times 320}{\sqrt{30}} = 771.80 \text{ mm}$$

$$Ldb = 0.06 \times 29 \times 320 = 556.8 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } Ldb = 771.80 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$$

#### 6.1.6.2. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Panjang penyaluran dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SK SNI T-

15-1991-03 ps 3.5.32. sebagai berikut :

$$Ldb = \frac{db \cdot fy}{4\sqrt{fc'}} \text{ tetapi tidak kurang dari } Ldb = 0.04 \cdot db \cdot fy$$

**Contoh Perhitungan :**

$$Ldb = \frac{29 \times 320}{4\sqrt{30}} = 423.57 \text{ mm} \text{ dan } Ldb = 0.04 \times 29 \times 320 = 371.2 \text{ mm}$$

Diambil  $Ldb = 423.57 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$

**6.1.7 Kontrol Lendutan dan Retak****6.1.7.1. Kontrol Lendutan**

Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03, apabila lendutan tidak dihitung maka tebal balok harus lebih besar dari tebal minimum yang disyaratkan. Adapun syarat tebal minimum yang tercantum pada table 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).

### 6.1.7.2. Kontrol Retak

Didalam SKSNI 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 dipropsorsikan sedemikian sehingga nilai  $|z|$  yang diberikan harus :

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \cdot 10^6 \text{ N/mm} \quad \text{untuk struktur dalam ruangan}$$

$< 25 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$  untuk struktur yang dipengaruhi cuaca luar  
dimana :

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

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

$A$  = luas efektif beton sekitar tulangan lentur tarik dengan titik pusat yang

sama dengan tulangan dibagi dengan jumlah batang tulangan

#### Contoh Perhitungan :

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

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

$$d_c = 40 + 10 + 29/2 = 64.5 \text{ mm}$$

$$A = d_b / n_{tul} = 735.5 \times 500 / 5 = 73550 \text{ mm}^2$$

$$Z = (192 \times \sqrt[3]{64.5 \times 73550}) \times 10^6 = 0.03 \cdot 10^6 \text{ N/mm} < 25 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

### 6.1.8. 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.

- Berat sendiri pelat =  $0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

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

$$q_u = 1.2 \times 288 + 100 \times 1.6 = 505.6 \text{ kg/m}^2$$

- Berat balok anak =  $2400 \times 0.4 \times 0.48 \times 3.75 = 1728$

Beban Horisontal

- Pelat cast in place =  $2400 \times 0.08 = 192 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Luas susut} = 7.5 \times 3.75 = 28.125 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban akibat susut} = 0.3 \times 192 \times 28.125 = 1620 \text{ kg}$$

Beban Luas pelat berbentuk trapesium

- Luas trapesium =  $(7.5 + 3.75) \times 2/2 = 11.25 \text{ m}^2$

$$M_u = 11.25 \times 50.56 \times 2/4 = 2844 \text{ kgm}$$

$$P_u = 1.2 \times 1789 = 2073.6 \text{ kg}$$

- Balok Induk dengan bentang 7.5 m :

$$W = 2400 \times 0.5 \times 0.68 \times 7.5 = 6120 \text{ kg}$$

Kontrol guling

$$M_{\text{guling}} = M_u + P_u \cdot 50/2 + H_u \cdot 680$$

$$= 2844 + 2073.6 \times 50/2 + 1620 \times 680$$

$$= 3997440 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{penahan}} = W \times 500/2$$

$$= 6120 \times 500/2 = 1530000 \text{ kgm} < M_{\text{guling}}$$

$$M_{\text{guling}} = 3997440 - 1530000 = 2467440 \text{ kgm}$$

$$H_{\text{tulangan}} = 2467440 / (680/2) = 1814.29 \text{ kg}$$

Untuk baja beton dengan U 32 :

$$\sigma_{ijin} = 0.58 \times 3200 / 1.5 = 1237.33 \text{ kg/mm}^2$$

A tulangan guling  $\geq (1814.29 / 1237.33) \cdot 0.5$

$$\geq 1.2 \text{ } 0\text{m}^2$$

- Dipakai  $\varnothing 16$  ( $A_s = 2.01 \text{ mm}^2$ )

## 6.2. PERENCANAAN KOLOM

Perencanaan kolom meliputi penulangan lentur kolom, kontrol terhadap triaksial bending kolom dengan Bressler Resiprocal 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 Konstruksi Cast in situ (cor di tempat) dengan mutu beton yang sama dengan elemen beton pracetak. Perencanaan elemen kolom berdasarkan keadaan akhir struktur. Gaya dalam yang bekerja dihitung dengan SAP 90. Pedoman peraturan perencanaan yang dipakai adalah SKSNI T-15-1991-03, reinforced Concrete Design oleh Chu-Kia Wang.

### 6.2.1. 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 kelangsungan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsungan 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.

### 6.2.2. 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 :

$k \geq$  untuk kolom tanpa pengaku samping (unbraced)

$k \leq$  untuk kolom dengan pengaku samping (braced)

Faktor tekuk ( $k$ ) merupakan fungsi dari tingkat penjepit ujung atas ( $\psi A$ ) dan tingkat penjepit ujung bawah ( $\psi B$ ) dimana tingkat penjepit ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan :

$$\psi(A/B) = \frac{\sum(EIc/Lc)kolom}{\sum(EIb/Lb)balok}$$

dimana :

$\psi(A/B)$  = tingkat penjepit 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  $\psi A$  dan  $\psi B$  yang disesuaikan

apakah kolom yang direncanakan tergolong braced frame atau unbraced frame.

#### 6.2.3. Pembatasan Penulangan Kolom

Nilai dari  $\rho$  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 (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9.1).

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.

#### 6.2.4. 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 kelangsungan 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  $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1 \rightarrow \frac{kLn}{r} < 22$  (unbraced frame)
- Nilai r dapat diambil sebesar  $\sqrt{y_s}$  atau
  - $r = 0.3 h$  dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi
  - $r = 0.25 d$  untuk kolom bulat ( $d = \text{diameter kolom}$ )
  - bila  $M_1/M_2 > 0$  ; single curvature
  - bila  $M_1/M_2 < 0$  ; double curvature

#### 6.2.5. Kolom Panjang

Apabila nilai perbandingan kelangsungan untuk kolom pendek atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsungan besar akan menimbulkan lendutan ke samping (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.

#### 6.2.6. Faktor Pembesaran Momen untuk Kolom Panjang

Dalam peraturan ACI, perhitungan dari pengaruh kelangsungan dapat didekati dengan menggunakan cara pembesaran momen, dimana jumlah dari momen primer dan sekunder dikalikan dengan suatu faktor pembesaran  $\delta$ .

SKSNI 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 :

$$M_c = \delta b M_{2b} + \delta s M_{2s} \dots \dots \text{ SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6.}$$

dimana :

$M_c$  = Momen rencana kolom setelah diperbesar

$M_{2b}$  = Momen berfaktor terbesar pada ukolom bat beban yang tidak menimbulkan goyangan berarti seperti beban gravitasi.

$M_{2s}$  = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goncangan kesamping seperti beban gempa.

$$\delta b = \frac{C_m}{1 - (\frac{P_u}{\varphi P_c})} \geq 1 \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.7.})$$

$$\delta s = \frac{C_m}{1 - (\sum \frac{P_u}{\varphi P_c})} \geq 1 \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.8.})$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left[ \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right] > 0.4 \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.12.})$$

Nilai  $M_{1b}/M_{2b}$  negatif untuk momen double curvature.

Untuk unbraced frame  $C_m = 1$

Menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5-1, untuk unbraced frame kedua nilai  $\delta b$  dan  $\delta s$  harus dihitung, sedangkan untuk braced frame  $\delta s$  harus diambil sebesar 1.

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kL_n)^2} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9})$$

$$EI = \frac{0.2 E c I g + E s l s}{1 + \beta d} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9})$$

$\approx 0.3Ec Ig$  (pendekatan)

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

= 0.65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat).

Dalam tugas akhir ini perencanaan gedung Universitas Widya Mandala, kolom dirancang sebagai braced frame karena ada pengekang goyangan ke samping struktur oleh shear wall.

#### 6.2.7. Penulangan Lentur Kolom

Dari perhitungan pembesaran momen untuk kolom panjang diatas, maka penulangan lentur kolom dapat dicari dengan bantuan diagram interaksi M-N non dimensi dari grafik dan table perhitungan beton bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.

Diagram interaksi M-N untuk penulangan lentur kolom penampang persegi dan penampang bulat tersebut dibuat berdasarkan bermacam-macam mutu beton, mutu baja tulangan serta harga  $d'/h$  pada sumbu vertical dicantumkan

nilai  $\frac{Pu}{\varphi A_{gr} 0.85 f'_c}$  dan pada sumbu horizontal dicantumkan nilai

$$\frac{Pu}{\varphi 0.85 f'_c} \left( \frac{e_i}{h} \right)$$

Dalam  $e_i$  telah diperhitungkan harga eksentrisitas  $e_i = Mu/Pu$ , demikian pula dengan factor pembesaran yang berkaitan dengan gejala tekuk. Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan dipetakan dalam bentuk grafik-grafik. Kemudian yang dibaca adalah nilai  $\rho$ . Tulangan yang diperlukan  $A_s$  total ditentukan dengan  $\beta \cdot \rho$ , dimana  $\beta$  tergantung dari mutu beton. Nilai dari  $\beta$

ditunjukkan dalam grafik-grafik. Peralihan tegangan baja dalam tulangan dinyatakan pada daerah I s/d V. Nilai-nilai c/h dicantumkan dalam grafik-grafik, begitu pula pada peralihan tegangan baja.

Sedangkan untuk nilai-nilai  $f$  diantara  $P_u = 0.1 f_c$  dan  $P_u = 0$ , tidak boleh ditingkatkan dari  $\phi = 0.65$  sampai  $\phi = 0.80$ . Untuk kolom yang dibebani tarik berlaku  $\phi = 0.80$ .

Tahapan tahapan penulangan lentur kolom :

1. Tetapkan apakah kolom termasuk braced atau unbraced. Dalam hal ini jenis kolom adalah kolom braced karena terdapat dinding geser yang dapat dianggap mampu menahan kearah lateral.
2. Tetapkan apakah kolom termasuk kolom pendek atau kolom panjang. Seperti telah dijelaskan diatas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen, dan sebaliknya Peninjauan kolom pendek atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.
3. Momen yang telah diperoleh dari langkah 2, kemudian dihitung momen ekivalensnya. Dimana momen dua arah (biaxial) dijadikan satu arah, kearah yang kritis. Rumus yang digunakan adalah:

$$\phi \quad M_{nx} = M_{ux} + M_{uy} \frac{b}{h} \cdot \frac{1-\beta}{\beta} \text{ untuk } M_{ux} > M_{uy}$$

$$\phi \quad M_{ny} = M_{ux} + M_{uy} \frac{h}{b} \cdot \frac{1-\beta}{\beta} \text{ untuk } M_{ux} < M_{uy}$$

Harga  $\beta$  berkisar antara 0.55 sampai dengan 0.65. Untuk desai lebih akurat biasa digunakan 0.65. Dari dua harga momen diatas dipilih yang terbesar untuk mendesain tulangan dengan bantuan diagram interaksi.

Diagram interaksi M-N tersebut dibuat berdasarkan bermacam-macam mutu beton dan mutu baja tulangan, sumbu ordinatnya menyatakan  $P_u$  dan sumbu absisnya menyatakan  $M_u$  dengan rumus sebagai berikut :

$$K_y = \frac{\phi P_n}{A_g} \quad \dots \dots \dots \text{untuk sumbu ordinat (y)}$$

$$K_x = \frac{\phi M_n}{A_g n} \quad \dots \dots \dots \text{untuk sumbu ordinat (x)}$$

Nilai  $P_n$  diperoleh dari hasil SAP90, sedangkan  $M_n$  diperoleh dari rumus diatas. Besarnya  $\rho$  perlu diperoleh dengan menarik garis sejajar sumbu x sebesar  $K_x$  yang dipotongkan dengan garis sejajar sumbu Y sebesar  $K_y$ . Diagram interaksi kolom dapat dilihat pada lampiran.

4. Memilih jumlah tulangan sesuai dengan  $A$  perlu, dimana perumusannya  $A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot h$  yang nantinya akan menghasilkan  $A$  ada.
5. Pengontrolan membandingkan  $P_n$  penampang dengan  $P_n$  yang terjadi
  - Bila  $P_n$  penampang >  $P_n$  yang terjadi ..... Kolom kuat
  - Bila  $P_n$  penampang <  $P_n$  yang terjadi ..... Kolom tidak kuat

#### 6.2.8. Kontrol Dengan Bresler Resiprocal Method

Bresler Resiprocal Method merupakan salah satu teori dalam pengecekan kolom yang mengalami momen dari dua arah (biaxial bending). Sebagai alat bantunya digunakan diagram interaksi yang sama dengan yang digunakan untuk merencanakan tulangan lentur kolom diatas.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Hitung harga  $\frac{e}{h}$  untuk masing-masing arah momen. Momen yang digunakan ialah momen yang dihasilkan dari langkah-langkah perencanaan tulangan lentur kolom.
2. Dari harga  $\frac{e}{h}$  untuk masing-masing arah momen dan  $\rho$  yang digunakan, lalu titik pertemuannya diproyeksikan sejajar sumbu x untuk memperoleh harga  $\frac{\phi P_n}{Ag}$ . Maka harga  $P_n$  untuk arah x dan y dapat diperoleh.

Kekuatan penampang tekan yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur dalam dua arah sumbu utamanya (momen biaksial) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{ob}} \geq \frac{1}{P_{n_{ada}}}$$

dimana :

$P_{nx}$  = gaya aksial nominal arah x

$P_{ny}$  = gaya aksial nominal arah y

$P_{ob}$  = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

$$= 0.8\phi(0.85fc'(Ag - Ast) + fy.Ast) \quad \dots \dots (\text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.1-2})$$

Dengan harga  $\frac{e_x}{h}, \frac{e_y}{h}$  dan  $\rho$  yang telah terpasang, maka nilai  $P_{ox}$  dan  $P_{oy}$  dapat dicari dengan diagram interaksi M-N dengan rumus :

$$P_{n_x} = \frac{kx.Ag}{0.65}$$

$$P_{n_y} = \frac{ky.Ag}{0.65}$$

dimana  $k_x$  dan  $k_y$  adalah konstanta yang didapat pada sumbu ordinat diagram interaksi M-N untuk  $P_{N_x}$  dan  $P_{N_y}$ . Diagram interaksi dapat dilihat pada lampiran.

#### 6.2.9. Penulangan Geser dan Torsi Kolom

Penulangan geser dan torsi pada kolom pada dasarnya adalah sama dengan penulangan geser dan torsi pada balok, hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa (diatur dalam PB 89 Appendiks A).

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tulangan geser torsi pada kolom adalah sebagai berikut:

- Rasio tinggi antara kolom terhadap dimensi terkecil kolom tidak boleh lebih besar dari 25.
- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup maupun sengkang majemuk.
- Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari  $d/5$ , sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang dan 300 mm.
- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- Pada daerah ujung sejarak  $d$  dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton ( $\phi V_c$ ) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.

- Pada komponen struktur kolom, torsi kompatibilitas tidak boleh dipakai karena pada kolom tidak terjadi redistribusi gaya-gaya dalam kecuali untuk suatu komponen kolom khusus.

Selanjutnya untuk langkah-langkah perhitungan penulangan geser-torsi dapat dilihat pada subbab penulangan geser-torsi pada perencanaan balok.

#### 6.2.10. Perhitungan Penulangan Kolom

Diambil contoh perhitungan untuk kolom C1

Data-data perencanaan :

- Dimensi kolom =  $800 \times 800 \text{ mm}^2$
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 320 Mpa
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D25
- Beugel = D10
- $d'$  =  $40 + 10 + \frac{1}{2}(25) = 62.5$
- Tinggi kolom = 4000 mm
- Jenis kolom = braced (dengan pengaku)

##### 6.2.10.1. Penulangan Lentur

1. Gaya-gaya yang bekerja pada kolom :

- $P_u = 594000 \text{ kg} = 5940000 \text{ N}$
- $V_{ux} = 40020 \text{ kg} = 400200 \text{ N}$
- $V_{uy} = 34150 \text{ kg} = 341500 \text{ N}$
- $M_{ux} = 109600 \text{ kgm} = 1096000 \text{ N}$

- Muy = 28640 kgm = 296400 N
- Tu = 72000 kgm = 720000 N

## 2. Perhitungan faktor tekuk (k)

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 2542.96 \text{ Mpa}$$

EI balok (ukuran 500 mm x 800 mm)

$$Ig = 1/12 \times 500 \times 800^3 = 2.13 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$Icr = 0.5 \times Ig = 1.07 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$Ei = Ec \times Icr = 2.75 \times 10^{14}$$

EI kolom (ukuran 800 mm x 800 mm)

$$Ig = 1/12 \times 800 \times 800^3 = 3.41 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$Ei = Ec \times Ig = 8.79 \times 10^{14}$$

Faktor Jepitan atas

$$\psi_A = \frac{\sum(EIc/L_c)_{kolom}}{\sum(EIb/L_b)_{balok}} = \frac{2x(8.79 \times 10^{14}/4000)}{2x(2.75 \times 10^{14}/7500)} = 6.00$$

Faktor Jepitan Bawah

$\psi_B = 0$  (secara teoritis), tetapi Structural Stability Research Council menyarankan bahwa untuk tujuan praktik  $\psi_B$  tidak boleh diambil kurang dari 1. Sehingga nilai  $\psi_B = 1$

dari nomogram non dimensi didapatkan faktor tekuk (k) = 0.84

## 3. Kontrol Kelangsingan

Jenis kolom dalam perencanaan ini adalah kolom dengan pengaku samping (braced frame).

$$\text{Jari-jari girasi (r)} = 0.3 h = 0.3 \times 800 = 240$$

$$\text{Nilai kelangsungan} = \frac{k.Lu}{r} = \frac{0.85 \times 3200}{240} = 11.2 < 22$$

Batas kelangsungan :

$$34 - 12x \frac{M_1 b}{M_2 b} = 34 - 12x \frac{286400}{1096000} = 84.9$$

$$\frac{k.Lu}{r} < 34 - 12x \frac{M_1 b}{M_2 b}$$

Nilai kelangsungan < batas kelangsungan, berarti kolom termasuk kolom pendek. Karena jenis kolom termasuk kolom pendek maka didalam menentukan tulangan lentur kolom tanpa menggunakan perbesaran momen.

$$\begin{aligned}\phi M_{nx} &= M_{ux} + M_{uy} \cdot \frac{h}{b} x \frac{1-\beta}{\beta} \\ &= 1096000 + 286400 \times 1 \times \frac{1-0.65}{0.65} \\ &= 1250215.38 \text{ Nm} = 125.021 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_{ny} &= M_{uy} + M_{ux} \cdot \frac{h}{b} x \frac{1-\beta}{\beta} \\ &= 286400 + 1096000 \times 1 \times \frac{1-0.65}{0.65} \\ &= 876553.84 \text{ Nm} = 87.655 \text{ tm}\end{aligned}$$

Dipilih harga yang menentukan = 125.021 tm

$$k_y = \frac{P_u}{\phi A g} = \frac{5940000}{0.65 \times 800^2} = 9.28$$

$$k_x = \frac{Mu}{\phi A g \cdot h} = \frac{125.021 \times 10^7}{0.65 \times 800^2 \times 800} = 2.44$$

dari diagram interaksi M-N diperoleh  $\rho = 1\%$

sehingga, diperoleh:

$$As_{perlu} = \rho \cdot Ag = 0.01 \times 800 \times 800 = 6400 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan  $14\phi 25$  ( $As = 6872.24 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_{actual} = \frac{6872.24}{800 \times 800} = 0.0107$$

#### 4. Chek Biaksial Bending Momen dengan Bresler Reciprocal Method

Perhitungan Pob :

$$\begin{aligned} Pob &= 0.8 \phi (fc'(Ag-Ast) + Ast.fy) \\ &= 0.8 \times 0.65 (30 \times (800^2 - 6872.24) + 6872.24 \times 320) \\ &= 9538280.38 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Pnx :

$$\frac{M_{ux}}{Ag.h} = \frac{1096000 \times 10^3}{800^2 \times 800} = 2.14$$

dari diagram interaksi dengan  $\rho = 0.0107$  didapat :

$$\frac{\phi P_{nx}}{Ag} = 13$$

$$\begin{aligned} P_{nx} &= 13 \times 800^2 / 0.65 \\ &= 12800000 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Pny :

$$\frac{M_{uy}}{Ag.h} = \frac{286400 \times 10^3}{800^2 \times 800} = 0.56$$

dari diagram interaksi dengan  $\rho = 0.0107$  didapat :

$$\frac{\phi P_{nx}}{Ag} = 15$$

$$\begin{aligned} P_{nx} &= 15 \times 800^2 / 0.65 \\ &= 14769230.77 \text{ N} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}\frac{1}{Pnb} &= \frac{1}{Pnx} + \frac{1}{Pny} - \frac{1}{Po} \\ &= \frac{1}{12800000} + \frac{1}{14769230.77} - \frac{1}{9538280.38} \\ &= 40992632.47 \text{ N}\end{aligned}$$

$$Pn = \frac{P_u}{\phi} = \frac{5940000}{0.65} = 9138461.53 \text{ N}$$

$$Pnb = 40992632.47 \text{ N} > Pn = 9138461.53 \text{ N} \dots \text{(OK)}$$

#### 6.2.10.2. Penulangan Geser

Data-data perencanaan :

- $N_u$  = 5940000 N
- $V_u$  = 400200 N
- $b_w$  = 800 mm
- $\phi_{utama}$  =  $\phi 25$  mm
- $\phi_{sengkang}$  =  $\phi 10$  mm
- $d$  =  $800 - 40 - 10 - 25/2$   
= 737.5 mm

Cek torsi minimum

$$\begin{aligned}Tu_{min} &= \phi \frac{\sqrt{fc'}}{20} \cdot \sum x^2 y \\ &= 0.6 \times \frac{\sqrt{30}}{20} \times 800^2 \times 800 = 841301848.5 \text{ Nmm} = 8.41 \text{ tm}\end{aligned}$$

Tu yang terjadi = 7.20 tm < Tu min, sehingga torsi dapat diabaikan

Sumbangan Kekuatan Geser Beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2x \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} x b w x dx \left[ 1 + \frac{N_u}{14.4g} \right] \\ &= 2x \frac{1}{6} \sqrt{30} x 800 x 737.5 x \left[ 1 + \frac{5940000}{14.800^2} \right] \\ &= 1791305.433 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.6 \times 1791305.433 \\ &= 1074783.26 \text{ N} = 107.48 \text{ t} \\ 0.5 \phi V_c &= 53.74 \text{ t} \end{aligned}$$

karena  $V_u$  yang terjadi  $< 0.5 \phi V_c$ , maka dipasang sengkang minimum sebesar:

$$A_{v \min} = \frac{bw.s}{3.f_y} \rightarrow s = \frac{A_v \cdot 3.f_y}{bw}$$

Dipakai sengkang  $\phi 10$ ,  $A_s = 78.54 \text{ mm}^2$  sehingga :

$$s = \frac{2 \times 78.54 \times 3 \times 320}{800} = 188.4 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} \leq 0.5h = 0.5 \times 800 = 400 \text{ mm}$$

$$\leq 10 d_b = 10 \times 25 = 250 \text{ mm}$$

$$\leq 200 \text{ mm}$$

Pasang tulangan sengkang  $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

### 6.3. PERENCANAAN DINDING GESER

#### 6.3.1. Umum

Shear wall dalam gedung berguna untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Perancangan shearwall berdasarkan

SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3 sebagai struktur pemikul beban lentur dan aksial serta pasal 3.7 sebagai struktur dinding.

Semua shearwall harus dirancang berdasarkan ketentuan pasal 3.3 kecuali bali resultante dari seluruh beban berfaktor terletak didalam daerah sepertiga tebal dinding totol dapat dirancang dengan metode empirik (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.7.5.(1)).

### 6.3.2. Kuat Beban Aksial Rancang

Kuat beban aksial rancang  $\phi P_{nw}$  berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.7.5.2. persamaan 3.7.1. :

$$\phi P_{nw} = 0.55 \phi f'_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{k \cdot L_e}{32h} \right)^2 \right]$$

dimana :

$$\phi = 0.70$$

$$k = 0.80 \text{ (dikekang pada salah satu ujungnya)}$$

$$L_e = \text{jarak vertical antara 2 tumpuan}$$

$$H = \text{tebal dinding}$$

### 6.3.3. Perencanaan Geser

Perencanaan geser harus dilakukan berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 dimana dinyatakan bahwa :

- Kuat geser  $V_n$  pada sembarang penampang horizontal terhadap geser bidang dinding tidak boleh lebih besar dari  $(5\sqrt{f'_c} / 6)h \cdot d$

- Untuk kuat geser  $V_c$  diambil dari nilai terkecil dari persamaan sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.6 :

$$V_c = \left( \sqrt{f'_c} / 4 \right) h.d + \frac{N_u d}{4 I_w} \quad \text{atau}$$

$$V_c = \left[ \left[ \sqrt{f'_c} / 2 + \frac{I_w \left( \sqrt{f'_c} / 2 + 2 \frac{N_u}{I_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{I_w}{2}} \right] + 10 \right] h.d.$$

Dimana :

$I_w$  = panjang horizontal dinding

$d = 0.8I_w$  SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.(4)

Tidak berlaku jika  $(M_u/V_u - I_w/2)$  bernilai negatif, sedangkan  $V_c$  tidak boleh lebih dari  $(\sqrt{f'_c} / 6)hd$  (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.(5)).

- Rasio ( $\rho_h$ ) dari luas tulangan geser horizontal terhadap luas bruto penampang tidak boleh kurang dari 0.0025.  
(SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(2)).
- Spasi dari tulangan geser horizontal  $S_2$  tidak boleh lebih dari  $I_w/5$ ,  $3h$  ataupun 500 mm. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(3)).
- Rasio ( $\rho_n$ ) dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_w}{I_w} \right) (\rho_h - 0.0025)$$

ataupun 0.0025, tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan geser horizontal perlu. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.(4)).

Selain itu perlu diperhatikan syarat-syarat penulangan untuk struktur dengan tingkat daktilitas dua (terbatas).

Syarat-syarat penulangan pada dinding geser :

1. Dalam segala hal tidak boleh kurang dari persyaratan untuk struktur tingkat daktilitas dua (terbatas).
2. Diameter tulangan  $< 1/10 dd$  (tebal dinding).
3. Untuk dinding dengan tebal  $d \geq 200$  mm, maka setiap arah harus dipasang 2 lapis tulangan. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2b))

Persyaratan diatas bertujuan untuk :

- Melindungi kerusakan beton akibat adanya beban tertukar terutama pada keadaan inelastic.
- Mengendalikan lebar retak yang akan timbul pada dinding karena penyebaran tulangan lebih merata sepanjang dan setinggi sepertiga dinding tersebut.

4. Jarak antar tulangan vertical :

$\leq 200$  mm didalam daerah ujung dan  $\leq 300$  mm diluar daerah ujung (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3f)).

5. Jarak antar tualngan horizontal :

Di dalam daerah ujung tidak boleh diambil lebih dari 200 mm ( $\leq 200$ ) (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3h)).

Diluar daerah ujung tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding ( $\leq 3dd$ ), seperlima lebar dinding ( $\leq Id/5$ ) dan  $\leq 450$  mm. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3g)).

6. Panjang daerah ujung tidak boleh kurang dari lebar dinding ( $\geq 1d$ ), seperenam dari tinggi dinding ( $\geq 1d$ ), dan tidak boleh lebih besar dari dua kali lebar dinding ( $\leq 21d$ ). (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3i))

Dinding geser dirancang sedemikian rupa sehingga memenuhi batasan-batasan dari standart beton 1991, dimana daya dukung aksial dinding ditentukan dengan metode perencanaan empirik.

#### 6.3.4. Data-data Perencanaan

##### 1. Mutu Bahan

- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 320 Mpa

##### 2. Dimensi

- Tinggi dinding = 400 cm
- Tebal dinding = 30 cm

#### 6.3.5. Dasar-dasar Perencanaan.

1. Rasio tulangan minimum dari luas tulangan vertical 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 dari W31 atau D31
 (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3.2)
2. Spasi tulangan pada tiap arah tidak boleh lebih dari 450 mm, dan harus didistribusikan pada seluruh penampang. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2a))

3. Bila tebal dinding lebih besar atau sama dengan 200 mm, maka dinding tersebut harus dipasang dua lapis tulangan. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2b)).
4. Jarak antara tulangan vertical sepanjang lo dari ujung tiang tidak boleh lebih dari 200 mm dan 300 mm diluar daerah sepanjang lo. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3f)).
5. Jarak antar tulangan diluar daerah ujung lo tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding, seperlima lebar dinding dan 450 mm. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3g)).
6. Jarak antar tulangan horizontal dalam daerah ujung sepanjang lo tidak boleh lebih dari 200 mm. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3h)).
7. Panjang daerah ujung lo tidak boleh kurang dari lebar dinding, seperenam dari tinggi dan tidak perlu lebih besar dari dua kali lebar dinding. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3i)).
8. Tebal dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi dan panjang komponen pendukung, diambil yang terkecil dan tidak kurang dari 100 mm. (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.7.5.3.)

#### 6.3.6. Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Geser

Prosedur perhitungan dilakukan seperti berikut dengan mengambil dinding geser lantai dasar sebagai contoh :

Data-data perencanaan :

$$P_u = 389910.78 \text{ kg}$$

$$V_u = 170000.87 \text{ kg}$$

$$M_u = 197300 \text{ kgm}$$

- Kekuatan Geser Beton Pada Dinding Geser

Kuat geser maksimum yang mampu dipikul oleh penampang :

$$V_n = \left[ \frac{5\sqrt{f'_c}}{6} \right] h \times d \dots \dots \text{SK SNI T-15-1991-3.4.1. butir 3}$$

$$V_n = \left[ \frac{5\sqrt{30}}{6} \right] \times 4000 \times 6000 = 109544511.5 \text{ N}$$

$$\frac{V_u}{\Phi} = \frac{1700008.7}{0.6} = 2833347.83 \text{ N}$$

$$V_n > \frac{V_u}{\Phi}$$

Berarti dinding geser mampu memikul gaya geser

- Kemampuan dinding geser terhadap gaya aksial

$$\Phi P_{nw} = 0.55 \cdot \Phi \cdot f'_c \cdot A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_e}{32 h} \right)^2 \right]$$

dimana :  $\Phi = 0.70$

$$k = 0.80 \text{ (dikekang pada salah satu ujung)}$$

$$A_g = 350 \times 7500 = 2625000 \text{ mm}^2$$

$$l_e = 4000 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$\Phi P_{nw} = 0.55 \times 0.70 \times 30 \times 2625000 \times \left[ 1 - \left( \frac{0.8 \times 4000}{32 \times 350} \right)^2 \right]$$

$$= 27843750 \text{ N} > 1700008.7 \dots \text{OK}$$

Berarti dinding geser mampu menerima beban aksial

- Penulangan Geser Horisontal

Kemampuan dinding geser menerima beban geser adalah harga minimum dari:

$$V_c = \left( \sqrt{f'_c} / 4 \right) h_d + \frac{N_u d}{4l_w} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.32})$$

dimana :

$$d = 0.8 l_w = 0.8 \times 7500 = 6000$$

$$V_c = \left( \sqrt{30} / 4 \right) \times 350 \times 6000 + \frac{3899107.8 \times 6000}{4 \times 7500} = 3655364.99 \text{ N}$$

atau :

$$V_c = \left[ \left( \sqrt{f'_c} / 2 + \frac{l_w \left( \sqrt{f'_c / 2} + 2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) + 10 \right] h d$$

(SK SNI T-15-1991-03 ps3 3.4.33)

$$V_c = \left[ \left( \sqrt{30} / 2 + \frac{7500 \left( \sqrt{30} / 2 + 2 \frac{3899107.8}{7500 \times 350} \right)}{\frac{1973000000}{1700008.7} - \frac{7500}{2}} \right) + 10 \right] \times 350 \times 6000$$

persamaan diatas tidak berlaku bila :

$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}$  bernilai negatif. Dalam perhitungan diatas ternyata nilai dari :

$$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} = -2589.41$$

atau nilai  $V_c$  tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = 5/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h \cdot d \dots \dots \dots \text{(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.5)}$$

$$V_c = 5/6 \times \sqrt{30} \times 350 \times 6000 = 9585144.756 \text{ N}$$

$$V_s = V_u - \Phi V_c = 1700008.7 - 0.6 \times 9585144.756 < 0$$

Karena penampang beton cukup kuat untuk menahan gaya geser, maka cukup digunakan tulangan minimum dari :

$$\rho_h = \rho_{min} = 0.0025$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0025 \times 350 \times 4000 = 3500 \text{ mm}^2$$

Spasi maksimum tulangan horisontal

(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.3) adalah :

$$s \text{ maks} < l_w / 5 = 1500 \text{ mm}$$

$$< 3h = 1050 \text{ mm}$$

$$< 500 \text{ mm (menentukan)}$$

Untuk tebal dinding diatas 200 mm digunakan 2 lapis tulangan

$$\text{Dipakai tulangan D 16 (2 } A_s = 402.12 \text{ mm}^2)$$

$$A_n \text{ ada} = 402.12 \times 4000 / 400 = 4021.2 > A_n \text{ perlu} \dots \text{OK}$$

Jadi digunakan tulangan horisontal D16 - 400

- Penulangan Geser Vertikal

Rasio  $\rho_n$  dari tulangan geser vertikal terhadap luas brutto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_n}{l_w} \right) (\rho_b - 0.0025)$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.5

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{6000}{7500} \right) (0.0025 - 0.0025 = 0.0025)$$

$$A_n \text{ Vertikal} = 0.0025 \times 350 \times 7500 = 6562.5 \text{ mm}^2$$

Spasi maksimum tulangan horisontal (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.3) adalah :

$$s \text{ maks} < l_w / 5 = 1500 \text{ mm}$$

$$< 3h = 1050 \text{ mm}$$

$$< 500 \text{ mm (menentukan)}$$

Untuk tebal dinding diatas 200 mm digunakan 2 lapis tulangan

Dipakai tulangan D 16 ( $2 A_s = 402.12 \text{ mm}^2$ )

$$A_n \text{ ada} = 402.12 \times 7500 / 400 = 7539.75 > A_n \text{ perlu} \dots \text{OK}$$

Jadi digunakan tulangan horizontal D16 - 400

- Penulangan Lentur

Penulangan lentur pada dinding geser (shear wall) diberikan pada ujung-ujung dinding geser dengan memberi penebalan pada pojok-pojok atau pertemuan dinding geser dengan balok. hal ini dilakukan untuk menjamin pertemuan yang monolit antara dinding geser dengan balok :

$$P_u = 389910.78 \text{ kg}$$

$$V_u = 972477 \text{ kg}$$

$$M_u = 197300 \text{ kgm}$$

$$\frac{\Phi M_n}{A g \cdot h} = \frac{1.973 E + 9}{7500 \times 350 \times 4000} = 0.19$$

$$\frac{\Phi P_n}{A g} = \frac{3899107.8}{7500 \times 350} = 1.5$$

Digram interaksi diperoleh  $\rho = 1\%$

sehingga :

$$A_s = 0.001 \times 350 \times 7500 = 2625$$

$$A_s D 22 = 380 \text{ mm}^2$$

Jadi dipasang 8 D22 ( $A_s = 3039.52 \text{ mm}^2$ )

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN SAMBUNGAN**

## BAB VII

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 7.1. UMUM

Dalam bab ini akan diuraikan kriteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan. Sambungan yang dipakai 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.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran, sambungan lewatan, dowel yang dijangkarkan didaerah pertemuan tersebut. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu juga perlu ditinjau

serviceability, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

Selain itu detail sambungan antar komponen pracetak memegang peranan penting dalam menjamin suatu gedung berespon menjadi satu kesatuan disaat terjadi gempa kuat, baik itu untuk struktur yang rumit ataupun yang sederhana. Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan duktilitas yang disyaratkan selama terjadi gempa besar.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

## **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.

### 7.2.1. 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.

### 7.2.2. 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.

### 7.2.3. Perubahan Volume

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

#### 7.2.4. Daya Tahan

Sambungan perlu diawasi dan dipelihara. Sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan tindakan perlindungan dengan beton atau dengan cat (galvanis) daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, speling beton dan yang paling sering diakibatkan oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

#### 7.2.5. Ketahanan Terhadap Kebakaran

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

#### 7.2.6. Kesederhanaan Sambungan

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis.

Kriteria penyederhanaan sambungan adalah:

- Memakai bahan-bahan standar
- Menggunakan detail yang sama (berulang)

- c. Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk meneimpatkannya.
- d. Mempersiapkan cara-cara penggantian.

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

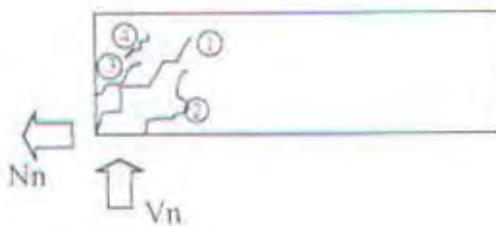
- a. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser.
- b. Perletakan ke haunch melalui gaya tekan pads.
- c. Haunch menyerap gaya vertical dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
- d. Gaya geser vertical dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik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

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Balok beton ke tulangan dengan lekatan/ ikatan
- Tulangan baja siku diujung balok diikat dengan las.
- Baja siku diujung balok ke haunch melalui gesekan diatas dan dibawah bearing pads. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
- Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
- Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui ikatan/ lekatan.

### 7.3.2. Pola-pola Kehancuran

Sebagai perencana diharuskan untuk menguji masing-masing pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 7.1

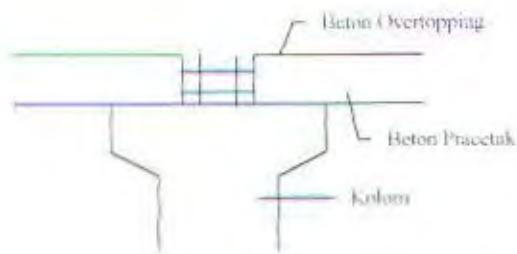


Gambar 7.1. Model-model Keruntuhan di ujung

PCI design handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan dapped-end dari balok, yaitu sebagai berikut :

1. Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung.
3. Geser langsung antara tonjolan dengan bagian utama balok.
4. Tarik diagonal pada ujung akhir
5. Perletakan pada ujung atau tonjolan.

Dalam tugas akhir ini, penulis merencanakan system balok pracetak yang mampu menempuh pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian kekuatan penyambungan sebelum komposit (gambar 7.2) sehingga mencapai kekuatan sambungan yang benar-benar monolith.



Gambar 7.2 Balok Pracetak menempuh pada Konsol Pendek

### 7.3.3. Stabilitas dan Keseimbangan

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

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

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

#### 7.4. 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 pelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol dibawah 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 pemancar 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, dimana joint digROUT.
- Cold joint yang diberi tulangan pratekan parsial, dimana joint tersebut tidak digROUT.
- Sambungan-sambungan mekanik

## 7.5. 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 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 elatis perlu diperhatikan.

2. Sambungan daktail pemencar energi

Bila sambungan diletakkan pada titik-titik dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungnya 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 penggerjaan dan pelaksanaan beton pracetak, perletakan 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 didaerah 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 disekeliling 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 belum begitu terbukti. Di masa yang akan datang perlu dikembangkan joint-joint yang dapat berperilaku baik dalam keadaan post yield.

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

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 dari pada kapasitas momen plastis pada lokasi sendi. Regangan dan gaya geser yang lebih tinggi akan timbul jika peleahan dan variasinya 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 dari pada kapasitas yang dihasilkan pada saat sendi plastis menempel pada kolom. Sambungan-sambungan dapat direncanakan secara plastis dengan banyak kemungkinan jenis-jenis sambungan yang dapat dipakai diantaranya sambungan las, sambungan post tension atau sambungan grouting.

#### 4. Sambungan cold joint yang diberi tulangan biasa

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

Pada permukaan elemen pracetak direncanakan suatu sambungan yang tidak akan terjadi peleahan 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 elastis bila terjadi cukup banyak sendi-sendii 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.

## 7.6. PENGGUNAAN TOPPING BETON

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan. Tujuan utamanya adalah:

1. Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan di fragma horizontal yang cukup kaku.
2. Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
3. Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping beton umumnya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm. Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui  $5.5 \text{ Kg/cm}^2$ . Bila tegangan geser

tersebut dilampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut.

Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (shear friction concept)

$$A_{sf} = \frac{Vn}{f_y u} \geq A_{sf} \text{ min}$$

dimana :

$A_{sf}$  = luas tulangan geser friksi

$Vn$  = luas geser nominal

< 0.2  $f_c$ .  $A_c$  (newton)

< 5.5  $A_c$  (Newton)

$A_c$  = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

$f_y$  = kuat leleh tulangan

$\mu$  = koefisien friksi = 1

$A_{sf} \text{ min}$  = 0.018  $A_c$  untuk baja tulangan mutu 400 Mpa

$$0.018 \left[ \frac{400}{f_y} \right] A_c \text{ untuk tulangan } f_y > 400 \text{ Mpa}$$

diukur pada regangan leleh 0.35 %

= dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0.014  $A_c$

**Contoh Perhitungan :**

Diketahui :  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$A_c = 20 \times 1000 = 20000 \text{ mm}^2$$

dimana :  $V_n < 0.2 \times 30 \times 20000 = 120000 \text{ N}$

$$< 5.5 \times 20000 = 120000 \text{ N}$$

$$\text{dipakai } V_n = 110000 \text{ N}$$

$$\text{maka : } A_{vf} = 110000/320 = 343.75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } A_{vf \min} = 0.0018 \times 20000 = 36 \text{ mm}^2$$

$$> 0.0014 \times 20000 = 28 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai } A_{vf} = 36 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf} = 343.75 \text{ mm}^2 > A_{vf \ min} = 36 \text{ mm}^2$$

Jadi topping diperhitungkan sebagai beton komposit

## 7.7. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK DENGAN KOLOM

### 7.7.1. Perencanaan Corbel Kolom

Penulis merencanakan corbel pada kolom sebagai tumpuan untuk meletakkan balok induk precast. Pada pelaksanaannya, pengecoran dari corbel bersama-sama dengan pengecoran kolom. Jadi direncanakan antara kolom dan corbel bersifat monolit. Pada setiap kolom tempat menumpu balok precast, dimensi dari corbel direncanakan sama semua.

Adapun prosedur pendesainan dari corbel adalah sebagai berikut :

- $\frac{a}{d} \leq 1$
- $N_u \leq V_u$
- $\phi = 0.65$  untuk semua perhitungan
- Jangkar pada bagian muka dari corbel harus disediakan dengan las
- Beban-beban terpusat pada corbel menerus didistribusikan

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan dimensi b, d, h dan a

Hitung  $V_u$ ,  $N_u$  dan  $M_u = V_u \cdot A + N_u (h-d)$

2. Tentukan apakah  $V_u < V_{u \text{ max}}$

Menurut PB'89 pasal 11.9.3.2.1. untuk beton normal beban geser  $V_u$

$$V_{u \text{ max}} < 0.2 f'_c b w_d$$

$$< 0.55 bw_d$$

kalau  $V_u > V_{u \text{ max}}$ , maka dimensi diperbesar

kalau  $V_u < V_{u \text{ max}}$ , maka hitung :

desain penulangan corbel harus diadakan pengecekan terhadap lentur, geser langsung dan bearing. Luas tulangan utama  $A_s$ , sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.9. adalah :

$$Af = \frac{M_u}{0.85 \cdot \Phi \cdot f_y \cdot d}$$

$$A_n = \frac{N_u}{\Phi \cdot f_y}$$

$$Avf = \frac{V_{u \text{ max}}}{\Phi \cdot f_y \cdot \mu}$$

$$\left. \begin{aligned} A_{s1} &= \left( \sqrt[3]{3} \cdot Avf \right) + A_n = \left( \frac{1}{\Phi \cdot f_y} \right) \times \left( \frac{2V_u}{3\mu e} + N_u \right) \\ A_{s2} &= Af + A_n = \left( \frac{1}{\Phi \cdot f_y} \right) \times \left[ \frac{2V_u}{a/d} + N_u \left( \frac{h}{d} \right) \right] \end{aligned} \right\} \text{Ambil nilai terbesar}$$

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 horizontal terfaktor yang tegak lurus asumsi bidang retak,lb

$Av_f$  = luas tulangan nominal tegak lurus bidang retak

$f_y$  = tegangan leleh dari  $Av_f$  ( $\leq 6000$  psi)

$V_u$  = gaya geser terfaktor

Sebagai tambahan, sejumlah sengkang ikat dengan luas total  $A_h$  harus disebarluaskan secara merata dalam batas  $2/3$  tebal efektif.

$$A_h \text{ min} = 0.5(A_s - A_n)$$

- Kalau  $A_{s1} > A_{s2}$  maka hitung :

$$A_s = A_{s1}$$

$$A_h = 1/3 Av_f$$

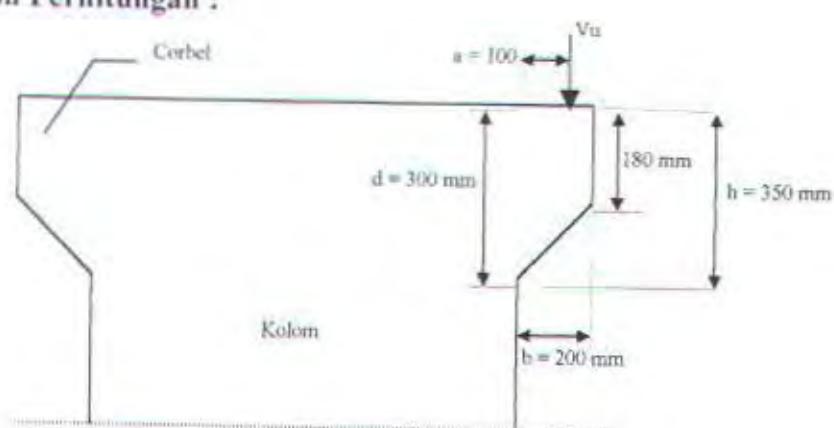
- Kalau  $A_{s1} < A_{s2}$  maka hitung :

$$A_s = A_{s2}$$

$$A_h = 0.5 (A_s - A_n)$$

- Pilih tulangan

#### Contoh Perhitungan :



7.5. Dimensi Corbel

**Data Perencanaan :**

- $V_u = 33620 \text{ kg} = 336200 \text{ N}$
- $N_{uc} = 0.2 \times V_u = 0.2 \times 336200 = 67240 \text{ N}$
- $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- $\Phi = 0.6$
- $b_w = 500 \text{ mm}$
- $\mu = 1.4\lambda, \dots \text{ beton di cor monolit}$
- $\lambda = 1, \dots \text{ beton normal}$

**Perhitungan :**

- Lebar Pelat Landasan (d) :

$$V_u = \Phi \cdot (0.85 f'_c) \cdot A_1$$

Lebar Pelat Landasan (d) :

$$\begin{aligned} d &= \frac{V_u}{\Phi \cdot (0.85 \cdot f'_c) \cdot b_w} \\ &= \frac{336200}{0.6 \times (0.85 \times 30) \times 500} \end{aligned}$$

$$= 43.95 \text{ mm}$$

Pakai lebar pelat landasan = 50 mm

- Titik beban  $V_u$  Pada Konsol (a) :

$$a = 7.5 + \frac{1}{2} \times 5 = 10 \text{ cm}$$

- Tinggi Konsol Untuk Geser (d) :

$$V_{n \max} = 0.2 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot d$$

$$d = \frac{V_{n \max}}{0.2 \cdot f'_c \cdot b_w}$$

$$= \frac{336200/0.65}{0.2 \times 30 \times 500}$$

= 172.41 mm

- Tinggi Konsol Untuk Lentur (d) :

$$\text{Mu} = V_u \cdot a + N_{uc} \cdot (h-d)$$

$$= 336200 \times 100 + 67240 \times (50)$$

$$= 36982000 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

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

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

$$= 0.0044 \times 320 \times (1 - \frac{1}{2} \times 0.0044 \times 12.55)$$

$$= 1.37 \text{ MPa}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\varphi b d^2}$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{\text{Mu}}{\Phi \cdot b \cdot w \cdot R_n}}$$

$$= \sqrt{\frac{36982000}{0.85 \times 500 \times 1.37}} = 252.02 \text{ m}$$

Dicoba  $d = 300 \text{ mm}$ ,  $\frac{a}{d} = \frac{10}{30} = 0.33 < 1 \dots \dots \text{OK}$

- Penulangan Geser Avf

$$Avf = \frac{Vn_{max}}{\Phi \cdot f_y \cdot \mu}$$

$$= \frac{336200/0.65}{0.65 \times 320 \times 1.4}$$

$$= 1776.2 \text{ mm}^2$$

□ Penulangan Lentur Af

$$Rn_{perlu} = \frac{Mu}{\varphi \cdot bw \cdot d^2}$$

$$= \frac{36982000}{0.65 \times 320 \times 1.4}$$

$$= 1.26 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.26}{320}} \right]$$

$$= 0.00405 < \rho_{min}$$

$$Af_{perlu} = \rho \cdot bw \cdot d$$

$$= 0.0044 \times 500 \times 300$$

$$= 660 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tambahan An

$$An = \frac{Nuc}{\Phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{67240}{0.65 \times 320} = 323.27 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tarik Utama Total As

$$As_t = Af + An$$

$$= 660 + 323.27 = 983.27 \text{ mm}^2$$

$$As_2 = \frac{2}{3} \times Avf + An$$

$$= \frac{2}{3} \times 1776.2 - 323.27 = 1507.40 \text{ mm}^2$$

maka digunakan  $As$  perlu  $1507.40 \text{ mm}^2$

maka digunakan 4 D 25 ( $As = 1963.50 \text{ mm}^2$ )

Persyaratan sengkang

$$Ah_{\min} = \frac{1}{2} \cdot (As - An)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (1963.50 - 323.27)$$

$$= 820.12 \text{ mm}^2$$

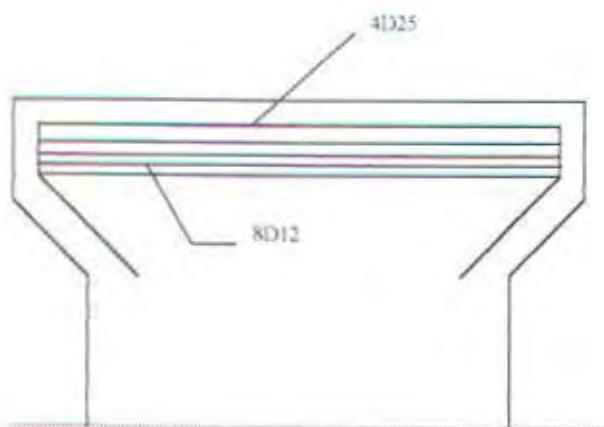
maka dipakai 8 D 12 ( $As = 904.78 \text{ mm}^2$ )

sengkang harus disebar merata sepanjang  $2/3 d$

Panjang Penanaman As

$$Ld_{\text{ada}} = b - \text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \text{diameter tulangan As}$$

$$= 500 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 457.5 \text{ mm}$$



7.6. Penulangan Corbel

### 7.7.2. Perencanaan Bearing on Plain Concrete

Jika diinginkan agar suatu elemen tidak perlu diperkuat oleh penulangan untuk mempertinggi daya dukung elemen pada bagian tepi, seperti tepi pada ujung balok yang mendukung pelat, maka perlu dilakukan pemeriksaan bearing on plain concrete.

Menurut SKSNI T-15-1991-03, daya dukung dari plain concrete adalah :

$$\phi Vn = \phi Cr (0.85 f'_c A_1) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 f'_c A_1$$

dimana :

$$\phi = 0.7$$

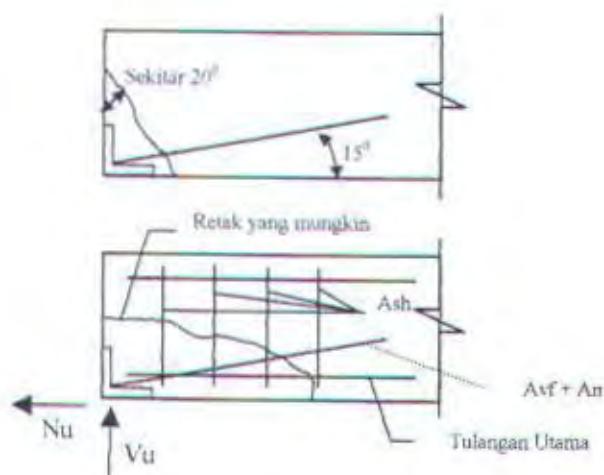
$Cr = (sw/200)^{0.5w/Vu} = 1$  bila tidak ada gaya horizontal yang berarti

$A_1$  = luas permukaan beton yang mendukung beton

$A_2$  = luas proyeksi permukaan  $A_1$

Batas bearing strength adalah :

$$\phi Vc = 0.85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot bw$$



Gambar 7.7. Konsep gesekan geser terhadap daerah tumuan balok

### Penulangan End Bearing

Jika  $V_u > \phi V_n$  hasil desain bearing strength 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 vertical  $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horizontal :

$$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \cdot f_v \cdot \mu} + \frac{N_u}{\phi \cdot f_y}$$

Sudut penanaman adalah  $15^\circ$  seperti yang disarankan pada referensi.

Sedangkan nilai  $\mu$  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  $A_{sh}$  untuk retak horizontal adalah :

$$A_{sh} = \frac{A_t \cdot f_y}{\mu \cdot f_y}$$

#### Perhitungan :

- $V_u = 336200 \text{ N}$
- $N_{uc} = 67240 \text{ N}$
- Perkuatan Tulangan Horisontal ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{336200}{0.6 \times 320 \times 1.4} + \frac{67240}{0.8 \times 320} = 1512.4 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 4 D 25 ( $A_t = 1963.50 \text{ mm}^2$ )

- Tulangan Sengkang ( $A_{sh}$ )

$$A_{sh} = \frac{At \times f_y}{\mu \times f_y} = \frac{153.4}{1.4} = 1081 \text{ mm}^2$$

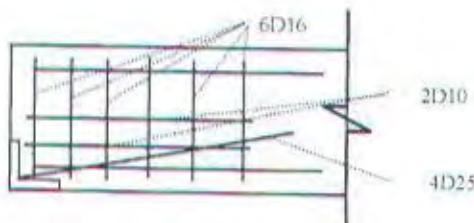
maka dipakai tulangan 6 D 16 ( $A_{sh} = 1206.36 \text{ mm}^2$ )

- Tulangan pengikat tambahan ( $A_{cv}$ )

$$A_{cv} = A_{ch}$$

$$= \frac{V_u}{8 \times f_y} = \frac{336200}{8 \times 320} = 131.33 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2 D 10 ( $A_{cv} = 157.08 \text{ mm}^2$ )



Gambar 7.8. Sket Penulangan End Bearing

## 7.8. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK ANAK-BALOK INDUK

Perencanaan sambungan pada pertemuan balok induk dengan balok anak meliputi :

1. Perkuatan penulangan konsol bawah balok induk
2. Perkuatan penulangan ujung balok anak

### 7.8.1. Perencanaan Perkuatan Penulangan Konsol Bawah Balok Induk

Data-data perencanaan :

$$V_u = 15716 \text{ kg} = 157160 \text{ N}$$

$$N_{uc} = 0.2 \times V_u = 31432 \text{ N}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

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

$$\phi = 0.65$$

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

$$\mu = 1.4$$

- Lebar pelat landasan (d)

$$V_u = \Phi(0.85 \cdot f'_c) \cdot A \cdot l$$

Lebar Pelat Landasan (d) :

$$\begin{aligned} d &= \frac{V_u}{\Phi \cdot (0.85 \cdot f'_c) \cdot bw} \\ &= \frac{157160}{0.65 \times (0.85 \times 30) \times 400} \end{aligned}$$

$$= 23.70 \text{ mm}$$

Pakai lebar pelat landasan = 50 mm

- Titik beban Vu Pada Konsol (a) :

$$a = 7.5 + \frac{1}{2} \times 5 = 10 \text{ cm}$$

- Tinggi Konsol Untuk Geser (d) :

$$V_{n \max} = 0.2 \cdot f'_c \cdot bw \cdot d$$

$$d = \frac{V_{n \max}}{0.2 \cdot f'_c \cdot bw}$$

$$= \frac{157160 / 0.65}{0.2 \times 30 \times 400}$$

$$= 100.74 \text{ mm}$$

- Tinggi Konsol Untuk Lentur (d) :

$$M_u = V_u \cdot a + N_u \cdot (h-d)$$

$$= 157160 \times 100 + 31432 \times 50 \quad (h-d = 50 \text{ mm})$$

$$= 17287600 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

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

$$R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2}$$

$$R_n = \frac{17287600}{0.85 \times 400 \times 160^2}$$

$$= 1.99 \text{ Mpa}$$

$$= 252.02 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.99}{320}} \right] = 0.0065$$

□ Penulangan Lentur Af

$$Af_{\text{perlu}} = \rho \cdot bw \cdot d$$

$$= 0.0065 \times 400 \times 160$$

$$= 414.04 \text{ mm}^2$$

□ Penulangan Geser Avf

$$Avf = \frac{Vn_{\max}}{\Phi \cdot f_y \cdot \mu}$$

$$= \frac{336200 / 0.65}{0.65 \times 320 \times 1.4}$$

$$= 1776.2 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tambahan An

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\Phi_f f_y}$$

$$= \frac{31432}{0.65 \times 320} = 151 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tarik Utama Total As

$$A_{st} = A_f + A_n$$

$$= 414.04 + 151 = 565.04 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{2}{3} \times A_{vf} + A_n$$

$$= \frac{2}{3} \times 565.04 + 151 = 527.69 \text{ mm}^2$$

maka digunakan As perlu  $565.04 \text{ mm}^2$

maka digunakan 3 D 16 ( $A_s = 603.19 \text{ mm}^2$ )

□ Persyaratan sengkang

$$A_h \min = \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (603.19 - 151)$$

$$= 226 \text{ mm}^2$$

maka dipakai 3 D 12 ( $A_s = 339.29 \text{ mm}^2$ )

sengkang harus disebar merata sepanjang  $2/3 d$

□ Panjang Penanaman As

$$L_d \text{ ada} = b - \text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \text{diameter tulangan As}$$

$$= 400 - 17.35 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 374.65 \text{ mm}$$

### 7.8.2. Perencanaan Bearing on Plain Concrete

Perhitungan :

- $V_u = 157160 \text{ N}$
- $N_{uc} = 0.2 \times V_u = 31432 \text{ N}$

□ Perkuatan Tulangan Horisontal (At)

$$At = \frac{157160}{0.6 \times 320 \times 1.4} + \frac{31432}{0.8 \times 320} = 707.45 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 4 D 16 ( $At = 804.25 \text{ mm}^2$ )

□ Tulangan Sengkang (Ash)

$$Ash = \frac{At \times fy}{\mu \times fy} = \frac{707.45}{1.4} = 505.32 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 3 D 16 ( $Ash = 603.19 \text{ mm}^2$ )

□ Tulangan pengikat tambahan (Acv)

$$Acv = Ach$$

$$= \frac{Vu}{8 \times fy} = \frac{157160}{8 \times 320} = 61.39 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2 D 10 ( $Acv = 157.08 \text{ mm}^2$ )

## 7.9. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK CUCU-BALOK ANAK

### 7.9.1. Perencanaan Perkuatan Konsol Bawah Balok Cucu

Data Perencanaan :

- $V_u = 4172 \text{ kg} = 41720 \text{ N}$
- $N_{uc} = 0.2 \times V_u = 0.2 \times 41720 = 8344 \text{ N}$
- $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- $\Phi = 0.65$

- $b_w = 200 \text{ mm}$
- $\mu = 1.4\lambda, \dots, \text{beton di cor monolit}$
- $\lambda = 1, \dots, \text{beton normal}$

$$V_u = \Phi \cdot (0.85 f'_c) \cdot A_t$$

Lebar Pelat Landasan (d) :

$$\begin{aligned} d &= \frac{V_u}{\Phi \cdot (0.85 f'_c) \cdot b_w} \\ &= \frac{41720}{0.6 \times (0.85 \times 30) \times 200} \end{aligned}$$

$$= 13.19 \text{ mm}$$

Pakai lebar pelat landasan = 50 mm

- Titik beban Vu Pada Konsol (a) :

$$a = 2.5 + \frac{1}{2} \times 5 = 5 \text{ cm}$$

- Tinggi Konsol Untuk Geser (d) :

$$V_{n \max} = 0.2 \cdot f'_c \cdot b_w \cdot d$$

$$d = \frac{V_{n \max}}{0.2 \cdot f'_c \cdot b_w}$$

$$= \frac{41720 / 0.65}{0.2 \times 30 \times 200}$$

$$= 53.48 \text{ mm}$$

- Tinggi Konsol Untuk Lentur (d) :

$$M_u = V_u \cdot a + N_{u c} \cdot (h-d)$$

$$= 41720 \times 50 + 8344 \times 50 \quad (h-d = 50 \text{ mm})$$

$$= 2503200 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

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

$$\begin{aligned} R_n &= \rho \times f_y \times (1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m) \\ &= 0.0044 \times 320 \times (1 - \frac{1}{2} \times 0.0044 \times 12.55) \\ &= 1.37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} d_{\text{perlu}} &= \sqrt{\frac{Mu}{\Phi \cdot bw \cdot R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{2503200}{0.85 \times 200 \times 1.37}} \\ &= 103.67 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dicoba } d = 103.67 \text{ mm}, \frac{a}{d} = \frac{50}{103.67} < 1, \dots \text{OK}$$

□ Penulangan Geser Avf

$$\begin{aligned} Avf &= \frac{Vn_{\max}}{\Phi \cdot f_y \cdot \mu} \\ &= \frac{41720 / 0.65}{0.65 \times 320 \times 1.4} \\ &= 220.41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

□ Penulangan Lentur Af

$$\begin{aligned} R_n_{\text{perlu}} &= \frac{Mu}{\phi \cdot bw \cdot d^2} \\ &= \frac{2503200}{0.65 \times 320 \times 1.4} \\ &= 1.79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{12.55} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 1.79}{320}} \right]$$

$$= 0.0058 < \rho_{\text{min}}$$

$$A_f_{\text{perlu}} = \rho \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0.0044 \times 200 \times 103.67$$

$$= 120.48 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tambahan An

$$A_n = \frac{N_{\text{uc}}}{\Phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{8344}{0.65 \times 320} = 40.12 \text{ mm}^2$$

□ Tulangan Tarik Utama Total As

$$A_{\text{st}} = A_f + A_n$$

$$= 120.48 + 40.12 = 160.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{st2}} = \frac{2}{3} \times A_{\text{vf}} + A_n$$

$$= \frac{2}{3} \times 160.6 + 40.12 = 147.18 \text{ mm}^2$$

maka digunakan As perlu  $160.6 \text{ mm}^2$

maka digunakan 2 D 12 ( $A_s = 226.19 \text{ mm}^2$ )

□ Persyaratan sengkang

$$A_h \text{ min} = \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (226.19 - 40.12)$$

$$= 93.03 \text{ mm}^2$$

maka dipakai 2D 12 ( $A_s = 226.19 \text{ mm}^2$ )

sengkang harus disebar merata sepanjang  $2/3 d$

Panjang Penanaman  $A_s$

$$L_d \text{ ada} = b - \text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot \text{diameter tulangan } A_s$$

$$= 200 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 154 \text{ mm}$$

### 7.9.2. Perencanaan Bearing on Plain Concrete

Perhitungan :

-  $V_u = 41720 \text{ N}$

-  $N_{uc} = 0.2 \times V_u = 8344 \text{ N}$

Perkuatan Tulangan Horisontal ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{41720}{0.6 \times 320 \times 1.4} + \frac{8344}{0.8 \times 320} = 187.8 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2 D 12 ( $A_t = 226.19 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Sengkang ( $A_{sh}$ )

$$A_{sh} = \frac{A_t \times f_y}{\mu \times f_y} = \frac{187.8}{1.4} = 134.14 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2 D 12 ( $A_{sh} = 226.19 \text{ mm}^2$ )

Tulangan pengikat tambahan ( $A_{cv}$ )

$$A_{cv} = A_{ch}$$

$$\frac{V_u}{8 \times f_y} = \frac{41720}{8 \times 320} = 16.29 \text{ mm}^2$$

maka dipakai tulangan 2 D 10 ( $A_{cv} = 157.08 \text{ mm}^2$ )

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

## BAB VIII

### PERENCANAAN PONDASI

#### 8.1. UMUM

Pondasi sebagai struktur bawah mempunyai fungsi memikul beban-beban yang bekerja diatasnya. Pondasi yang umum dipakai meliputi 2 macam yakni pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk beban yang relatif besar cenderung dipergunakan pondasi dalam.

Berdasarkan data tanah hasil sondir diperoleh bahwa tanah keras terletak cukup dalam, maka dalam perencanaan ini penulis menggunakan tiang pancang WIKA yang banyak terdapat dipasaran.

#### 8.2. DAYA DUKUNG PONDASI

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal yakni daya dukung pada ujung tiang dan pengaruh lekatan disepanjang selimut tiang. Daya dukung tiang harus ditinjau dari dua segi yakni dari segi kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin.

##### 8.2.1. Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kemampuan tiang ditinjau dari kekuatan bahan tiang bisa dilihat pada brosur tiang pancang produksi WIKA yang mana tiang pancang yang penulis rencanakan adalah :

- Diameter : 500 mm
- Tebal : 70 mm

- Kelas : A1
- Luas tulangan :  $6.16 \text{ cm}^2$
- Luasan beton :  $1159.25 \text{ cm}^2$
- Pallow : 172.66 ton
- Momen :
  - 1. retak : 10.50 tm
  - 2. ultimate : 15.75 tm

### 8.2.2. Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Kekuatan Tanah

Menurut Mayerhof, perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data sondir harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan geser akibat penetrasi konus dan tiang pancang yaitu pada daerah 4D dibawah ujung tiang dan 8D diatas ujung tiang.

Harga konus merupakan harga rata-rata sepanjang daerah keruntuhan geser yang dapat diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$C_u (\text{rata-rata ujung}) = \frac{0.5 \times (C_{n1} + C_{n2}) + C_{n3}}{2}$$

Dimana

$C_{n1}$  = harga rata-rata konus, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah.

$C_{n2}$  = harga rata-rata konus minimum, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah.

$C_{n3}$  = harga rata-rata konus minimum, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8D ke atas.

Jadi daya dukung akibat perlawanan ujung yang didasarkan pada harga konus :

$$Q_c = C_n(\text{rata-rata ujung}) \times A_{\text{tiang}}$$

Pengaruh dari lekatan (cleef) tanah kohesif harus diperhitungkan sebagai tambahan kekuatan daya dukung tanah dengan perumusan sebagai berikut :

$$Q_s = O \times JHP$$

Dimana :  $O$  = keliling tiang (cm)

$$JHP = \text{jumlah hambatan pelekatan (kg/cm}^2\text{)}$$

Daya dukung ultimate suatu tiang yang berdiri sendiri berdasarkan hasil sondir merupakan penjumlahan kedua kondisi diatas.

$$Q_u = Q_c + Q_s$$

Daya dukung ijin yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (SF/safety factor) sebagai berikut :

$$Q_{ijin \ 1 \ tiang} = Q_p/SF_1 + Q_s/SF_2$$

Dimana :

$$SF_1 = \text{safety factor terhadap perlawanan ujung} = 3$$

$$SF_2 = \text{safety factor terhadap hambatan lekat} = 5$$

### 8.2.3. Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Daya dukung satu tiang dalam kelompok didapatkan dari daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan faktor efisiensi apabila jarak antar tiang lebih kecil dari :

$$S \geq \frac{(1.57 \times D \times m \times n) - (2 \times D)}{m + n - 2}$$

dimana :

D = diameter tiang

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam 1 baris

factor efisiensi tiang dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\text{eff} = 1 - \phi \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right]$$

dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

$\phi$  = arc tg (D/S) dalam derajat

### 8.3. Perencanaan Jumlah Tiang Pancang

Jumlah tiang dihitung sedemikian hingga p maksimum yang terjadi pada tiang tidak melebihi daya dukung ijin tiang. Beban maksimum yang bekerja pada 1 tiang dihitung berdasarkan aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Pmaks dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_{\max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{My.X_{\max}}{ny.\sum x^2} + \frac{Mx.Y_{\max}}{nx.\sum y}$$

dimana :

Pmaks = beban maksimum yang diterima tiang pancang

$\sum P_u$  = jumlah total beban-beban vertical

n = jumlah tiang

Xmax = jarak terjauh tiang ke titik berat kelompok tiang arah x

Mx = Momen yang terjadi tegak lurus sumbu x

- $M_y$  = Momen yang terhadai tegak lurus sumbu y  
 $Y_{maks}$  = jarak terjauh tiang ketitik berat kelompok tiang arah y  
 $\sum x^2$  = jarak kuadrat tiang-tiang ke pusat titik berat arah x  
 $\sum y^2$  = jarak kuadrat tiang-tiang ke pusat titik berat arah y

#### 8.4. Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Kontrol terhadap gaya lateral dilakukan pada nilai terkecil antara kekuatan bahan atau kekuatan tanahnya. Jika kekuatan bahan lebih kecil dari kekuatan tanah maka kontrol dilakukan terhadap kekuatan bahan demikian pula sebaliknya.

Kemampuan tiang pancang terhadap gaya lateral lainnya diambil yang terkecil dari :

- Jumlah kemampuan masing-masing tiang.
- Kemampuan kelompok tiang pancang yang dianggap satu blok ekivalen yang meliputi tiang-tiang pancang dan tanah diantara tiang pancang tersebut.

Akibat gaya lateral akan timbul gaya perlawanan tanah berupa beban merata yang mana beban perlawanan tanah inilah yang akan menimbulkan lentur terhadap tiang pancang. Momen yang terjadi akibat gaya horizontal ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan. Untuk mendapatkan momen-momen akibat gaya horizontal ini dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton

Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983 pada lampiran B.

Tiang disebut sebagai tiang panjang apabila panjang tiang yang sesungguhnya lebih besar dari panjang penunjangan yang diperoleh dari gambar B-2 buku Pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang 1983 maka tiang diperhitungkan sebagai tiang panjang demikian pula sebaliknya.

Tiang pancang yang digunakan penulis pada perencanaan ini panjangnya 12 m

#### **Contoh Perhitungan :**

Data perencanaan pondasi as-1 frame 3

$$P = 301.74 \text{ ton}$$

$$M_x = 22.20 \text{ ton meter}$$

$$M_y = 28.64 \text{ ton meter}$$

$$H_x = 6.86 \text{ ton}$$

$$H_y = 7.62 \text{ ton}$$

Penyelesaian :

Perhitungan daya dukung ijin tiang :

$$C_{n1} = \frac{58 + 240 + 240}{3} = 179.3$$

$$C_{n2} = \frac{58 + 240 + 240}{3} = 179.3$$

$$C_{n3} = \frac{58 + 5 + 7 + 15 + 6}{5} = 18.2$$

$$C_{n_{\text{tulang}}} = \frac{0.5(179.3 + 179.3) + 18.2}{2} = 98.77$$

Daya dukung akibat tekanan konus :

$$Q_c = 98.77 (0.25 \times 3.14 \times 50^2) = 193829.6 \text{ kg}$$

Perhitungan cleef rata-rata :

Tiang dibagi menjadi 4 bagian :

$$1, \quad 0 - 3 \text{ m} \quad = \frac{110 - 0}{300} = 0.367 \text{ kg/cm}^2$$

$$2, \quad 3 - 6 \text{ m} \quad = \frac{400 - 110}{300} = 0.967 \text{ kg/cm}^2$$

$$3, \quad 6 - 9 \text{ m} \quad = \frac{540 - 400}{300} = 0.467 \text{ kg/cm}^2$$

$$4, \quad 9 - 12 \text{ m} \quad = \frac{620 - 540}{300} = 0.267 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Keliling tiang} : 3.14 \times 50 = 157.08 \text{ cm}$$

maka daya dukung akibat jumlah lekatan :

$$Q_s = \frac{157.08}{4} [(300 \times 0.367) + (300 \times 0.967) + (300 \times 0.467) + (300 \times 0.267)] \\ = 24363.108 \text{ kg}$$

daya dukung total :

$$Q_{\text{tot}} = \frac{193829.6}{3} + \frac{24363.108}{5} = 69482.49 \text{ kg} = 69.5 \text{ ton}$$

Rencana jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{P_u}{P_{jmltiang}} = \frac{301.74}{69.5} = 4.34 \approx 5$$

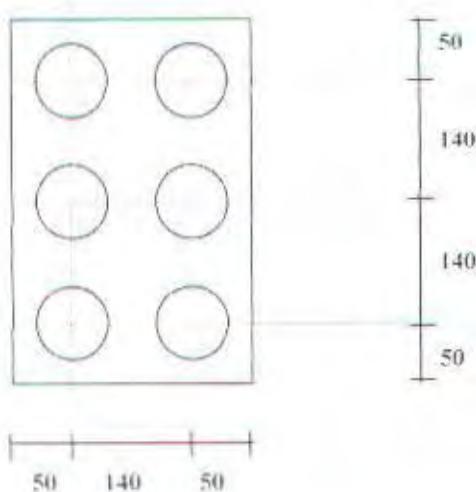
dengan memperhitungkan berat poer dan gaya momen pada tiang pancang maka direncanakan jumlah tiang pancang = 6 buah

Rencana jarak as ke tiang pancang :

$$S_{min} = \frac{1.57 \times 0.5 \times 3 \times 2 - 2 \times 0.5}{3 + 2 - 2} = 1.24 \text{ m}$$

Direncanakan S = 1.40 m

Jadi tidak memperhitungkan efisiensi, sehingga efisiensi = 1



Gambar 9.1. Penampang Tiang Pancang

Ukuran Pile Cap =  $380 \times 240 \times 80 \text{ cm}$  (berat jenis beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$ )

Gaya normal rencana:

- Beban bangunan + gempa = 301.74 ton
  - Berat Poer =  $3.8 \times 2.4 \times 0.8 \times 2.400 = 17.51 \text{ ton}$
- Berat total = 319.25 ton

Beban maksimum tiang :

$$P_{maks} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y N_{max}}{nV \sum x^2} + \frac{M_x V_{max}}{nV \sum y}$$

dimana :

$$P_{maks} = \frac{319.25}{6} + \frac{28.64 \times 0.7}{6 \times 0.7^2} + \frac{22.20 \times 1.4}{4 \times 1.4^2}$$

$$= 63.99 \approx 64 \text{ ton} < P_{ijin 1 \text{ tiang}} = 69.5 \text{ ton}$$

- Kontrol tiang terhadap gaya lateral

Berdasarkan jumlah kemampuan masing-masing tiang:

Gaya lateral yang bekerja:  $H_x = 6.86 \text{ ton}$

$$H_y = 7.62 \text{ ton}$$

$$H_{tot} = \sqrt{6.86^2 + 7.62^2} = 10.25 \text{ ton}$$

Momen leleh bahan Mult = 15.75 ton meter (brosur WIKA), checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah dengan rumus :

$$C_r = 0.5 c C_u$$

$C_u$  = kekuatan kohesi tanah

Harga  $C_u$  diperoleh = 0.160 ton/m<sup>2</sup>, dengan demikian harga

$$C_r = 0.5 \times 0.160 = 0.8 \text{ ton/m}^2$$

Dalam satu titik terdapat 6 tiang, sehingga harga  $H = \frac{10.25}{6} = 1.7 \text{ ton}$

Sehingga kategori panjang tiang dapat dihitung

$$f = \frac{H}{9.C_r.D} = \frac{1.7}{9 \times 0.8 \times 0.5} = 0.47$$

$$L_1 = f + 1.5D = 0.47 + 1.5 \times 0.5 = 1.22 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 1.22 = 2.684 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 12 m > 2.684 m, jadi termasuk dalam kategori tiang panjang.

Kuat geser tanah

$$\begin{aligned} H_{\text{tanah, tiang}} &= 9 \cdot C_u D (L - 1.5D) \\ &= 9 \times 0.160 \times 50 \times (1200 - 1.5 \cdot 50) = 81000 \text{ kg} \\ &= 81 \text{ ton} > H \text{ yang terjadi} = 1.7 \text{ ton} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi :

$$H_u = 1.7 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{yield, terjadi}} &= H_u (1.5D + 0.5f) \\ &= 1700 \times (1.5 \cdot 50 + 0.5 \cdot 47) = 167450 \text{ kgcm} \\ &= 1.67 \text{ tm} < M_{\text{yield, tiang}} = 15.75 \text{ tm} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

## 8.5. PERENCANAAN POER

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

### 8.5.1. Kontrol Geser Pons Pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer harys dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi berdasar SKSNI 1991 pasal 3.4.11 butir 2.

Harga  $V_n$  tidak boleh lebih besar dari  $V_c$

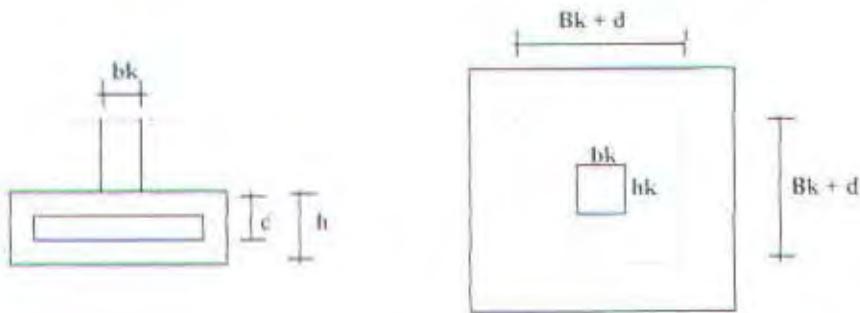
$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) b o d \text{ atau}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b o d$$

$\beta c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat

$$\beta c = \frac{800}{800} = 1 \text{ (kolom bujursangkar)}$$

$b_0$  = keliling dari penampang kritis poer =  $2(bk + d) = 2(hk + d)$



Gambar 9.2. Penampang Kritis Poer

- Contoh Perhitungan Geser Pons Pada Poer

Data-data poer dan gaya dalam yang bekerja :

Beban  $P_u = 301.74 \text{ ton}$

$V_u = 30.17 \text{ ton}$

Mutu beton  $f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$

Mutu baja  $f_y = 320 \text{ Mpa}$

Tebal poer  $h = 800 \text{ mm}$

Tul. Utama = D25

Decking = 70 mm

Tinggi efektif  $d = 800 - 70 - 25 - 0.5 \times 25 = 692.5 \text{ mm}$

$$B_0 = 2(800 + 800 + 2 \times 692.5) = 5970 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = (1 + \frac{2}{1.0})(\frac{\sqrt{30}}{6}) \times 5970 \times 692.5$$

$$= 11322041.45 \text{ N} = 1132.2 \text{ ton}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 5970 \times 692.5$$

$$= 7548027.6 \text{ N} = 754.8 \text{ ton (menentukan)}$$

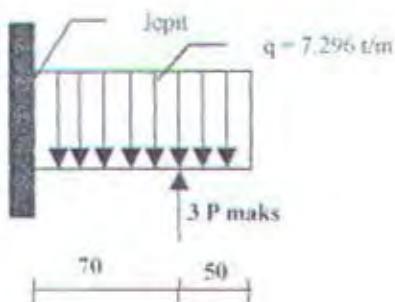
$$\phi V_c = 0.6 \times 754.8 = 452.88 \text{ ton} > 30.17 \text{ ton ... OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.

### 8.5.2. Penulangan Lentur

Untuk perhitungan 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 Y



Dimana  $P_{maks} = 64 \text{ ton}$

$$q = 0.8 \times 3.8 \times 2.4 = 7.296 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= (3 \times P_{maks}) \times 0.7 - 1/2 \times q \times l^2 \\ &= (3 \times 64) \times 0.7 - 1/2 \times 7.296 \times (1.2)^2 \\ &= 129.15 \text{ tm} = 1.3 \cdot 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$dy = 800 - 70 - 25 - 0.5 \times 25 = 692.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{1.3 \cdot 10^9}{0.8 \times 2400 \times 692.5^2} = 1.41 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 \cdot f'_c}} \right) \\ \rho &= \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.41}{0.85 \times 30}} \right) = 0.0045 > \rho_{min} \end{aligned}$$

Jadi dipakai  $\rho = 0.0045$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0.0045 \times 240 \times 69.25$$

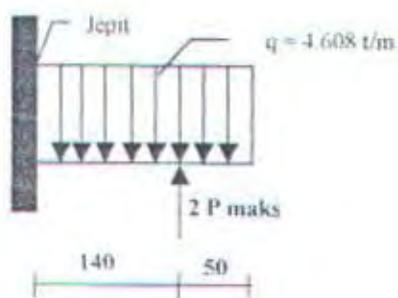
$$= 74.79 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan 16 D.25 (As ada =  $78.5 \text{ cm}^2$ )

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{240 - (2 \times 7)}{16} = 14.125 \text{ cm}$$

Dipakai jarak pemasangan tulangan = 10 cm

- Penulangan arah X



Dimana  $P_{\text{maks}} = 64 \text{ ton}$

$$q = 0.8 \times 2.4 \times 2.4 = 4.608 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{UX}} = (2 \times P_{\text{maks}}) \times 1.4 - \frac{1}{2} \times q \times l^2$$

$$= (2 \times 64) \times 1.4 - \frac{1}{2} \times 4.608 \times (1.9)^2$$

$$= 170.9 \text{ tm} = 1.709 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$d_y = 800 - 70 - 25 - 0.5 \times 25 = 692.5 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{1.709 \cdot 10^9}{0.8 \times 3800 \times 692.5^2} = 1.172$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c'}^t} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$$

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

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 \cdot f_{c'}^t}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.172}{0.85 \times 30}} \right) = 0.0037 < \rho_{\min}$$

jadi dipakai  $\rho = 0.004375$

As perlu  $= \rho \cdot b \cdot d$

$$= 0.004375 \times 380 \times 69.25$$

$$= 115.13 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 24 D 25 (As ada = 117.75 cm<sup>2</sup>)

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{380 - (2 \times 14)}{24} = 14.67 \text{ cm}$$

Dipakai jarak pemasangan tulangan = 12 cm

### 8.5.3. Perhitungan Geser Pada Penampang Kritis

Geser yang terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokkan tulangan utama D25 ke atas.

Contoh Perhitungan

Tulangan geser = D25 ,  $A_v = 2 \times 490.625 = 981.25 \text{ mm}^2$

Pmaks 1 tiang = 64 ton

Penampang kritis =  $(bk + d)/2 = (800 + 692.5)/2 = 746.25 \text{ mm}$  dari pusat kolom

Decking (dc) = 7 cm  $d'' = 7 + 2 \text{ D tul. Utama} = 12 \text{ cm}$

- Penulangan arah Y

$V_u = 3 \times p_{max} - ql$

$$= 3 \times 64 - 7.296 \times 1.2$$

$$= 183.245 \text{ ton} = 1832450 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$= 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 2400 \times 692.5$$

$$= 910314.89 \text{ N}$$

Spasi maksimum tulangan geser

$$S \text{ perlu} = \frac{\phi \cdot Av \cdot fy \cdot d}{(Vu - \phi Vc)}$$

$$S \text{ perlu} = \frac{0.6 \times 981.25 \times 320 \times 692.5}{1832450 - 910314.89}$$

$$= 141.483 \text{ mm} = 14.15 \text{ cm}$$

$$S \text{ ada} = \frac{B_{pmax} - 2 \cdot d''}{n_{bil \text{ pmax}}} - 1$$

$$= \frac{240 - 2 \times 12}{16 - 1} = 14.4 \text{ cm}$$

- Penulangan arah X

$$Vu = 2 \times p_{max} - ql$$

$$= 2 \times 64 - 4.608 \times 1.9$$

$$= 119.245 \text{ ton} = 1192450 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$= 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 3800 \times 692.5$$

$$= 1441331.9 \text{ N}$$

Spasi maksimum tulangan geser

$$S \text{ perlu} = \frac{\phi \cdot Av \cdot fy \cdot d}{(Vu - \phi Vc)}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0.6 \times 981.25 \times 320 \times 692.5}{1192450 - 1441331.9}$$

$$= 16.4 \text{ cm}$$

$$S_{\text{ada}} = \frac{B_{\text{max}} - 2.d^*}{n_{\text{m刹那}} - 1}$$

$$= \frac{380 - 2 \times 12}{24 - 1} = 15.47 \text{ cm} < S_{\text{perlu}} \dots \text{OK}$$

## 8.6. PERENCANAAN SLOOF (TIE BEAM)

Struktur Sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi, atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antara pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10 % beban aksial kolom dan beban akibat uplift tanah.

### 8.6.1. Dimensi Sloof

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar :

$$f_t = f_{ct} = 0.70 \sqrt{f_c'}$$

Contoh Perhitungan :

Data perencanaan :

$$P_u = 301,74 \times 10\% = 30,174 \text{ ton}$$

$$f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{30} = 3.83 \text{ Mpa}$$

direncanakan  $b = 300 \text{ mm}$

$$h = \frac{301740}{0.8 \times 300 \times 3.83} = 328.26 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

#### 8.6.2. Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan. Beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan pada kolom.

Adapun beban pada sloof:

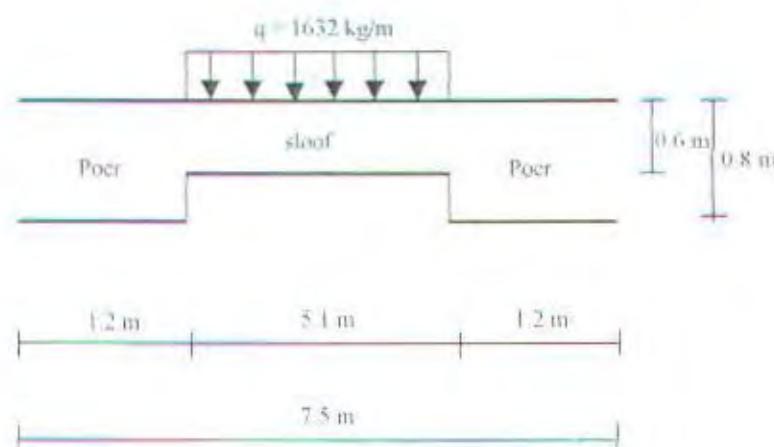
- Berat sendiri sloof
- Beban tembok

Contoh perhitungan:

- Ukuran sloof =  $30 \times 50 \text{ cm}$
- Mutu beton  $f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$
- Mutu tulangan  $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- decking (dc) =  $50 \text{ mm}$  PB 89 pasal 7.7.1
- tulangan utama = D25
- tulangan sengkang = D12

Beban yang diterima sloof :

- Berat aksial  $N_u = 30.174 \text{ ton} = 301740 \text{ N}$
- Berat sendiri sloof  $= 0.3 \times 0.5 \times 2400 \times 1.2 = 432 \text{ kg/m}$
- Berat tembok  $= 250 \times 4 \times 1.2 = 1200 \text{ kg/m}$
- $q_u = 432 + 1200 = 1632 \text{ kg/m}$



Gambar 9.3 Pembebanan pada sloof

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{12} \cdot qu \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 16320 \times 5.1^2 \\ &= 35373.6 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_e &= \frac{P_u}{Ag} \\ &= \frac{301740}{300 \times 500} = 2.01 \end{aligned}$$

$$K_e \frac{e}{h} = \frac{Mu}{Ag \cdot h}$$

$$= \frac{35373.6}{(300 \times 500)500} = 0.47$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi didapat harga  $\rho = 0.01$

Sehingga  $As = \rho \cdot Ag$

$$= 0.01 \times 300 \times 500$$

$$= 1500 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 4D25 ( $As \text{ ada} = 1962.5 \text{ mm}^2$ )

### 8.6.3. Penulangan Geser dan Torsi

Besarnya gaya geser pada sloof:

$$= qu = 1632 \text{ kg/m}$$

$$= Vu = \frac{1}{2} \times 16320 \times 5.1$$

$$= 41616 \text{ N}$$

$$= d = 500 - 50 - 12 - 25/2$$

$$= 425.5 \text{ mm}$$

Kuat geser normminal geser yang mampu dipikul beton:

$$\varphi Vc = \varphi \frac{\sqrt{f'_c}}{6} bw d \left[ 1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right]$$

$$= 0.6 \times \frac{\sqrt{30}}{6} \times 300 \times 425.5 \times \left[ 1 + \frac{301740}{14 \times 300 \times 500} \right]$$

$$= 79962.83 \text{ N}$$

$$Vu = 41616 \text{ N} < \varphi Vc = 79962.83 \text{ N}$$

Tidak diperlukan tulangan geser, hanya dipasang tul.praktis saja.

Jadi dipasang tulangan geser  $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

### 8.7. Perhitungan Pondasi Shear Wall :

Data perencanaan pondasi

$$P = 456.3 \text{ ton}$$

$$M_x = 109.6 \text{ ton meter}$$

$$M_y = 31.15 \text{ ton meter}$$

$$H_x = 38.6 \text{ ton}$$

$$H_y = 12.23 \text{ ton}$$

Penyelesaian :

Perhitungan daya dukung ijin tiang :

$$C_{n1} = \frac{58 + 240 + 240}{3} = 179.3$$

$$C_{n2} = \frac{58 + 240 + 240}{3} = 179.3$$

$$C_{n3} = \frac{58 + 5 + 7 + 15 + 6}{5} = 18.2$$

$$C_{n\text{rata-rata}} = \frac{0.5(179.3 + 179.3) + 18.2}{2} = 98.77$$

Daya dukung akibat tekanan konus :

$$Q_c = 98.77 (0.25 \times 3.14 \times 50^2) = 193829.6 \text{ kg}$$

Perhitungan cleef rata-rata :

Tiang dibagi menjadi 4 bagian :

$$5. \quad 0 - 3 \text{ m} = \frac{110 - 0}{300} = 0.367 \text{ kg/cm}^2$$

$$6. \quad 3 - 6 \text{ m} = \frac{400 - 110}{300} = 0.967 \text{ kg/cm}^2$$

$$7. \quad 6 - 9 \text{ m} = \frac{540 - 400}{300} = 0.467 \text{ kg/cm}^2$$

$$8. \quad 9 - 12 \text{ m} = \frac{620 - 540}{300} = 0.267 \text{ kg/cm}^2$$

Keliling tiang :  $3.14 \times 50 = 157.08 \text{ cm}$

maka daya dukung akibat jumlah lekatan :

$$Q_s = \frac{157.08}{4} [(300 \times 0.367) + (300 \times 0.967) + (300 \times 0.467) + (300 \times 0.267)] \\ = 24363.108 \text{ kg}$$

daya dukung total :

$$Q_{\text{jin}} = \frac{193829.6}{3} + \frac{24363.108}{5} = 69482.49 \text{ kg} = 69.5 \text{ ton}$$

Rencana jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{P_u}{P_{\text{ijin tiang}}} = \frac{456.3}{69.5} = 6.86 \approx 14$$

dengan memperhitungkan berat poer dan gaya momen pada tiang pancang maka direncanakan jumlah tiang pancang = 14 buah

Rencana jarak antar tiang pancang :

$$S_{\min} = \frac{1.57 \times 0.5 \times 7 \times 2 - 2 \times 0.5}{7 + 2 - 2} = 1.4 \text{ m}$$

Direncanakan  $S = 1.40 \text{ m}$

Jadi tidak memperhitungkan effisiensi, sehingga effisiensi = 1

Ukuran Pile Cap =  $940 \times 240 \times 80 \text{ cm}$  (berat jenis beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$ )

Gaya normal rencana:

- Beban bangunan + gempa = 456.3 ton
- Berat Poer =  $9.4 \times 2.4 \times 0.8 \times 2.400 = 43.3 \text{ ton}$
- Berat total = 499.6 ton

Beban maksimum tiang :

$$P_{maks} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \sum x^2} + \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \sum y}$$

dimana :

$$P_{maks} = \frac{499.6}{14} + \frac{15.73 \times 0.7}{14 \times 0.7^2} + \frac{109.6 \times 4.2}{12 \times 109.76^2}$$

$$= 38.9 \text{ ton} < P \text{ ijin 1 tiang}$$

- Kontrol tiang terhadap gaya lateral

Berdasarkan jumlah kemampuan masing-masing tiang:

Gaya lateral yang bekerja:  $H_x = 38.6 \text{ ton}$

$$H_y = 12.23 \text{ ton}$$

$$H_{tot} = \sqrt{38.6^2 + 12.23^2} = 40.5 \text{ ton}$$

Momen leleh bahan Mult = 15.75 ton meter (brosur WIKA), checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah dengan rumus :

$$C_r = 0.5 c C_u$$

$C_u$  = kekuatan kohesi tanah

Harga  $C_u$  diperoleh = 0.160 ton/m<sup>2</sup>, dengan demikian harga

$$C_r = 0.5 \times 0.160 = 0.8 \text{ ton/m}^2$$

Dalam satu titik terdapat 6 tiang, sehingga harga  $H = \frac{40.5}{14} = 2.89 \text{ ton}$

Sehingga kategori panjang tiang dapat dihitung

$$f = \frac{H}{9.C_r.D} = \frac{2.89}{9 \times 0.8 \times 0.5} = 0.8$$

$$L_1 = f + 1.5D = 0.8 + 1.5 \times 0.5 = 1.63 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 1.63 = 3.6 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 12 m > 3.6 m, jadi termasuk dalam kategori tiang panjang.

Kuat geser tanah

$$H_o \text{ untuk 1 tiang} = 9.Cu D (L-1.5D)$$

$$= 9 \times 0.160 \times 50 \times (1200 - 1.5 \cdot 50) = 81000 \text{ kg}$$

$$= 81 \text{ ton} > H \text{ yang terjadi} = 2.89 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

Momen yang terjadi :

$$Hu = 2.89 \text{ ton}$$

$$M_{yield\ terjadi} = Hu (1.5D + 0.5f)$$

$$= 2890 \times (1.5 \cdot 50 + 0.5 \cdot 80) = 380800 \text{ kgcm}$$

$$= 3.8 \text{ tm} < M_{yield\ tiang} = 15.75 \text{ tm} \dots \text{OK}$$

### 8.7.1. Perencanaan Poer

- Perhitungan Geser Pons Pada Poer

Data-data poer dan gaya dalam yang bekerja :

$$\text{Beban} \quad P_u = 456.3 \text{ ton}$$

$$V_u = 45.6 \text{ ton}$$

$$\text{Mutu beton} \quad f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja} \quad f_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal poer} \quad h = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Utama} \quad = D25$$

$$\text{Decking} \quad = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif } d = 800 - 70 - 25 - 0.5 \times 25 = 692.5 \text{ mm}$$

$$B_o = 2(800 + 800 + 2 \times 692.5) = 5970 \text{ mm}$$

$$V_{cf} = \left(1 + \frac{2}{1.0}\right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 5970 \times 692.5$$

$$= 11322041.45 \text{ N} = 1132.2 \text{ ton}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 5970 \times 692.5$$

$$= 7548027.6 \text{ N} = 754.8 \text{ ton (menentukan)}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 754.8 = 452.88 \text{ ton} > 45.6 \text{ ton ... OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.

#### 8.7.1.1. Penulangan Lentur

- Penulangan arah Y

Dimana  $P_{maks} = 38.9 \text{ ton}$

$$q = 0.8 \times 9.4 \times 2.4 = 18.048 \text{ t/m}$$

$$M_{uy} = (3 \times P_{maks}) \times 0.7 - 1/2 \times q \times l^2$$

$$= (3 \times 38.9) \times 0.7 - \frac{1}{2} \times 18.048 \times (1.2)^2$$

$$= 68.7 \text{ tm} = 0.68 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$dy = 800 - 70 - 25 - 0.5 \times 25 = 692.5 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{0.68 \cdot 10^9}{0.8 \times 2400 \times 692.5^2} = 0.74$$

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

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

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0.85 \cdot fc'}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.74}{0.85 \times 30}} \right) = 0.0023 < \rho_{\min}$$

jadi dipakai  $\rho = 0.004375$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0.004375 \times 240 \times 69.25$$

$$= 72.7 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 16 D 25 (As ada =  $78.5 \text{ cm}^2$ )

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{240 - (2 \times 7)}{16} = 14.125 \text{ cm}$$

Dipakai jarak pemasangan tulangan = 10 cm

- Penulangan arah X

Dimana  $P_{\max} = 38.9 \text{ ton}$

$$q = 0.8 \times 2.4 \times 2.4 = 4.608 \text{ t/m}$$

$$M_{\max} = (2 \times P_{\max}) \times 1.4 - \frac{1}{2} \times q \times l^2$$

$$= (2 \times 38.9) \times 1.4 - \frac{1}{2} \times 4.608 \times (1.9)^2$$

$$= 100.6 \text{ tm} = 1.0 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$dy = 800 - 70 - 32 - 0.5 \times 32 = 682 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{1.006 \cdot 10^9}{0.8 \cdot 9400 \cdot 682^2} = 0.28$$

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

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f'_v} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0.85fc^2}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.28}{0.85 \times 30}} \right) = 0.0008 < \rho_{\min}$$

jadi dipakai  $\rho = 0.004375$

As perlu =  $\rho \cdot b \cdot d$

$$= 0.004375 \times 940 \times 68.2$$

$$= 280.5 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 36 D 32 (As ada = 289.38 cm<sup>2</sup>)

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{940 - (6 \times 14)}{36} = 23.7 \text{ cm}$$

Dipakai jarak pemasangan tulangan = 20 cm

#### 8.7.1.2. Perhitungan Geser Pada Penampang Kritis :

Tulangan geser = D25,  $A_v = 2 \times 490.625 = 981.25 \text{ mm}^2$

Pmaks 1 tiang = 64 ton

Penampang kritis =  $(bk + d)/2 = (800 + 692.5)/2 = 746.25 \text{ mm}$  dari pusat kolom

Decking (dc) = 7 cm  $d'' = 7 + 2 D$  tul. Utama = 12 cm

- Penulangan arah Y

$$V_u = 3 \times p_{max} - ql$$

$$= 3 \times 64 - 7.296 \times 1.2$$

$$= 183.245 \text{ ton} = 1832450 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$= 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 2400 \times 692.5$$

$$= 910314.89 \text{ N}$$

Spasi maksimum tulangan geser

$$S_{\text{perlu}} = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0.6 \times 981.25 \times 320 \times 692.5}{1832450 - 910314.89}$$

$$= 141.483 \text{ mm} = 14.15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{per}} - 2 \cdot d''}{n_{\text{bil. ulama}} - 1} \\ &= \frac{240 - 2 \times 12}{16 - 1} = 14.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Penulangan arah X

$$V_u = 2 \times p_{\text{max}} - q_l$$

$$= 2 \times 64 - 4.608 \times 1.9$$

$$= 119.245 \text{ ton} = 1192450 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 3800 \times 692.5$$

$$= 1441331.9 \text{ N}$$

Spasi maksimum tulangan geser

$$S_{\text{perlu}} = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0.6 \times 981.25 \times 320 \times 692.5}{1192450 - 1441331.9}$$

$$= 16.4 \text{ cm}$$

$$S_{\text{ada}} = \frac{B_{\text{poker}} - 2.d^n}{n_{\text{tul}, \text{stapler}}} - 1$$

$$= \frac{380 - 2 \times 12}{24 - 1} = 15.47 \text{ cm} < S \text{ perlu} \dots \text{OK}$$

#### 8.7.1.3. Perhitungan Dimensi Sloof :

Data perencanaan :

$$P_u = 456,3 \times 10\% = 45,6 \text{ ton}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

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

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{30} = 3.83 \text{ Mpa}$$

direncanakan  $b = 300 \text{ mm}$

$$h = \frac{456300}{0.8 \times 300 \times 3.83} = 496.4 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

#### 8.7.1.4. Perhitungan Penulangan Lentur Sloof :

- Ukuran sloof =  $30 \times 50 \text{ cm}$
- Mutu beton  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- Mutu tulangan  $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- decking (dc) =  $50 \text{ mm}$  PB 89 pasal 7.7.1
- tulangan utama = D25
- tulangan sengkang = D12

Beban yang diterima sloof :

- Berat aksial  $N_u = 45,6 \text{ ton} = 456300 \text{ N}$
- Berat sendiri sloof =  $0.3 \times 0.5 \times 2400 \times 1.2 = 432 \text{ kg/m}$
- Berat tembok =  $250 \times 4 \times 1.2 = 1200 \text{ kg/m}$
- $q_u = 432 + 1200 = 1632 \text{ kg/m}$

$$Mu = \frac{1}{12} \cdot qu \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 16320 \times 5,1^2$$

$$= 35373,6 \text{ Nm}$$

$$K_e = \frac{P_u}{Ag}$$

$$= \frac{456300}{300 \times 500} = 3,042$$

$$K_e = \frac{Mu}{Ag \cdot h}$$

$$= \frac{35373,6}{(300 \times 500)500} = 0,47$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi didapat harga  $\rho = 0,01$

Sehingga  $As = \rho \cdot Ag$

$$= 0,01 \times 300 \times 500$$

$$= 1500 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 4D25 ( $As \text{ ada} = 1962,5 \text{ mm}^2$ )

#### 8.7.1.5. Penulangan Geser dan Torsi

Besarnya gaya geser pada sloof:

$$- qu = 1632 \text{ kg/m}$$

$$- Vu = \frac{1}{2} \times 16320 \times 5,1$$

$$= 41616 \text{ N}$$

$$- d = 500 - 50 - 12 - 25/2$$

$$= 425,5 \text{ mm}$$

Kuat geser normminal geser yang mampu dipikul beton :

$$\begin{aligned}\varphi \cdot V_c &= \varphi \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \cdot b_w \cdot d \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 0.6 \times \frac{\sqrt{30}}{6} \times 300 \times 425.5 \times \left[ 1 + \frac{456300}{14 \times 300 \times 500} \right] \\ &= 85108.7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u = 41616 \text{ N} < \varphi V_c = 85108.7 \text{ N}$$

Tidak diperlukan tulangan geser, hanya dipasang tul.praktis saja.

Jadi dipasang tulangan geser  $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

## **BAB IX**

### **PELAKSANAAN**

## BAB IX

### PELAKSANAAN

#### 9.1. UMUM

Dalam bab pelaksanaan ini selain diuraikan mengenai item pekerjaan konstruksi secara garis besar, ditinjau pula mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material precast.

Dalam mencetak elemen struktur precast, ada dua proses yang biasa dilakukan, yaitu :

##### 1. Proses pencetakan secara pabrikasi di industri pracetak

Dengan proses pabrikasi perlu diperhatikan :

- Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat dipakai secara umum dimasyarakat.
- Terbatasnya flexibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen disebabkan harus mengikuti kaidah system dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
- Cara ini memungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik..

##### 2. Proses pencetakan di lapangan/ lokasi proyek

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek local
- 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 drastic 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.

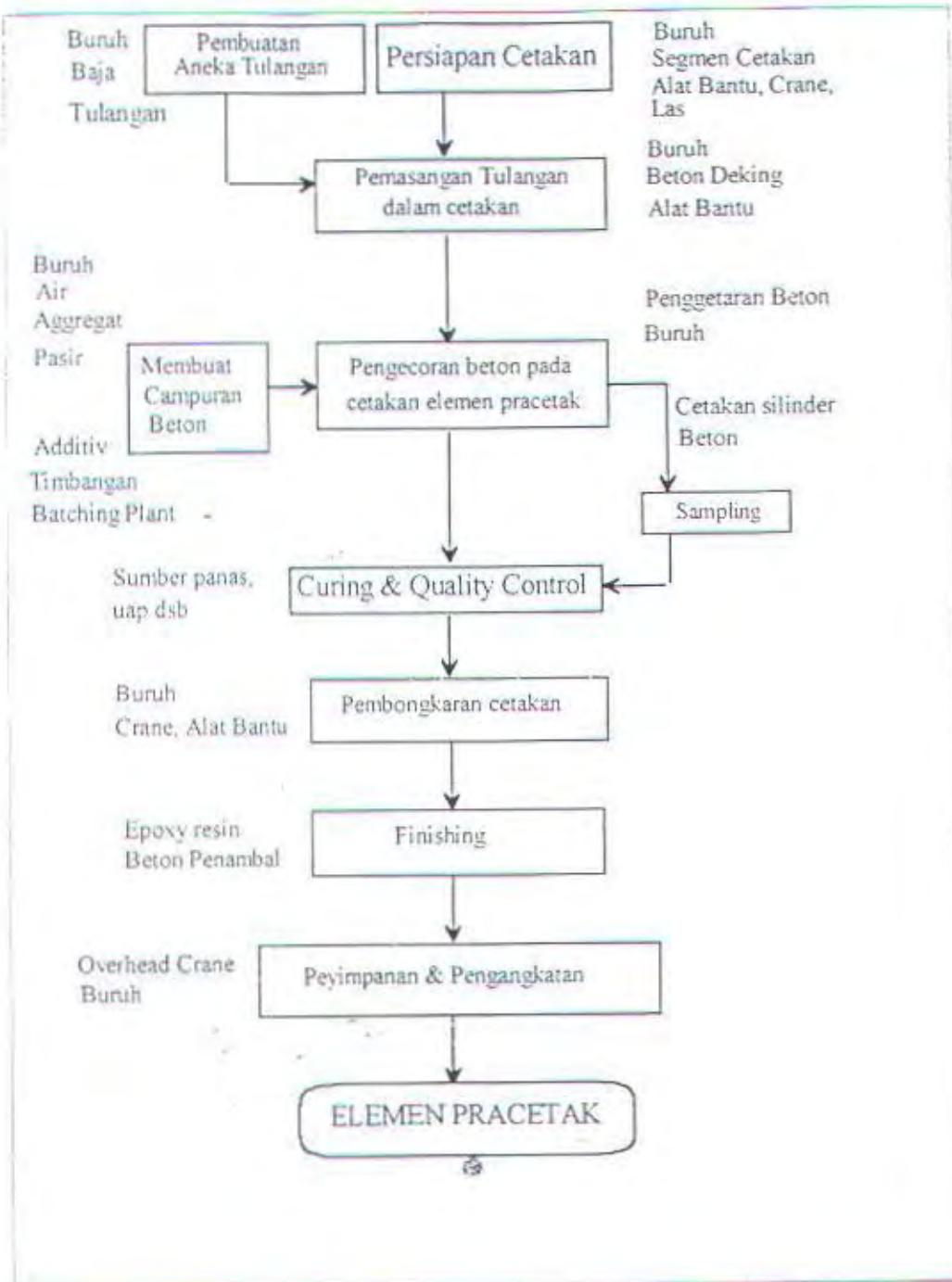
Adapun syarat dari cetakan elemen beton pracetak adalah:

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.

Secara skematis proses produksi elemen beton pracetak dijelaskan dalam bagan

9.1. berikut ini:



Bagan 9.1. Skema Proses Produksi Elemen Beton Pracetak

### 9.3. Pengangkatan Elemen Pracetak

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam hal pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik-titik angkat pada elemen pracetak.
4. Momen yang timbul akibat pengangkatan tidak boleh melebihi momen retak yang disyaratkan.

Hal-hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab-bab terdahulu.

Contoh perhitungan crane :

Pengangkatan balok induk

- Dimensi balok 50 x 68 cm
- Bentang balok : 7.5 m
- Beban P : 100 kg

Pembebanan

Beban mati:

$$\text{- Berat sendiri} = 0.50 \times 0.68 \times 2400 = 852,54 \text{ kg/m}$$

Beban hidup:

$$\text{- Beban pekerja} = 100 \text{ kg}$$

$$q_{DL\ ultimate} = 1.2 \times 852,54 = 1023,04 \text{ kg}$$

$$q_{LL\ ultimate} = 1.6 \times 100 = 160 \text{ kg}$$

Momen ditengah bentang :

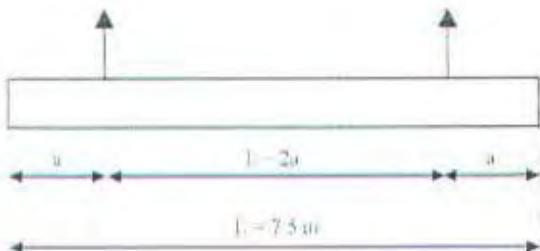
$$M_c = \frac{1}{8}qL^2 + \frac{1}{4}P.L$$

$$= 1/8 \times 1023.04 \times 7.5^2 + 1/4 \times 160 \times 7.5$$

$$= 7493.28 \text{ kgm} < 39920 \text{ kgm} \text{ (Hasil Analisa Struktur)} \dots \text{OK}$$

Metode pengangkatan elemen balok :

Pemodelannya pada saat pengangkatan adalah sebagai berikut :



Gambar 9.2. Pemodelan Pengangkatan Balok Pracetak

Agar pengangkatan elemen balok seimbang, maka momen tumpuan sama dengan momen lapangan untuk mendapatkan nilai a.

$$MI = (1/2 \cdot q \cdot L \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot x^2) - (q \cdot a \cdot (1/2 \cdot a + x)) \dots \dots (2)$$

$q$  = berat sendiri balok ( $\text{kg/m}$ )

Dengan  $dM_x/dx = 0$  maka  $x = (1/2, 1) - a$

$$\text{Didapat : } M_I = M_x = 1/8 \cdot q \cdot L^2 = 1/8 \cdot q \cdot a \cdot L$$

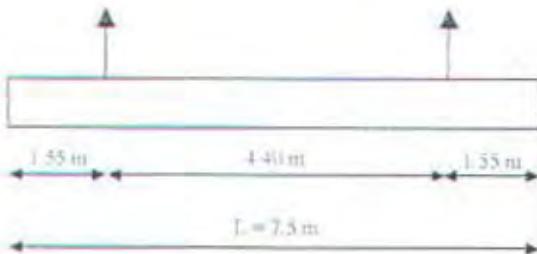
Maka:

Mt - MI

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot a \cdot L$$

didapat :  $a = 0.2071 L$

$$= 1.55 \text{ m}$$



Gambar 9.3. Letak Penempatan Titik Angkat pada Balok Pracetak

Momen yang terjadi pada saat pengangkatan :

$$M = \frac{1}{2} \times 1023.04 \times 1.55^2 = 1228.93 \text{ kgm}$$

Perhitungan tulangan angkat :

$$Vu = \frac{1}{2} (1023.04 + 160) = 591.52 \text{ kg}$$

$$\sigma_{tulangkat} = 320/15 = 21.33 \text{ Mpa} = 2133 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{maka : } \phi_{tulangkat} = \sqrt{\frac{4Vu}{\pi\sigma}} = \sqrt{\frac{4 \times 591.52}{\pi \cdot 2133}} = 0.59 \text{ cm} = 5.9 \text{ mm}$$

dipakai D8 mm

Kontrol Kemampuan crane :

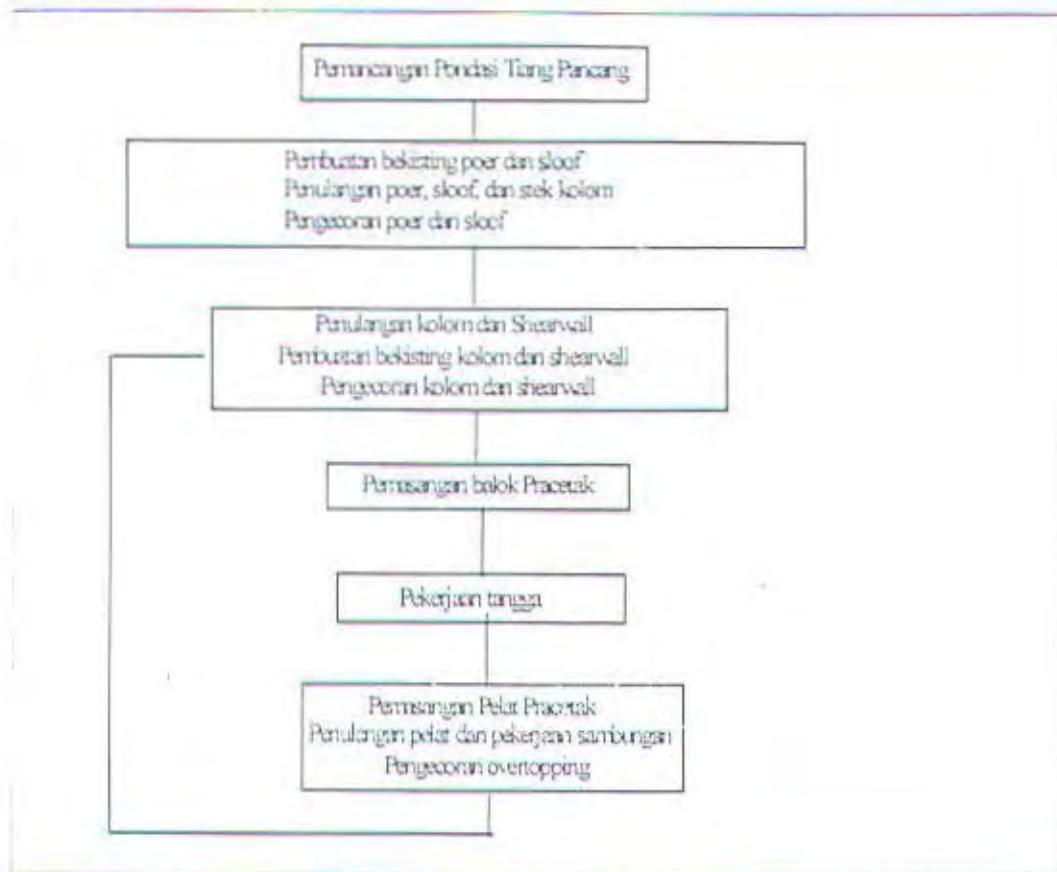
$$W_{balok} = 0.5 \times 0.68 \times 7.5 \times 2400 = 6120 \text{ kg} \text{ (jangkauan crane 29 m = 6150 kg)}$$

#### 9.4. PROSES PEMASANGAN DAN PERAKITAN ELEMEN BETON PRACETAK

Secara Garis besar tahapan-tahapan pelaksanaan proses pemasangan dan perakitan beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan tiang pancang.
2. Pekerjaan poer.
3. Pekerjaan sloof.
4. Pekerjaan kolom
5. Pemasangan elemen balok
6. Pekerjaan elemen tangga
7. Pemasangan elemen pelat
8. Pemasangan besi jarring pada pelat
9. Pengecoran sambungan antara elemen pracetak dan overtopping.

Untuk pekerjaan pada level-level berikutnya adalah berulang (langkah no 4 hingga no 9)



Bagan 9.4. Tahapan-tahapan Pemasangan Elemen Beton Pracetak

#### 9.4.1. Pekerjaan tiang pancang

Alat-alat pemancangan :

1. Crane
2. Mesin pemancang
3. Theodolit

#### 9.4.2. Pekerjaan poer

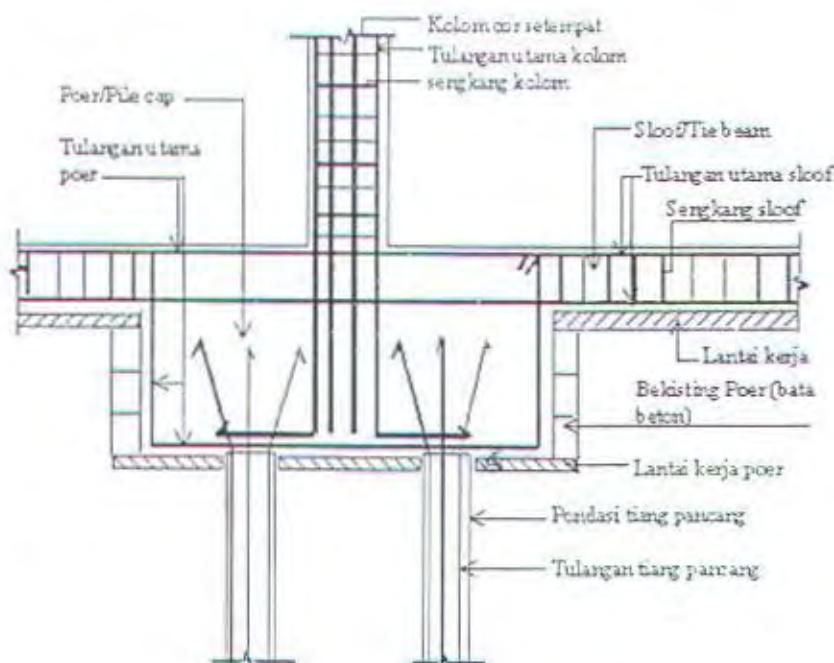
Adapun langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut :

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



Gambar 9.5. Pekerjaan Pondasi

#### 9.4.4. Pekerjaan kolom

Adapun langkah-langkah pekerjaan kolom sebagai berikut :

1. Pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer dan sloof
2. Penulangan kolom
3. Pekerjaan bekisting kolom dipasang setelah tulangan geser dipasang, distud dan selanjutnya setelah semua tulangan terpasang dilakukan pengecoran.

#### 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, dan dilanjutkan dengan balok cueu. 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 Tangga

Adapun langkah-langkah pemasangan elemen tangga sebagai berikut :

1. Pemasangan bekisting tangga
2. Pemasangan tulangan
3. Pekerjaan pengecoran

#### 9.4.7. Pemasangan Elemen Pracetak

Adapun langkah-langkah pemasangan elemen pelat pracetak sebagai berikut :

1. Pemasangan elemen pelat pracetak dipasang setelah balok pracetak terpasang.
2. Penulangan pelat meliputi merakit tulangan susut, lentur negatif (tulangan tumpuan) dan tulangan geser antar pelat.
3. Pengecoran overtopping setebal 4 cm
4. Alat yang dipergunakan adalah crane untuk mengangkat elemen pelat pracetak

Untuk masalah non structural 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 diproyek 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 pracetak. Untuk tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk balok tertentu dimana panjangnya cukup panjang

hingga 30 m dapat dipergunakan truk temple dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Kendala yang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis truk adalah kondisi jalan yang akan meliputi kekuatan jalan, lebar jalan, fasilitas untuk memikung/ 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 pracetak.

#### 9.5.2. Jadwal Pengangkutan atau Pemindahan Komponen Beton Pracetak

Dalam jadwal pengangkutan/ pemindahan perlu dipertimbangkan beberapa 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/ manajikan komponen beton pracetak dari dan ke alat angkut baik diareal pabrik maupun dilokasi proyek.

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

## BAB X

### KESIMPULAN

#### 1. KESIMPULAN

Dalam Tugas akhir ini dihasilkan Modifikasi Struktur Gedung Universitas Widya Mandala Surabaya dengan Metode Pracetak.

Dalam perencanaan ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Ukuran balok terpanjang adalah 7.5 m sehingga disamping diperlukan crane yang besar juga diperlukan alat transportasi yang panjang
2. Sambungan antar elemen bangunan seperti sambungan balok-kolom, balok anak-balok induk diusahakan sedemikian rupa sehingga memenuhi criteria jenis sambungan seperti yang diasumsikan sehingga dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.
3. Penggunaan elemen pracetak, pelaksanaan pekerjaan yang sebagian besar dilaksanakan ditempat lain dapat mempercepat pelaksanaan pembangunan, tetapi hal ini akan membutuhkan keakuratan dalam ukuran maupun penyambungan, sehingga asumsi terhadap struktur desain tidak jauh menyimpang dengan kenyataan dilapangan.
4. Metode pelaksanaan pembangunan sedikit banyak dipengaruhi oleh keadaan lokasi gedung, jenis struktur yang direncanakan maupun waktu yang tersedia
5. Pelaksanaan metode pracetak menjadi suatu hal yang sangat mungkin untuk diterapkan di Indonesia melihat dari metode pelaksanaannya, namun disini diperlukan keahlian dan ketelitian yang tinggi

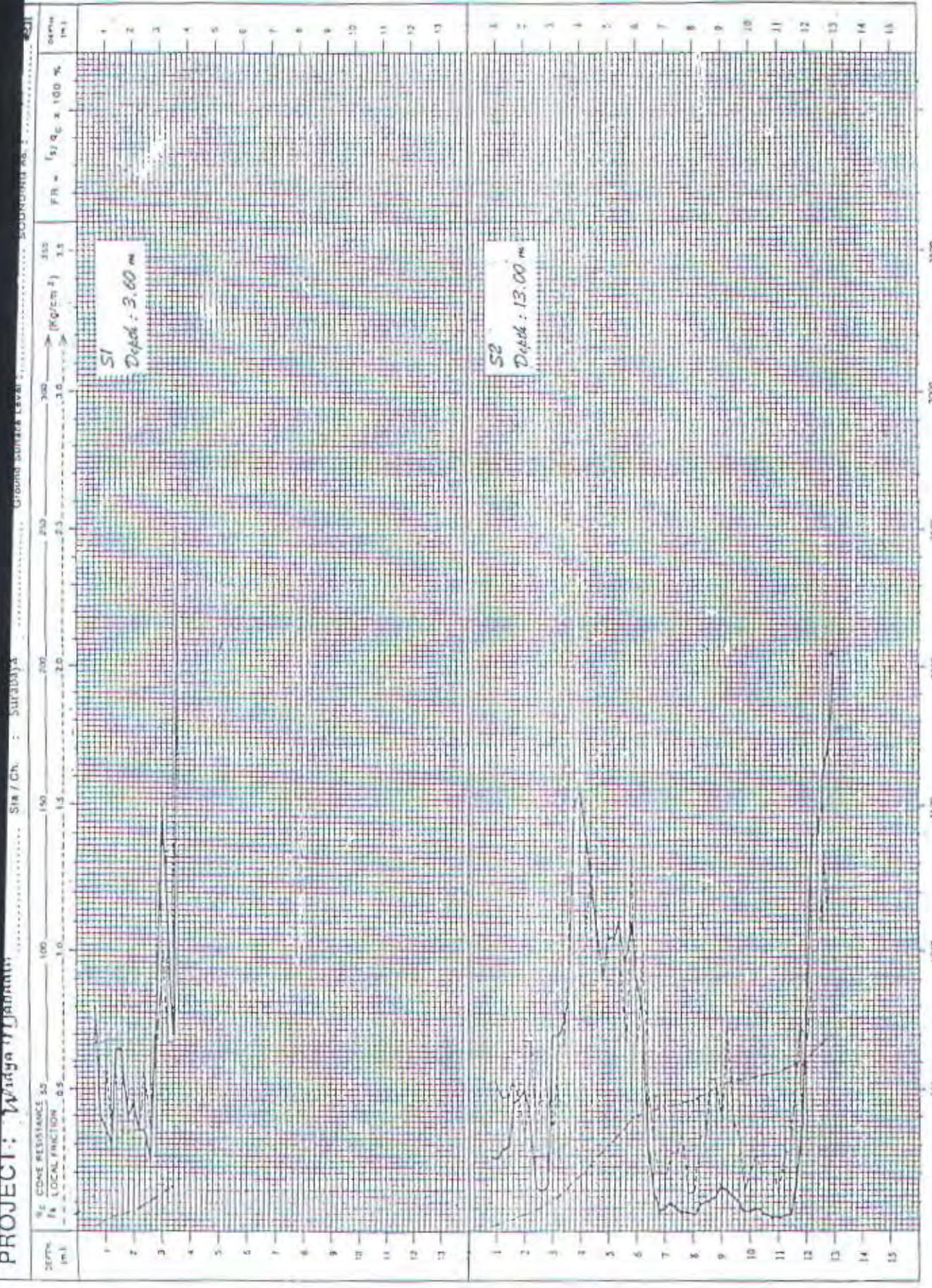
## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum 1991. SKSNI T-15-1991-03, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung", Penerbit Yayasan LPMB, Bandung
2. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. "Buku Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung", Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.
3. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. "Peraturan Pembebatan Indonesia untuk Gedung", Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.
4. Chu-Kia Wang, Charles G Salmon. 1990. "Desain Beton Bertulang 1 & 2", Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. W.C. Vis, Gideon Kusuma. 1994. "Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang I & 2", Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. PCI. 1988. "Design And Typical Details Of Connection For Precast And Prestressed Concrete", PCI Committee on Connection Details, Chicago.
7. PCI. 1988. "PCI Design Handbook Precast And Prestrssed Concrete", PCI Industry Handbook Commite, Chicago.
8. 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.

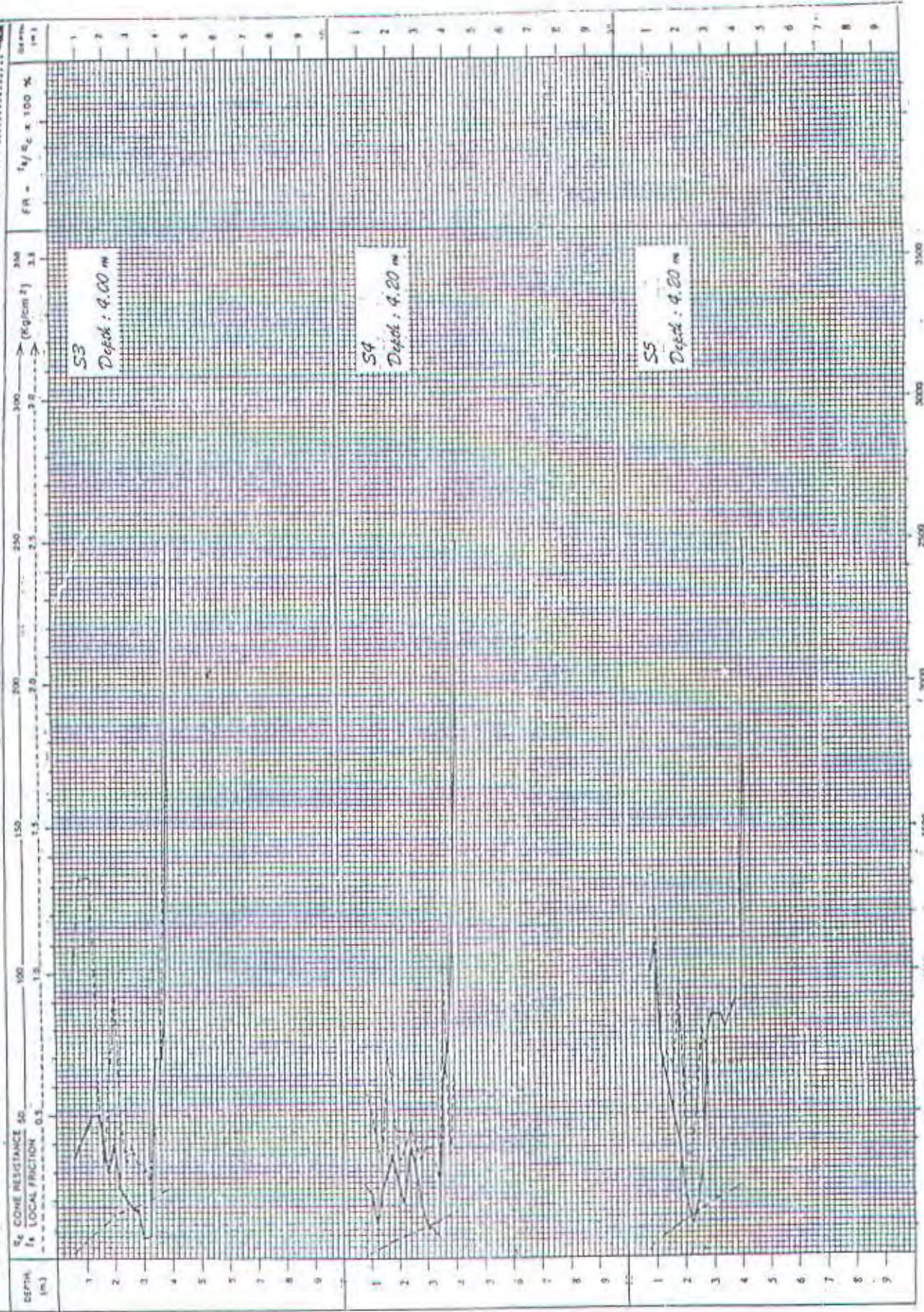
**LAMPIRAN**

**PROJECT:** Vayaga ITI Jamnagar



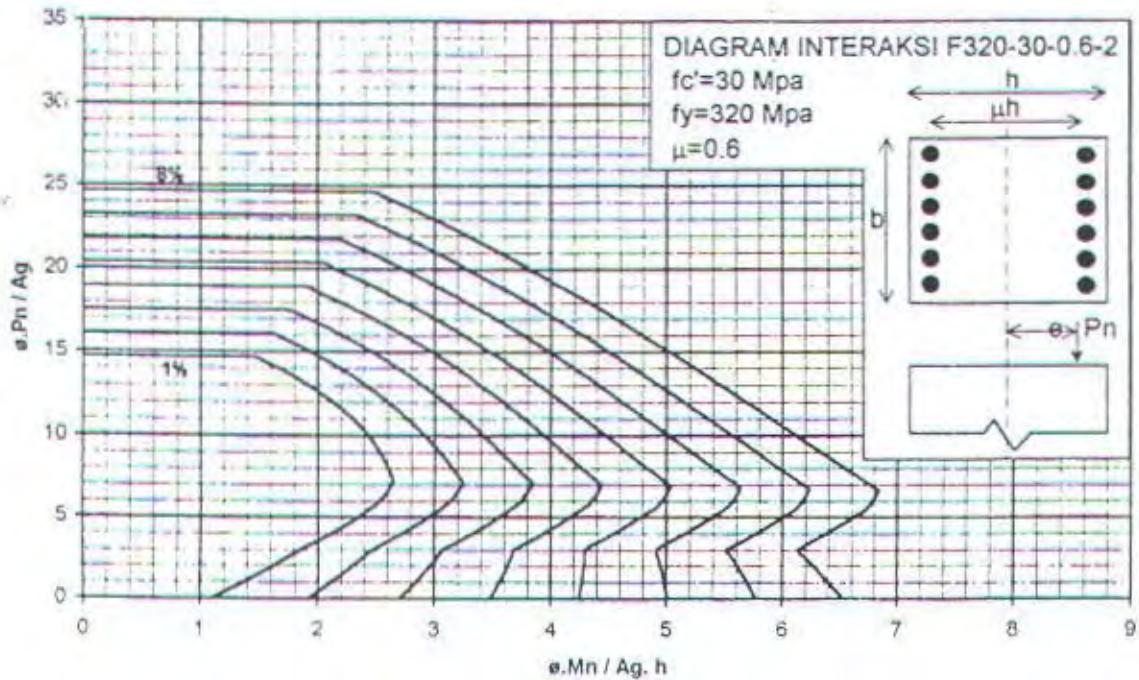
**PROJECT : Piling of Jembatan**

Site / Chn. : Surabaya 4 Ground Surface Level : ... SURROUNDING : ...



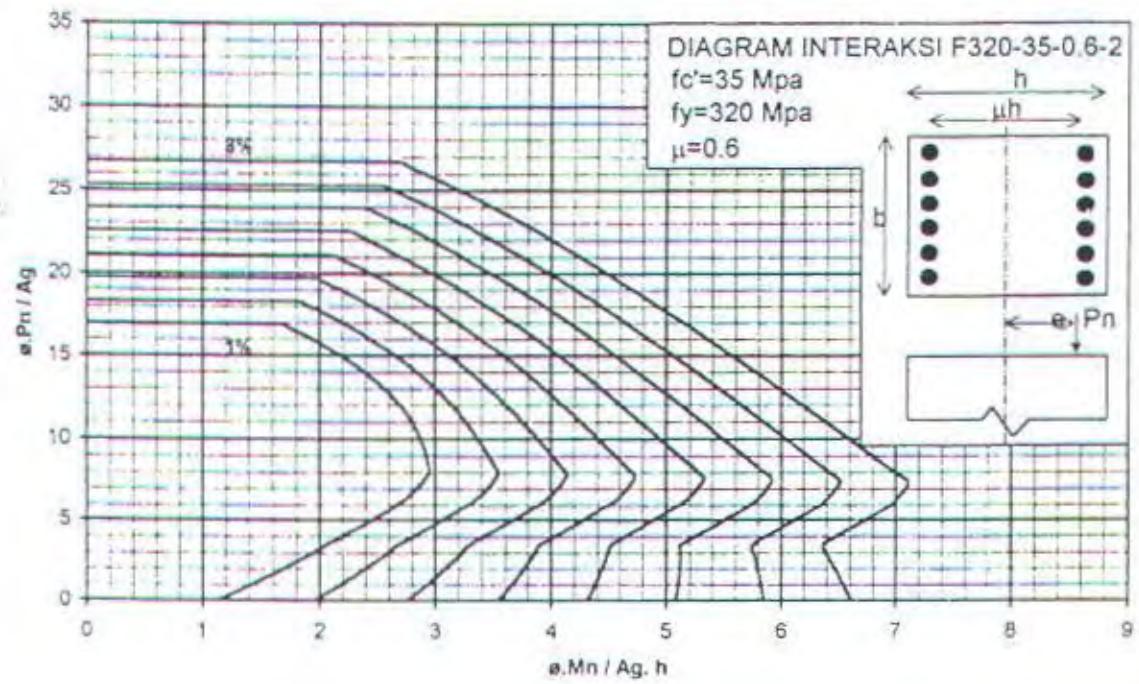
**F320-30-0.6-2**

DIAGRAM INTERAKSI  
F320-30-0,6-2



**F320-35-0.6-2**

DIAGRAM INTERAKSI  
F320-35-0,6-2



## NIKA PILE CLASSIFICATION

Pile Diameter (mm)	Thickness (mm)	Class	PC WIRE		Area of steel (Cm <sup>2</sup> )	Area of Concrete (Cm <sup>2</sup> )	Section Modulus (Cm <sup>3</sup> )	Effective- Prestress (Kgf/Cm <sup>2</sup> )	Allowable Axial (T)	Bending Moment	
			D (mm)	Number of wires						Crack (if m)	Ult (tf)
350	70	A1	7	8	3.03	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
		A2	7	12	4.62	615.75	3734.91	65.67	83.89	4.20	6.00
		A3	7	16	6.16	615.75	3753.65	84.46	85.97	5.00	9.00
		B	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
		C	9	16	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
		A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75
		A3	9	12	7.63	765.77	5453.95	80.16	107.79	7.50	13.50
		B	7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.93	7.50	13.50
		C	9	16	10.13	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	15.00
450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25
		A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75
		A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00
		A3	7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00
		B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.03	129.92	11.00	13.00
		C	9	20	12.72	929.91	7669.56	100.52	123.85	12.50	20.00
500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
		A2	7	20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	12.50	18.75
		A3	9	12	7.63	1159.25	10393.31	56.02	170.63	12.50	18.75
		A3	7	24	9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00
		B	7	28	10.73	1159.25	10474.61	80.43	163.02	15.00	22.00
		C	9	24	15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	24.00
500	100	A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
		A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50
		A3	9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00
		B	7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
		C	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00

1:

Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I. 71.

Rectified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days.

Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.

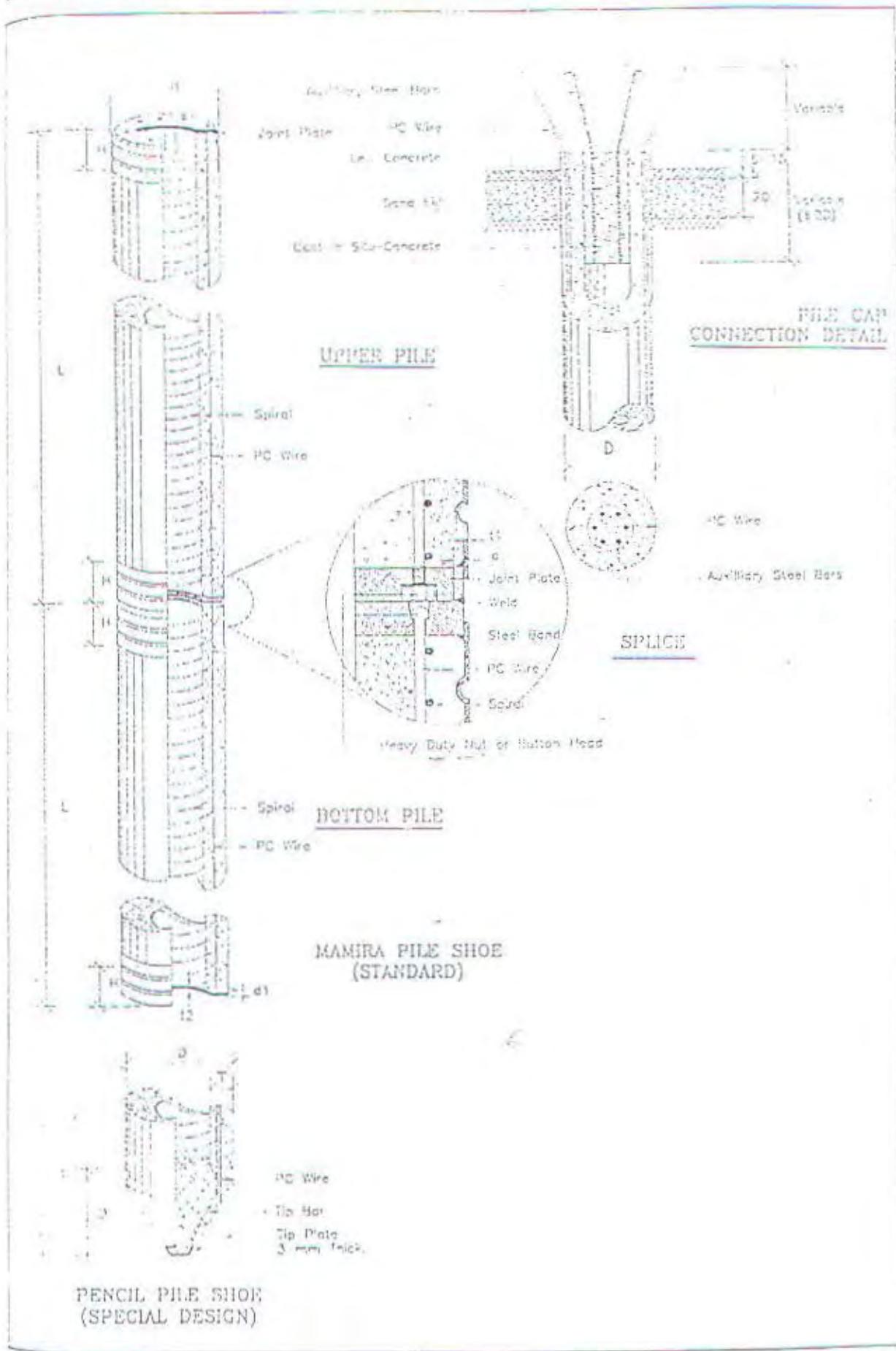
# WIKA PILE SECTION

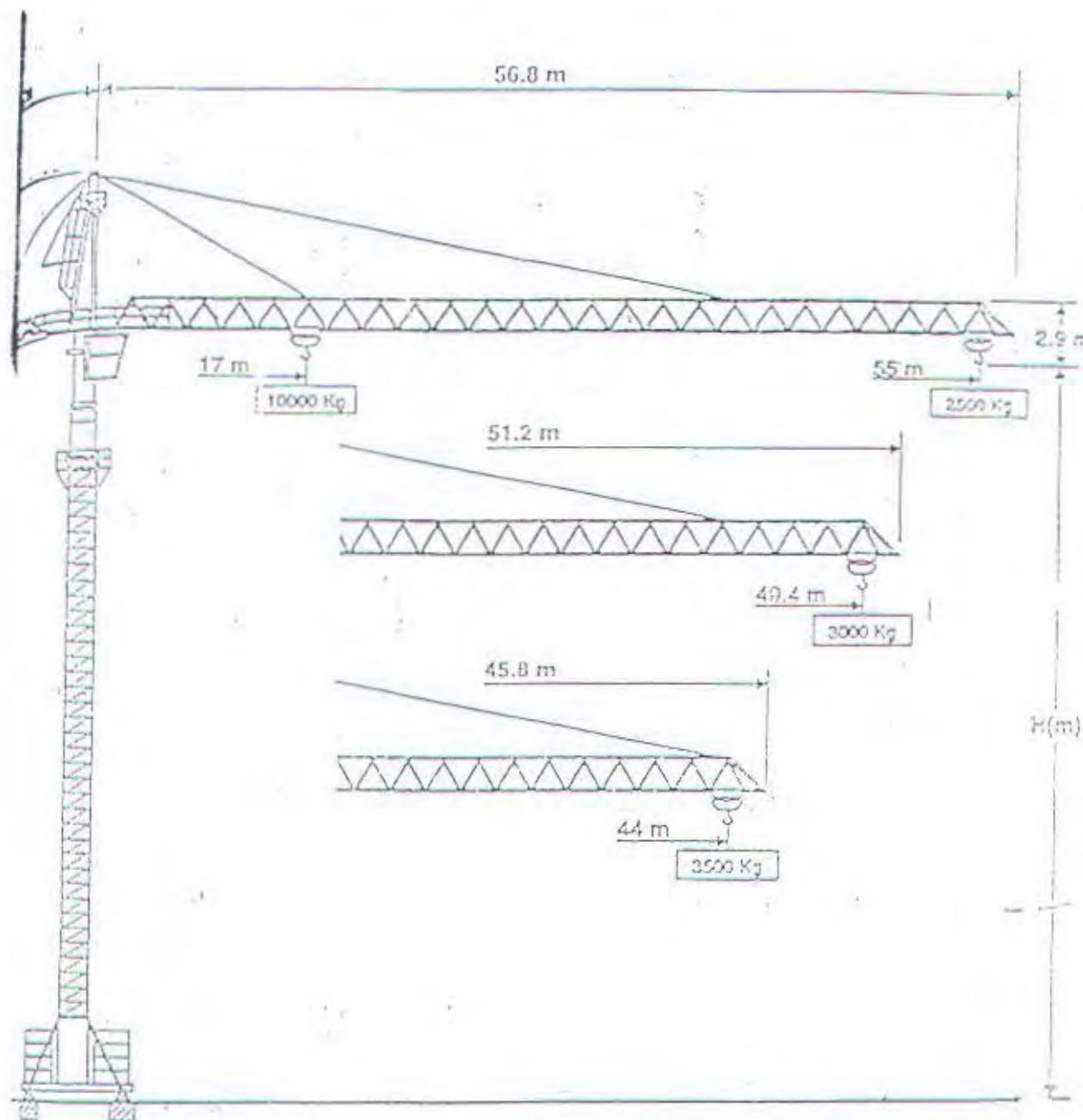


Pile Diameter  D ( mm )	SPIRAL						Steel Band  H ( mm )	
	Diameter 5,58 mm		Diameter 4,2 mm		L1 ( mm )			
	Pitch	Length	Pitch	Length	Pitch	L3 ( mm )		
350	45	600	60	600	120	L3	100	
400	45	700	60	700	120	L3	150	
450	45	800	60	800	120	L3	150	
500	45	900	60	900	120	L3	150	
600	45	1000	60	1000	120	L3	150	

D (mm)	T (mm)	H (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	d1 (mm)	a (mm)
350	70	100	2	6	35	10
400	75	150	2	6	35	10
450	80	150	2	6	35	10
500	90	150	2	9	35	10
600	100	150	2	9	35	11

PILE HEAD, OR COLUMN SHOE





ograms

25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	45	47	49.4	51	53	55	m
7000	6500	6000	5000	4600	4350	4000	3800	3600	3400	3300	3200	3000	2800	2750	2500	2500	Kg



25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	45	47	49.4	m
7000	6500	6000	5200	4850	4500	4150	3900	3650	3450	3400	3250	3100	3000	Kg



25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	m
7200	6700	6150	5600	5000	4600	4300	4100	3750	3600	3500	Kg



KONTROL TEBAL PLAT LANTAI PRECAST

Tebal plat = 12 cm  
 fy = 320 Mpa  
 fo = 30 Mpa

Jenis Pelat A1

Ly = 335 mm      B = 1.0  
 Lx = 330 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	2(B-C)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.48	1.58	7.52	9.43
2	B(2-3)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.48	1.58	7.52	9.43
3	C(2-3)	20	35	66	116	66	1.66	118898.15	54000	2.202	35.48	1.58	7.52	9.43
4	3(B-C)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	35.48	1.58	7.52	9.43

Jenis Pelat A2

Ly = 335 mm      B = 1.0  
 Lx = 330 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	B(5-B)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	33.35	1.66	7.52	9.43
2	6(B-C)	50	80	186	96	96	1.28	2722287.3	54000	50.41	33.35	1.66	7.52	9.43
3	C(5-B)	20	35	66	116	66	1.66	118898.15	54000	2.202	33.35	1.66	7.52	9.43
4	5(B-C)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	33.35	1.66	7.52	9.43

Jenis Pelat B

Ly = 335 mm      B = 1.6  
 Lx = 210 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	10(F-G)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	40.40	0.95	6.74	9.43
2	11(F-G)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	40.40	0.95	6.74	9.43
3	F(10-11)	50	60	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	40.40	0.95	6.74	9.43
4	G(10-11)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	40.40	0.95	6.74	9.43

Jenis Pelat C

Ly = 355 mm      B = 1.7  
 Lx = 210 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	10(G-H)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.76	1.07	6.63	9.99
2	11(G-H)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	35.76	1.07	6.63	9.99
3	G(10-11)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.76	1.07	6.63	9.99
4	H(10-11)	20	40	76	58	66	1.68	179215.88	54000	3.319	35.76	1.07	6.63	9.99

Jenis Pelat D1  
 Ly = 345 mm      B = 1.0  
 Lx = 335 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	3(G-H)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	35.76	1.60	7.50	9.71
2	4(G-H)	50	80	166	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.76	1.60	7.50	9.71
3	G(3-4)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	35.76	1.60	7.50	9.71
4	H(3-4)	20	40	76	68	68	1.68	179215.88	54000	3.319	35.76	1.60	7.50	9.71

Jenis Pelat D2  
 Ly = 345 mm      B = 1.0  
 Lx = 335 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	B(A-B)	50	80	166	98	98	1.28	2722287.3	54000	50.41	31.54	1.77	7.50	9.71
2	7(A-B)	40	60	136	136	136	1.64	1182169.9	54000	21.89	31.54	1.77	7.50	9.71
3	A(B-7)	20	40	76	116	76	1.75	186313.28	54000	3.45	31.54	1.77	7.50	9.71
4	B(B-7)	50	80	186	98	98	1.28	2722287.3	54000	50.41	31.54	1.77	7.50	9.71

Jenis Pelat E  
 Ly = 265 mm      B = 1.0  
 Lx = 265 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	1(A-B)	20	40	76	68	68	1.68	179215.88	54000	3.319	31.15	1.41	7.54	7.46
2	2(A-B)	50	80	166	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	31.15	1.41	7.54	7.46
3	A(1-2)	20	40	75	116	76	1.75	186313.28	54000	3.45	31.15	1.41	7.54	7.46
4	B(1-2)	50	80	186	146	146	1.49	3181095.2	54000	58.91	31.15	1.41	7.54	7.46

KONTROL TEBAL PLAT ATAP PRECAST

Tebal plat = 11 cm  
 fy = 329 Mpa  
 fc = 30 Mpa

Jenis Pelat A1

Ly = 335 mm      B = 1.0  
 Lx = 330 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	2(B-C)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.51	1.30	7.52	9.43
2	B(2-3)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.51	1.30	7.52	9.43
3	C(2-3)	20	35	68	108	68	1.68	120123.05	41593.75	2.888	44.51	1.30	7.52	9.43
4	3(B-C)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	44.51	1.30	7.52	9.43

Jenis Pelat A2

Ly = 335 mm      B = 1.0  
 Lx = 330 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	B(5-6)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	41.99	1.37	7.52	9.43
2	6(B-C)	50	80	188	94	94	1.24	2652112.9	41593.75	63.76	41.99	1.37	7.52	9.43
3	C(5-6)	20	35	68	108	68	1.68	120123.05	41593.75	2.888	41.99	1.37	7.52	9.43
4	5(B-C)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	41.99	1.37	7.52	9.43

Jenis Pelat B

Ly = 335 mm      B = 1.6  
 Lx = 210 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	10(F-G)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	50.66	0.77	6.74	9.43
2	11(F-G)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	50.66	0.77	6.74	9.43
3	F(10-11)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	50.66	0.77	6.74	9.43
4	G(10-11)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	50.66	0.77	6.74	9.43

Jenis Pelat C

Ly = 335 mm      B = 1.7  
 Lx = 210 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	10(G-H)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.84	0.87	6.63	9.99
2	11(G-H)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	44.84	0.87	6.63	9.99
3	G(10-11)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.84	0.87	6.63	9.99
4	H(10-11)	20	40	78	64	64	1.64	174949.49	41593.75	4.206	44.84	0.87	6.63	9.99

Jenis Pelat D1

Ly = 345 mm      B = 1.0  
 Lx = 335 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	3(G-H)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	44.84	1.32	7.50	9.71
2	4(G-H)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.84	1.32	7.50	9.71
3	G(3-4)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	44.84	1.32	7.50	9.71
4	H(3-4)	20	40	78	64	64	1.64	174949.49	41593.75	4.206	44.84	1.32	7.50	9.71

Jenis Pelat D2

Ly = 345 mm      B = 1.0  
 Lx = 335 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	6(A-B)	50	80	188	94	94	1.24	2652112.9	41593.75	63.76	39.88	1.46	7.50	9.71
2	7(A-B)	40	60	138	128	128	1.59	1143804.8	41593.75	27.5	39.88	1.46	7.50	9.71
3	A(B-7)	20	40	78	108	78	1.76	187725.42	41593.75	4.513	39.88	1.46	7.50	9.71
4	B(B-7)	50	80	188	94	94	1.24	2652112.9	41593.75	63.76	39.88	1.46	7.50	9.71

Jenis Pelat E

Ly = 265 mm      B = 1.0  
 Lx = 265 mm

No	Tinjauan	b Balok	h Balok	be1	be2	be	k	lb	ls	alpha	alpha(m)	h1	h2	h3
1	1(A-B)	20	40	78	64	64	1.64	174949.49	41593.75	4.206	39.09	1.17	7.54	7.46
2	2(A-B)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	39.09	1.17	7.54	7.46
3	A(1-2)	20	40	78	108	78	1.76	187725.42	41593.75	4.513	39.09	1.17	7.54	7.46
4	B(1-2)	50	80	188	138	138	1.44	3070760.7	41593.75	73.83	39.09	1.17	7.54	7.46

PENULANGAN PELAT PRACETAK

Data Perencanaan

$f_y$	320 Mpa	B	0.85	Pb	0.044
$f_o$	30 Mpa	Dia	10 mm	$P_{max}$	0.033
decking	20 mm	m =	12.55	$P_{min}$	0.004375

Sesudah Komposit

tebal pelat atap	110 mm	tebal pelat lantai	120 mm	tebal pelat kendaraan	120 mm
$d_x =$	85 mm	$d_x =$	95 mm	$d_x =$	95 mm
$d_y =$	75 mm	$d_y =$	85 mm	$d_y =$	85 mm

Sebelum Komposit:

tebal pelat	60 mm
$d_x =$	55 mm
$d_y =$	45 mm

q Ultimate atap		q Ultimate lantai		q Ultimate kendaraan	
sebelum	sesudah	sebelum	sesudah	sebelum	sesudah
(kg/m <sup>2</sup> )					
745.6	610	745.6	955.2	745.6	955.6

PELAT A

PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	$A_s$ perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	$A_s$ ada	Penulangan	$C_y =$	3.35 m	$L_x =$	3.30 m
Lantai	M <sub>bx</sub> =-M <sub>tx</sub>	3783970.08	0.5240556	0.00165498	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>bx</sub> =M <sub>ty</sub>	3890504.52	0.5400976	0.00170607	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180			
Atap	M <sub>bx</sub> =-M <sub>tx</sub>	2391444	0.3312249	0.00104189	0.004375	371.675	4.74	211.09	200	392.5	D 10 - 200	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>bx</sub> =M <sub>ty</sub>	2464481	0.3413381	0.00107392	0.004375	328.125	4.18	239.24	200	392.5	D 10 - 200			
Kendaraan	M <sub>bx</sub> =-M <sub>tx</sub>	3863946.24	0.5351726	0.00169034	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>bx</sub> =M <sub>ty</sub>	3881822.56	0.5515128	0.00174253	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180			

PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	$A_s$ perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	$A_s$ ada	Penulangan	$C_y =$	44 m	$C_x =$	44
Lantai	M <sub>bx</sub>	3572616.96	1.48	0.00475528	0.00475528	261.54061	3.33	300.14	220	356.8182	D 10 - 220	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>ty</sub>	3681698.24	1.52	0.00490523	0.00490523	220.73544	2.81	355.63	220	356.8182	D 10 - 220			
Atap	M <sub>bx</sub>	3572616.96	1.48	0.00475528	0.00475528	261.54061	3.33	300.14	220	356.8182	D 10 - 220	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>ty</sub>	3681698.24	1.52	0.00490523	0.00490523	220.73544	2.81	355.63	220	356.8182	D 10 - 220			
Kendaraan	M <sub>bx</sub>	3572616.96	1.48	0.00475528	0.00475528	261.54061	3.33	300.14	220	356.8182	D 10 - 220	$C_x =$	36 m	36 m
	M <sub>ty</sub>	3681698.24	1.52	0.00490523	0.00490523	220.73544	2.81	355.63	220	356.8182	D 10 - 220			

**PELAT B**  
**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT**

$Ly = 3.35 \text{ m}$   
 $Cy = 37 \text{ m}$

$Lx = 2.10 \text{ m}$   
 $Cx = 56 \text{ m}$

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	Jumlah	spasi perlu	spasi pakai	As ada	Penulangan
		Mpa			mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm <sup>2</sup>	
Lantai	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	2383657.92	0.3301465	0.00103847	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111 D 10 - 180
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	4007824.09	0.5551003	0.00175309	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111 D 10 - 180
Atap	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	1506456	0.2086504	0.00065472	0.004375	371.875	4.74	211.09	200	392.5 D 10 - 200
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	2532918.25	0.3506197	0.00110396	0.004375	328.125	4.18	239.24	200	392.5 D 10 - 200
Kendaraan	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	2434037.76	0.3371243	0.00106057	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111 D 10 - 180
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	4092531.52	0.5668326	0.00179149	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111 D 10 - 180

**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT**

$Cy = 43 \text{ m}$   
 $Cx = 78 \text{ m}$

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	Jumlah	spasi perlu	spasi pakai	As ada	Penulangan
		Mpa			mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm <sup>2</sup>	
Lantai	M <sub>x</sub>	2564714.88	1.0597995	0.00336371	0.004375	240.625	3.07	326.23	220	356.8182 D 10 - 220
	M <sub>y</sub>	3506023.28	1.4867865	0.00479018	0.00479018	215.55817	2.75	364.17	220	356.8182 D 10 - 220
Atap	M <sub>x</sub>	2564714.88	1.0597995	0.00336371	0.004375	240.625	3.07	326.23	220	356.8182 D 10 - 220
	M <sub>y</sub>	3506023.28	1.4867865	0.00479018	0.00479018	215.55817	2.75	364.17	220	356.8182 D 10 - 220
Kendaraan	M <sub>x</sub>	2564714.88	1.0597995	0.00336371	0.004375	240.625	3.07	326.23	220	356.8182 D 10 - 220
	M <sub>y</sub>	3506023.28	1.4867865	0.00479018	0.00479018	215.55817	2.75	364.17	220	356.8182 D 10 - 220

**PELAT C**  
**PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT**

$Ly = 3.55 \text{ m}$   
 $Cy = 38 \text{ m}$

$Lx = 2.10 \text{ m}$   
 $Cx = 46 \text{ m}$

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	Jumlah	spasi perlu	spasi pakai	As ada	Penulangan
		Mpa			mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm <sup>2</sup>	
Lantai	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	1958004.72	0.27	0.00085203	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111 D 10 - 180
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	4622294.54	0.64	0.00202641	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111 D 10 - 180
Atap	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	1237446	0.17	0.00053741	0.004375	371.875	4.74	211.09	200	392.5 D 10 - 200
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	2921259.5	0.40	0.00127459	0.004375	328.125	4.18	239.24	200	392.5 D 10 - 200
Kendaraan	M <sub>x</sub> =-M <sub>tx</sub>	1999388.16	0.28	0.00087014	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111 D 10 - 180
	M <sub>y</sub> =-M <sub>ty</sub>	4719989.12	0.65	0.00206981	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111 D 10 - 180

**PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT**

$Cy = 45 \text{ m}$   
 $Cx = 59 \text{ m}$

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	Jumlah	spasi perlu	spasi pakai	As ada	Penulangan
		Mpa			mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm <sup>2</sup>	
Lantai	M <sub>x</sub>	1939976.64	0.802	0.0025458	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833 D 10 - 240
	M <sub>y</sub>	4228390.8	1.747	0.00566132	0.00566132	254.75925	3.25	308.13	240	327.0833 D 10 - 240
Atap	M <sub>x</sub>	1939976.64	0.802	0.0025458	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833 D 10 - 240
	M <sub>y</sub>	4228390.8	1.747	0.00566132	0.00566132	254.75925	3.25	308.13	240	327.0833 D 10 - 240
Kendaraan	M <sub>x</sub>	1939976.64	0.802	0.0025458	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833 D 10 - 240
	M <sub>y</sub>	4228390.8	1.747	0.00566132	0.00566132	254.75925	3.25	308.13	240	327.0833 D 10 - 240

PELAT D  
PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	Ly =		Lx =	
									345 m		335 m	
									Cy =	Cx =	36 m	48 m
Lantai	Mix=Mtx	5199330.36	0.7201301	0.00228311	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	
Atap	Mly=Mty	4365551.34	0.604647	0.00191247	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180	
	Mbx=Mtx	3255598	0.4551175	0.00143517	0.004375	371.875	4.74	211.09	200	392.5	D 10 - 200	
Kendaraan	Mly=Mty	2758999.5	0.3821329	0.00120325	0.004375	328.125	4.18	239.24	200	392.5	D 10 - 200	
	Mix=Mtx	5309230.08	0.7353604	0.0023321	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	
	Mly=Mty	4487819.52	0.6174265	0.0019534	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180	

PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	Cy =		Cx =	
									45 m		63	
									Mpa	mm <sup>2</sup>	mm	mm <sup>2</sup>
Lantai	Mix	5271522.48	2.1783151	0.00712584	0.00712584	391.92115	4.99	200.30	220	356.8182	D 10-220	
	Mly	3993526.8	1.6502177	0.00533555	0.00533555	240.09992	3.06	326.95	220	356.8182	D 10-220	
Atap	Mix	5271522.48	2.1783151	0.00712584	0.00712584	391.92115	4.99	200.30	220	356.8182	D 10-220	
	Mly	3993526.8	1.6502177	0.00533555	0.00533555	240.09992	3.06	326.95	220	356.8182	D 10-220	
Kendaraan	Mix	5271522.48	2.1783151	0.00712584	0.00712584	391.92115	4.99	200.30	220	356.8182	D 10-220	
	Mly	3993526.8	1.6502177	0.00533555	0.00533555	240.09992	3.06	326.95	220	356.8182	D 10-220	

PELAT E  
PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	Ly =		Lx =	
									2.65 m		2.65 m	
									Cy =	Cx =	36 m	36 m
Lantai	Mbx=Mtx	2440122.12	0.34	0.00106324	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	
Atap	Mly=Mty	2440122.12	0.34	0.00106324	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180	
	Mix=Mtx	1542141	0.21	0.0006703	0.004375	371.875	4.74	211.09	200	392.5	D 10 - 200	
Kendaraan	Mly=Mty	1542141	0.21	0.0006703	0.004375	328.125	4.18	239.24	200	392.5	D 10 - 200	
	Mix=Mtx	2491695.36	0.35	0.00106587	0.004375	415.625	5.29	188.87	180	436.1111	D 10 - 180	
	Mly=Mty	2491695.36	0.35	0.00106587	0.004375	371.875	4.74	211.09	180	436.1111	D 10 - 180	

PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT

Type pelat	Momen (N-mm)	Rn	p	p pakai	As perlu	jumlah	spasi perlu	spasi pakai	Cy =		Cx =	
									44 m		44	
									Mpa	mm <sup>2</sup>	mm	mm <sup>2</sup>
Lantai	Mix	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833	D 10 - 240	
Atap	Mly	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	196.875	2.51	396.73	240	327.0833	D 10 - 240	
	Mix	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833	D 10 - 240	
Kendaraan	Mly	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	196.875	2.51	396.73	240	327.0833	D 10 - 240	
	Mix	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	240.625	3.07	326.23	240	327.0833	D 10 - 240	
	Mly	2303829.44	0.95	0.00303269	0.004375	196.875	2.51	396.73	240	327.0833	D 10 - 240	

TABEL  
DATA UMUM

Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak Sebelum Komposit

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$        $\rho_{\text{min}} = 0.0044$        $\text{Dia. Tul} = 22 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$        $\rho_{\text{maks}} = 0.033$        $\text{Dia. Tul sengkang} = 10 \text{ mm}$   
 $m = 12.55$

As	Bentang	Dimensi		L	d	DL berat sendiri (kg/m <sup>3</sup> )	q		qu total (kg/m <sup>2</sup> )	P / Beban Terpusat (kg)	Momen	Rn	$\bar{\rho}$	$\rho$	As	Jumlah Tulangan	As Pakai mm <sup>2</sup>
		h (m)	b (m)				qd	ql									
3/5/9	A - B = G - H	0.35	0.2	3	169	110.4	576	500	1623.68		1826.64	3.997	0.01366	0.0137	461.80	2	759.68
	B - D = D - F	0.6	0.4	7.5	419	460.8	540	468.75	1950.96	3743.4	20736.56	3.691	0.01252	0.0125	2058.03	6	2279.64
	F - G	0.6	0.4	3.75	419	460.8	360	312.5	1484.96		2610.28	0.465	0.00147	0.0044	737.44	2	759.68
7	A - B = G - H	0.35	0.2	3	169	110.4	576	500	1623.68		1826.64	3.997	0.01366	0.0137	461.80	2	759.68
	B - D	0.6	0.4	7.5	419	460.8			552.96		3888.00	0.602	0.00219	0.0044	737.44	2	759.68
	D - F	0.6	0.4	7.5	419	460.8	540	468.75	1950.96	3743.4	20736.56	3.691	0.01252	0.0125	2098.03	6	2279.64
11	F - G	0.6	0.4	3.75	419	460.8	360	312.5	1484.96		2610.28	0.465	0.00147	0.0044	737.44	2	759.68
	A - B = G - H	0.35	0.2	3	169	110.4	276.6	240.162	848.6592		954.74	2.089	0.00682	0.0068	230.55	2	759.68
	B - D = D - F	0.6	0.4	7.5	419	460.8	480	208.3	1482.24	1715.8	13504.13	2.404	0.00790	0.0079	1324.66	6	2279.64
	F - G	0.6	0.4	3.75	419	460.8	306.7	240.162	1305.259		2294.40	0.406	0.00129	0.0044	737.44	2	759.68

TABEL  
DATA UMUM

Perhitungan Penulangan Lentur Balok curu / LiesSebelum Komposit

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$        $\rho_{\text{min}} = 0.0044$        $\text{Dia. Tul} = 22 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$        $\rho_{\text{maks}} = 0.033$        $\text{Dia. Tul sengkang} = 10 \text{ mm}$   
 $m = 12.55$

Dimensi		L	d	q	q	q	Momen	Rn	$\bar{\rho}$	$\rho$	As	Jumlah Tulangan	As Pakai mm <sup>2</sup>	
h (m)	b (m)	(m)	(mm)	berat sendiri (kg/m <sup>3</sup> )	terar akibat pegas	total (kg/m <sup>2</sup> )	(kg.m)	(Mpa)	perlu	pakai	mm <sup>2</sup>			
0.35	0.2	3.75	169	110.4	720	625	1996.48	3509.438	7.660	0.02944	0.029436	994.9478	3	
0.35	0.2	2.5	169	110.4	480	416.6	1375.04	1074.25	2.351	0.00772	0.00772	260.9423	2	759.68

TABEL Perulangan Lentur Balok Cucu Satelit Komposit

## DATA UMUM:

$f'_c =$	30 Mpa	$Dia. Sengkang =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$Dia. Tul. Utama =$	22 mm
deck. Lantai =	40 mm		
deck. Atap =	50 mm		
$\rho_{\text{min}} =$	0.0044	Tebal Pelat =	120 mm
$\rho^*_{\text{maks}}$	0.033		
$b_t =$	12.55		

## Balok Cucu Lantai Kendaraan

AS	Dimensi		Daerah Bentang	d (mm)	Jenis	Mu (kg.m)	Rn (Mpa)	$\rho^*$ perlu	$\rho^*$ pakai	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan D-22	As Terpasang
	b (mm)	h (mm)											
A = H	200	400	Lapangan	339	Positif	5253.00	2.86	0.0095	0.0095	643.64		2	759.88
			Tumpuan		Negatif	7266.00	3.95	0.0135	0.0135	914.66		3	1139.82
C	200	350	Lapangan	289	Positif	2667.30	2.15	0.0070	0.0070	405.40	1455.73	4	1519.76
			Tumpuan		Negatif	4610.82	3.45	0.0116	0.0116	672.29		2	759.88
E	200	350	Lapangan	289	Positif	2867.79	2.16	0.0071	0.0071	408.44	1455.73	4	1519.76
			Tumpuan		Negatif	3903.04	2.92	0.0097	0.0097	561.82		2	759.88

## Balok Cucu Lantai

AS	Dimensi		Daerah Bentang	d (mm)	Jenis	Mu (kg.m)	Rn (Mpa)	$\rho^*$ perlu	$\rho^*$ pakai	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan D-22	As Terpasang
	b (mm)	h (mm)											
A = H $i = 11$	200	400	Lapangan	339	Positif	5445.00	2.96	0.0099	0.0099	688.82		2	759.88
			Tumpuan		Negatif	8200.00	4.46	0.0154	0.0154	1046.17		3	1139.82
C	200	350	Lapangan	289	Positif	2726.00	2.04	0.0067	0.0067	384.51	1455.73	4	1519.76
			Tumpuan		Negatif	1413.94	1.06	0.0034	0.0044	254.32		2	759.88
E	200	350	Lapangan	289	Positif	1825.37	1.37	0.0044	0.0044	254.32	1455.75	4	1519.76
			Tumpuan		Negatif	3241.97	2.43	0.0080	0.0080	461.30		2	759.88

## Balok Cucu Atap

AS	Dimensi		Daerah Bentang	d (mm)	Jenis	Mu (kg.m)	Rn (Mpa)	$\rho^*$ perlu	$\rho^*$ pakai	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan D-22	As Terpasang
	b (mm)	h (mm)											
A = H $i = 11$	200	400	Lapangan	339	Positif	2501	1.36	0.0044	0.0044	298.32		2	759.88
			Tumpuan		Negatif	4590	2.50	0.0082	0.0082	557.66		2	759.88
C	200	350	Lapangan	289	Positif	2018.27	1.51	0.0049	0.0049	261.39	494.61	2	759.88
			Tumpuan		Negatif	2559.12	1.92	0.0062	0.0062	359.97		2	759.88
E	200	350	Lapangan	289	Positif	2018.27	1.51	0.0049	0.0049	261.39	494.61	2	759.88
			Tumpuan		Negatif	2559.12	1.92	0.0062	0.0062	359.97		2	759.88

TABEL Penulangan Lentur Balok Anak Setelah Komposit

DATA UMUM

$f'_c =$	30 Mpa	$Dia. Sengkang =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$Dia. Tul. Utama =$	22 mm
deck. Lantai =	40 mm		
deck. Atap =	50 mm	Tebal Pelat =	120 mm
$\rho_s \text{ min} =$	= 0.0044		
$\rho_s \text{ maks} =$	= 0.030		
$m =$	12.55		

Balok Anak Lantai Kendaraan sesudah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Dearah Bentang	$d$ (mm)	Jenis	$M_u$ (kg.m)	$R_n$ (Mpa)	$\sigma^1$ perlu	$\sigma^2$ paku	$A_s$ sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	$A_s$ sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan	$A_s$ Pakai mm <sup>2</sup>
	L (mm)	b (mm)	t <sub>1</sub> (mm)											
As 3, 5, 9	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	6213.56	4.65	0.0162	0.0182	934.70	504.18	2	759.88
		200	350	Lapangan	289	Positif	1860.8	1.36	0.0045	0.0045	258.78	504.18	2	759.88
	3.75	400	600	Tumpuan	539	Negatif	6786.03	0.73	0.0023	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82
		400	600	Lapangan	539	Positif	1095.7	0.12	0.0004	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82
	7.5	400	600	Tumpuan	539	Negatif	31905.02	3.43	0.0116	0.0116	2493.13	2270.23	6	2279.64
		400	600	Lapangan	539	Positif	22026.63	2.37	0.0078	0.0078	1678.30	2270.23	6	2279.64
As 7	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	3738.38	2.60	0.0093	0.0093	536.55	604.18	2	759.88
		200	350	Lapangan	289	Positif	1890.04	1.41	0.0045	0.0045	262.97	604.18	2	759.88
	3.75	400	600	Tumpuan	539	Negatif	7038.02	0.76	0.0024	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82
		400	600	Lapangan	539	Positif	1030.98	0.11	0.0003	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82
	7.5	400	600	Tumpuan	539	Negatif	22092.1	2.36	0.0078	0.0078	1683.56	2270.23	6	1899.70
		400	600	Lapangan	539	Positif	22003.33	2.37	0.0078	0.0078	1676.43	2270.23	6	2279.64
11	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	3091.71	2.31	0.0076	0.0076	438.79	557.54	2	759.88
		200	350	Lapangan	289	Positif	1587.05	1.17	0.0038	0.0044	254.32	557.54	2	759.88
	3.75	400	600	Tumpuan	539	Negatif	3091.71	0.33	0.0010	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82
		400	600	Lapangan	539	Positif	3479.48	0.37	0.0012	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82

TABEL Pengulangan Lentur Balok Anak Setelah Komposit

DATA UMUM

$f'_c =$	30 Mpa	$\text{Dia. Sengkang} =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$\text{Dia. Tul. Utama} =$	22 mm
deck. Lantai =	40 mm		
deck. Atap =	50 mm		
$\rho_{min}$	= 0.0044		
$\rho_{max}$	= 0.033		
$m =$	12.55		

Balok Anak Lentur sesudah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Daerah Bentang	$d$ (mm)	Jenis	$M_u$ (kg.m)	$R_n$ (Mpa)	$\gamma_f^*$	$\gamma_s^*$	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan	As Pakai mm <sup>2</sup>	
	L (mm)	b (mm)	h (mm)												
As 3, 5, 9	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	5949.48	4.45	0.0154	0.0154	890.19	3	1139.82		
		200	350	Lapangan	289	Positif	1352.96	1.01	0.0032	0.0044	254.32	604.18	2	759.88	
		3.75	400	Tumpuan	539	Negatif	6500.67	0.70	0.0022	0.0044	948.64		3	1139.82	
	7.5	400	600	Lapangan	539	Positif	1116.25	0.12	0.0004	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82	
		400	600	Tumpuan	539	Negatif	29091.13	3.22	0.0108	0.0108	2323.39		7	2659.58	
		400	600	Lapangan	539	Positif	20380.32	2.19	0.0072	0.0072	1546.63	2270.23	6	2279.04	
	As 7	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	3694.5	2.76	0.0092	0.0092	529.84		2	759.88
		200	350	Lapangan	289	Positif	1858.08	1.39	0.0045	0.0045	258.39	604.18	2	759.88	
		3.75	400	Tumpuan	539	Negatif	6691.05	0.74	0.0024	0.0044	948.64		3	1139.82	
	7.5	400	600	Lapangan	539	Positif	1021.97	0.11	0.0003	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82	
		400	600	Tumpuan	539	Negatif	21636.74	2.33	0.0076	0.0076	1647.01		5	1899.70	
		400	600	Lapangan	539	Positif	21400.68	2.30	0.0076	0.0076	1628.10	2270.23	6	2279.64	
11	3	200	350	Tumpuan	289	Negatif	4444.46	3.33	0.0112	0.0112	646.04		2	759.88	
		200	350	Lapangan	289	Positif	1858.93	1.39	0.0045	0.0045	258.52	557.54	2	759.88	
		3.75	400	Tumpuan	539	Negatif	6240.3	0.67	0.0021	0.0044	948.64		3	1139.82	
	7.5	400	600	Lapangan	539	Positif	803.32	0.09	0.0003	0.0044	948.64	737.44	3	1139.82	
		400	600	Tumpuan	539	Negatif	24362.52	2.62	0.0087	0.0087	1868.69		5	1899.70	
		400	600	Lapangan	539	Positif	20899.97	2.25	0.0074	0.0074	1568.07	1955.61	6	2279.64	

TABEL Penulangan Lentur Balok Anak Setelah Komposit

DATA UMUM

$f'_c =$	30 Mpa	Dia. Sengkang =	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	Dia. Tul. Utama =	22 mm
deck. Lantai =	40 mm		
deck. Atap =	50 mm	Tebal Plat =	120 mm
$\rho_{min}$	= 0,0044		
$\rho_{maks}$	= 0,033		
$m =$	12,55		

Balok Anak Lantai atap sesudah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Daerah Bentang (m)	Jenis Momen	$M_u$ (kg.m)	$R_n$ (Mpa)	$\sigma^*$ perlu	$\sigma^*$ paka	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan	As Pakai mm <sup>2</sup>	
	L (mm)	b (mm)	h (mm)											
As 3, 5, 9	3	200	350	Tumpuan	289 Negatif	4097,88	3,07	0,0102	0,0102	591,89		2	759,88	
		200	350	Lapangan	289 Positif	1012,49	0,76	0,0024	0,0044	254,32	604,18	2	759,88	
	3,75	400	600	Tumpuan	539 Negatif	4457,89	0,48	0,0015	0,0044	948,64		3	1139,82	
		400	600	Lapangan	539 Positif	831,71	0,09	0,0003	0,0044	948,64	737,44	3	1139,82	
	7,5	400	600	Tumpuan	539 Negatif	19659,92	2,11	0,0069	0,0069	1489,38		4	1519,76	
		400	600	Lapangan	539 Positif	12966,35	1,40	0,0045	0,0045	968,00	2270,23	6	2279,64	
	11	3	200	Tumpuan	289 Negatif	4375,11	3,27	0,0110	0,0110	635,16		2	759,88	
		200	350	Lapangan	289 Positif	1131,1	0,85	0,0027	0,0044	254,32	557,54	2	759,88	
		3,75	400	Tumpuan	539 Negatif	3108,44	0,33	0,0011	0,0044	948,64		3	1139,82	
		3,75	400	Lapangan	539 Positif	1241,07	0,13	0,0004	0,0044	948,64	737,44	3	1139,82	
		7,5	400	600	Tumpuan	539 Negatif	14569,42	1,57	0,0051	0,0051	1090,49		3	1139,82
		7,5	400	Lapangan	539 Positif	14501,21	1,56	0,0050	0,0050	1085,21	1955,61	4	1519,76	

TABEL Penulangan Geser Balok Anak/Cucu sebelum komposit

Data Perencanaan

$f'_c$ =	30 Mpa	Dia. Sengkang =	10 mm
$f_y$ =	320 Mpa	Dia. Tul. Utama =	22 mm
Deck, Atap =	50 mm	$S_{max}$ =	
Deck, Lantai =	40 mm		

Balok anak

Nama Balok	Dimensi			$V_u$ (kg)	$V_n$ (N)	$\phi V_c$ (N)	$V_c$ (N)	$V_c + 2/3 Vf'_c b d$	Dek penampang	$V_b$	$S$ mm	$S_{max}$ mm	$S_{paku}$ mm
	b (mm)	h (mm)	d (mm)										
L. Kendaraan	400	600	419	9186	153133.3	91798.3	152997.2	764985.84	OK	61335.03	109.30	209.5	100
Lantai	400	600	419	9188	153133.3	91798.3	152997.2	764985.84	OK	61335.03	109.30	209.5	100
Atap	400	600	420	9188	153133.3	93989.19	158848.7	783243.26	OK	59144.14	116.06	214.5	100

Balok cucu

Nama Balok	Dimensi			$V_u$ (kg)	$V_n$ (N)	$\phi V_c$ (N)	$V_c$ (N)	$V_c + 2/3 Vf'_c b d$	Dek penampang	$V_b$	$S$ mm	$S_{max}$ mm	$S_{paku}$ mm
	b (mm)	h (mm)	d (mm)										
L. Kendaraan	200	350	189	3743	62383.33	18513.02	30855.04	154275.19	OK	43870.31	61.64	84.5	60
Lantai	200	350	189	3743	62383.33	18513.02	30855.04	154275.19	OK	43870.31	61.64	84.5	60
Atap	200	350	179	3743	62383.33	19608.47	32000.78	163403.90	OK	42774.87	66.96	89.5	60

TABEL: Penutangan Geser Balok Anak/ Cucu sesudah komposit

Data Perencanaan

$f'_c =$	30 Mpa	$Dia. Sengkang =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$Dia. Tul. Utama =$	22 mm
Deck. Atap =	50 mm	$S_{max} =$	
Deck. Lantai =	40 mm		

Balok anak

Nama Balok	Dimensi			$V_u$	$V_n$	$\phi V_c$	$V_c$	$V_c + 2\sqrt{Vf'_c \cdot b \cdot d}$	Cek penampang	$V_s$	$S$	$S_{max}$	$S_{pakai}$
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	(kg)	(N)	(N)	(N)			mm	mm	mm	mm
L. Kendaraan	400	600	539	15716	261933.3	118089	196815	984074.86	OK	143844.35	59.95	259.5	50
Lantai	400	600	539	13910	231833.3	118089	196815	984074.86	OK	113744.35	75.82	269.5	75
Atap	400	600	529	11090	184833.3	115898.1	193163.5	965817.44	OK	58935.24	122.76	264.5	100

Balok cucu

Nama Balok	Dimensi			$V_u$	$V_n$	$\phi V_c$	$V_c$	$V_c + 2\sqrt{Vf'_c \cdot b \cdot d}$	Cek penampang	$V_s$	$S$	$S_{max}$	$S_{pakai}$
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	(kg)	(N)	(N)	(N)			mm	mm	mm	mm
L. Kendaraan	200	350	289	6172	102866.7	31658.36	52763.94	263819.70	OK	71208.30	64.94	144.5	60
Lantai	200	350	289	5924	98733.33	31658.36	52763.94	263819.70	OK	67074.97	68.94	144.5	60
Atap	200	350	279	3350	55983.33	30562.92	50938.2	254690.99	OK	25420.41	175.81	139.5	60

Balok Lies

Nama Balok	Dimensi			$V_u$	$V_n$	$\phi V_c$	$V_c$	$V_c + 2\sqrt{Vf'_c \cdot b \cdot d}$	Cek penampang	$V_s$	$S$	$S_{max}$	$S_{pakai}$
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	(kg)	(N)	(N)	(N)			mm	mm	mm	mm
L. Kendaraan	200	400	330	5491	91516.87	37135.59	61892.65	309483.24	OK	54381.08	99.74	169.5	80
Lantai	200	400	339	5373	89550	37135.59	61892.65	309483.24	OK	52414.41	103.48	169.5	100
Atap	200	400	329	3092	51533.33	36040.14	60066.91	300334.54	OK	15493.19	339.76	164.5	100

TABEL Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk Sebelum Komposit  
DATA UMUM

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$        $\mu_{min} = 0.0044$        $\text{Dia. Tulangan} = 29 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$        $\mu_{meik} = 0.033$        $\text{Dia. Sengkang} = 10 \text{ mm}$   
 $m = 12.55$        $\text{decking} = 40 \text{ mm}$        $\text{Tebal Pelat} = 120 \text{ mm}$

Elemen	Dimensi		L	d	$q$ Bentuk penahanan (kg/m)	q		$q_{total}$ (kg/m)	P / Beban Terpusat (kg)	Momen	Rn	$\beta^1$	$\beta^2$	As	Jumlah Tulangan	As Pakai mm <sup>2</sup>	
	$h$ (m)	b (m)				$q_d$	$q_l$										
Lantai	0.6	0.5	7.5	615.5	816	540	468.75	1308	2214	18376	50022.19	3.301	0.01109	0.011087	3412.018	6	3961.11
	0.8	0.5	5	615.5	816	360	312.5	932	1748	12686	21320	1.407	0.00453	0.006034	1856.813	3	1960.595
	0.8	0.5	3.75	615.5	816	720	625	1864	2680	4710.938	0.311	0.00096	0.001303	401.0977	2	1320.37	

TABEL Penulangan Lentur Balok Induk Setelah Komposit

DATA UMUM

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$        $\text{Dia. Sengkang} = 10 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$        $\text{Dia. Tua. Utama} = 29 \text{ mm}$   
 $\text{deck, Lantai} = 40 \text{ mm}$   
 $\mu_{min} = 0.0044$   
 $\mu_{meik} = 0.033$   
 $m = 12.55$   
 $\text{Tebal Pelat} = 120 \text{ mm}$

Balok melintang

Tipe Balok	Dimensi			Daerah	d	Jenis	Mu	Rn	$\beta^1$	$\beta^2$	As sesudah komposit (mm <sup>2</sup> )	As sebelum komposit (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan	As Terpakai
	L (mm)	b (mm)	$h$ (mm)											
Lantai 2-3	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	58030	2.68	0.0089	0.0069	3264		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	29490	0.47	0.0015	0.0020	2108	3412	6	3961.11
	3750	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	40740	1.88	0.0061	0.0061	2250		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	5286	0.08	0.0003	0.0003	375	401	2	1320.37
Lantai 4-6	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	46340	2.14	0.0070	0.0070	2574		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	29510	0.47	0.0015	0.0020	2109	3412	6	3961.11
	3750	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	40570	1.87	0.0061	0.0061	2240		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	4238	0.07	0.0002	0.0003	301	401	2	1320.37
Lantai 7-8	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	40740	1.88	0.0061	0.0061	2250		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	21750	0.34	0.0011	0.0014	1551	3412	6	3961.11
	3750	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	38620	1.78	0.0058	0.0058	2128		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	309.5	0.01	0.0002	0.0000	24	401	2	1320.37

## DATA UMUM

$f'_c =$	30 Mpa	$Dia. Sengkang =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$Dia. Tul. Utama =$	29 mm
deck. Lantai =	40 mm		
deck. Atap =	50 mm		
$\gamma f \text{ min} =$	0.0044	Tebal Plat =	120 mm
$\gamma f \text{ maks} =$	0.033		
$n =$	12.65		

## Balok memanjang

Lantai/As	Dimensi			Daerah	d	Jenis	Mu	Rn	$\gamma f$	$A^2$	As sesudah komposit ( $\text{mm}^2$ )	As sebelum komposit ( $\text{mm}^2$ )	Jumlah Tulangan	As Terpakai
	L (mm)	b (mm)	h (mm)											
2-3 / B,D	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	57420	2.65	0.0088	0.0088	3227		6	3961.11
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	39920	0.63	0.0020	0.0027	2863	3412	6	3961.11
2-3 / F,G	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	52160	2.41	0.0079	0.0079	2915		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	29760	0.47	0.0015	0.0020	2127	3412	6	3961.11
2-3.	5000	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	51100	2.36	0.0078	0.0078	2853		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	24140	0.38	0.0012	0.0018	1722	1857	3	1980.56
4-6 / B,D	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	66800	3.09	0.0103	0.0103	3793		6	3961.11
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	37420	0.59	0.0019	0.0025	2081	3412	6	3961.11
4-6 / F,G	7500	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	51150	2.36	0.0078	0.0078	2856		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	29220	0.46	0.0015	0.0019	2088	3412	6	3961.11
4-6.	5000	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	48710	2.25	0.0074	0.0074	2713		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	21750	0.34	0.0011	0.0014	1551	1857	3	1980.56
7-8 / B,D	7500	500	600	Tumpuan	735.5	Negatif	58040	2.68	0.0089	0.0089	3264		5	3300.93
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	27350	0.43	0.0014	0.0018	1953	3412	6	3961.11
7-8 / F,G	7500	500	600	Tumpuan	735.5	Negatif	37760	1.75	0.0057	0.0057	2079		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	29460	0.47	0.0015	0.0020	2106	3412	6	3961.11
7-8.	5000	500	800	Tumpuan	735.5	Negatif	28860	1.34	0.0043	0.0057	2106		4	2640.74
		500	800	Lapangan	735.5	Positif	15210	0.24	0.0008	0.0010	1082	1857	3	1980.56

TABEL Perulangan Geser Balok Induk

Data Perencanaan :

$f'_c =$	30 Mpa	$\text{Dia. Sengkang} =$	10 mm
$f_y =$	320 Mpa	$\text{Dia. Tul. Utama} =$	29 mm
Deck, Atap =	50 mm	$S_{\max} < d \text{ muka kolom} =$	d4
Deck, Lantai =	40 mm	$S_{\max} > d \text{ muka Kolom} =$	d2

Balok melintang

Nama Balok	Dimensi				$V_u$ (kg)	$\phi V_c$ (N)	$1/2 \phi V_c$ (N)	$s$ Ada (mm)	$S_{\max}$ $< d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\max}$ $> d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\text{pakai}}$ $< d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\text{pakai}}$ $> d \text{ muka kolom}$ (mm)
	L (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)								
Lt 2-3	3750	500	800	735.5	25970	201425	100712.5	380.453	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	22740	201425	100712.5	853.5471	183.875	367.75	180	350
Lt 4-6	3750	500	800	735.5	20560	201425	100712.5	5310.361	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	23530	201425	100712.5	654.4913	183.875	367.75	180	350
Lt 7-8	3750	500	800	735.5	12730	201425	100712.5	-299.102	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	15390	201425	100712.5	-486.511	183.875	367.75	180	350

Balok memanjang

Nama Balok	Dimensi				$V_u$ (kg)	$\phi V_c$ (N)	$1/2 \phi V_c$ (N)	$s$ Ada (mm)	$S_{\text{ada}}$ $< d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\text{ada}}$ $> d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\text{pakai}}$ $< d \text{ muka kolom}$ (mm)	$S_{\text{pakai}}$ $> d \text{ muka kolom}$ (mm)
	L (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)								
Lt 2-3	5000	500	800	735.5	26390	201425	100712.5	354.8764	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	30430	201425	100712.5	215.5131	183.875	367.75	180	200
Lt 4-6	5000	500	800	735.5	25430	201425	100712.5	419.3078	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	33620	201425	100712.5	164.5031	183.875	367.75	165	165
Lt 7-8	5000	500	800	735.5	17220	201425	100712.5	-758.529	183.875	367.75	180	350
	7500	500	800	735.5	26010	201425	100712.5	377.8594	183.875	367.75	180	350

TABEL PERHITUNGAN NILAI KOLOM

$f_c' = 30 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 $E_c = 25742.95 \text{ MPa}$   
 $L_{\text{kolom}} = 4000 \text{ mm}$

Elemen	Ukuran (mm <sup>2</sup> )	EJ (N-mm <sup>2</sup> )
Balok	500 x 800	2.75E+14
Kolom	600 x 800	8.79E+14

As	Ukuran Kolom			Lc mm	Lb mm	T'a	T'b	K	KLut	Keterangan
	Lu (mm)	b (mm)	h (mm)							
B	3200	600	600	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
D	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
F	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
G	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
2	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
4	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
6	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
8	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
10	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek
12	3200	600	800	4000	7500	6.00E+00	1	0.84	11.2	kolom pendek

TABEL Penulangan Lentur Kolom

$f_c' = 30 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 $E_c = 25743 \text{ MPa}$   
 $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Elemen Kolom	Jenis Kolom	Dimensi (mm)			$P_u$ (ton)	$P_f$ (N)	Momen (ton.m)		Momen (ton.m)		$M_u$ (ton.m)	$P_u/A_g$ (Mpa)	$M_u/A_g h$ (Mpa)	$r^3$	$A_s$ perlu (mm <sup>2</sup> )	tulangan pakai	$A_s$ pakai (mm <sup>2</sup> )	$\beta^3$ aktual
		b	h	Lu			$M_{ux}$	$M_{uy}$	$\Delta M_{ux}$	$\Delta M_{uy}$								
Lt 1-4	C1-C12	800	800	3200	594	9138461.536	109.6	28.64	125.0215	87.65538	125.0215	9.28125	2.44E+00	0.01	6400	14 D 25	6868.75	0.0107
	C13-C14	800	800	3200	511.7	7872307.692	114.1	46.63	139.2085	108.0685	139.2085	7.995313	2.72E+00	0.01	6400	16 D 25	7850	0.0123
Lt 4-ataj	C1-C12	800	800	3200	338.8	5212307.692	72.67	19.98	83.42846	59.71	83.42846	5.29375	1.63E+00	0.01	6400	14 D 25	6868.75	0.0107
	C13-C14	800	800	3200	281.9	4339923.077	66.42	37.36	86.53692	73.12482	86.53692	4.404688	1.69E+00	0.01	6400	14 D 25	6868.75	0.0107

TABEL Penulangan Geser dan Torsi Kolom

$f_c' = 30 \text{ MPa}$   $\text{Dla. Sengkang} = 10 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 $Tul. Utama = 25 \text{ mm}$   
 $Sengkang = 10 \text{ mm}$   
 $Decking = 40 \text{ mm}$

Elemen	Jenis Kolom	Dimensi (mm)				$N_u$ (ton)	$V_u$ (ton)	$T_u$ (ton.m)	$T_u \min$ (ton.m)	$\phi V_c$ (ton)	$0.5\phi V_c$ (ton)	$s_{eda}$ (mm)	$s_{max\ 1}$ (mm)	$s_{max\ 2}$ (mm)	$s_{max\ 3}$ (mm)	sengkang terpasang
		b	h	Lu	d											
Lt 1-4	C1-C12	800	800	3200	737.5	594	40.02	7.2	8.4	107.48	53.73916	188.4	400	250	200	10 - 200
	C13-C24	800	800	3200	737.5	511.7	55.13	6.7	8.4	101.54	50.77089	510.0	400	250	200	10 - 200
Lt 4-ataj	C1-C12	800	800	3200	737.5	338.8	34.15	5.7	8.4	89.07	44.53498	188.4	400	250	200	10 - 200
	C13-C24	800	800	3200	737.5	281.9	31.44	5.1	8.4	84.97	42.40279	188.4	400	250	200	10 - 200

**SIMPANGAN ANTAR LANTAI SEBELUM ADA SHEAR WALL**

Arah X

No Master Joint	Tinggi (Cm)	Simpangan (Cm)	Simpangan Lantai (Cm)	Rasio	Kontrol
250	400	0.73	1.1183	< 2	0.002796 < 0.005 OK
350	400	1.3789	0.6489	< 2	0.001622 < 0.005 OK
450	400	3.3952	2.0163	< 2	0.005041 < 0.005 KO
550	400	5.9466	2.5516	< 2	0.008379 < 0.005 KO
650	400	8.8727	2.9259	< 2	0.007315 < 0.005 KO
750	400	13.3499	4.4772	< 2	0.011193 < 0.005 OK
850	400	18.5063	5.2164	< 2	0.013041 < 0.005 OK

Arah Y

No Master Joint	Tinggi (Cm)	Simpangan (Cm)	Simpangan Lantai (Cm)	Rasio	Kontrol
250	400	4.6376	1.1183	< 2	0.00279575 < 0.005 OK
350	400	3.729	1.1088	< 2	0.002772 < 0.005 OK
450	400	1.9358	1.7932	< 2	0.004483 < 0.005 OK
550	400	0.05302	1.88278	< 2	0.00470695 < 0.005 OK
650	400	4.2022	4.14918	< 2	0.01037295 < 0.005 KO
750	400	9.1733	4.9711	< 2	0.01242775 < 0.005 KO
850	400	13.2318	4.0585	< 2	0.01014625 < 0.005 KO

**SIMPANGAN ANTAR LANTAI SETELAH ADA SHEAR WALL**

Arah X

No Master Joint	Tinggi (Cm)	Simpangan (Cm)	Simpangan Lantai (Cm)	Rasio	Kontrol
250	400	0.789	1.1183	< 2	0.002796 < 0.005 OK
350	400	2.033	1.244	< 2	0.00311 < 0.005 OK
450	400	3.303	1.27	< 2	0.003175 < 0.005 OK
550	400	4.428	1.125	< 2	0.002613 < 0.005 OK
650	400	5.328	0.9	< 2	0.00225 < 0.005 OK
750	400	5.902	0.574	< 2	0.001435 < 0.005 OK
850	400	6.136	0.234	< 2	0.000585 < 0.005 OK

Arah Y

No Master Joint	Tinggi (Cm)	Simpangan (Cm)	Simpangan Lantai (Cm)	Rasio	Kontrol
250	400	2.367	1.1183	< 2	0.0027958 < 0.005 OK
350	400	1.329	1.038	< 2	0.002595 < 0.005 OK
450	400	3.303	1.974	< 2	0.0044935 < 0.005 OK
550	400	4.428	1.125	< 2	0.0028125 < 0.005 OK
650	400	5.328	0.9	< 2	0.00225 < 0.005 OK
750	400	5.902	0.574	< 2	0.001435 < 0.005 OK
850	400	6.136	0.234	< 2	0.000585 < 0.005 OK

PUSAT MASSA DAN MASSA PUNTIR

Lantai 2

BENTANG	AS	MACAM BEBAN	BERAT/W	X	Y	W.X	W.Y
BATANG		BERAT SENDIRI + BEBAB PLAT + DINDING (KG)	(KG)	(M)	(M)	(KG.M)	(KG.M)
<b>BALOK INDUK ARAH X</b>							
15 AS B	0.5*0.6*2400*15+(270+375+259.2+360)*15	33383	3	10.5	100089	350311.5	
7.5 AS B	0.5*0.6*2400*7.5+(270+375+259.2+360)*7.5	16681.5	3	29.25	50044.5	467933.88	
7.5 AS B	0.5*0.6*2400*7.5+(270+375)*7.5	12037.5	3	21.75	36112.5	261815.63	
15 AS D	0.5*0.8*2400*15+(270+375)*15*2	33750	10.5	10.5	354375	354375	
7.5 AS D	0.5*0.8*2400*7.5+(270+375)*7.5*2	16875	10.5	29.25	177187.5	493593.75	
30 AS F	0.5*0.8*2400*30+(270+375)*30*2	67500	18	18	1215000	1215000	
5 AS F	0.5*0.8*2400*5+(180+250)*5	6950	18	35.5	125100	248725	
30 AS G	0.5*0.8*2400*30+(270+375+259.2+360)*30	66726	21.75	18	1451290.5	1201068	
5 AS G	0.5*0.8*2400*5+(180+250+180+250)*5	9100	21.75	35.5	197925	323050	
<b>BALOK INDUK ARAH Y</b>							
3 AS 2	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3	4944	3	1.5	14832	7416	
3 AS 2	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3	4944	3	23.25	14832	114048	
3.75 AS 2	0.5*0.8*2400*3.75+(360+500)*3.75	6825	3	19.875	20475	135648.88	
15 AS 2	0.5*0.8*2400*15+(270+375)*15*2	24075	3	10.5	72225	252787.5	
3 AS 4	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	10.5	1.5	73564	10512	
3 AS 4	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	10.5	23.25	73564	162936	
3.75 AS 4	0.5*0.8*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	10050	10.5	19.875	105525	199743.75	
15 AS 4	0.5*0.8*2400*15+(270+375)*15*2	33750	10.5	10.5	354375	354375	
3 AS 6	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	18	1.5	126144	10512	
3 AS 6	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	18	23.5	126144	164668	
3.75 AS 6	0.5*0.8*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	10050	18	19.875	180900	199743.75	
7.5 AS 6	0.5*0.8*2400*7.5+(270+375)*7.5*2	16875	18	14.25	303750	240468.75	
3 AS 8	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	25.5	1.5	178704	10512	
3 AS 8	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3*2	7008	25.5	23.25	178704	162936	
3.75 AS 8	0.5*0.8*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	10050	25.5	19.875	256275	199743.75	
7.5 AS 8	0.5*0.8*2400*7.5+(270+375)*7.5*2	15875	25.5	14.25	430312.5	240468.75	
3 AS 10	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3	4944	33	1.5			
3 AS 10	0.5*0.8*2400*3+(288+400)*3	6926.4	33	23.25	228571.2	181038.8	
3.75 AS 10	0.5*0.8*2400*3.75+(360+500+306.7+420)*3.75	9572.625	33	19.875	315896.625	190255.92	
15 AS 10	0.5*0.8*2400*15+(270+375)*15	24075	33	10.5	794475	252787.5	
3 AS 12	0.5*0.8*2400*3+(276.6+384.2)*3	4862.4	38	23.5	184771.2	114266.4	
3.75 AS 12	0.5*0.8*2400*3+(306.7+426)*3.75	5627.625	38	19.875	213649.75	111649.05	
<b>BALOK ANAK ARAH Y</b>							
3 AS 3	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	6.75	1.5	39528	8784	
3 AS 3	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	6.75	23.25	39528	136152	
3.75 AS 3	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	6.75	19.875	56117.5	171123.75	
15 AS 3	0.4*0.6*2400*15+(270+375)*15*2	27990	8.75	10.5	188932.5	253895	
3 AS 5	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	14.25	1.5	83448	8784	
3 AS 5	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	14.25	23.25	83448	136152	
3.75 AS 5	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	14.25	19.875	122692.5	171123.75	
15 AS 5	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	14.25	10.5	122692.5	90405	
3 AS 7	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	21.75	1.5	127368	8784	
3 AS 7	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	21.75	23.25	127368	136152	
3.75 AS 7	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	21.75	19.875	187267.5	171123.75	
7.5 AS 7	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	21.75	14.25	187267.5	122692.5	
7.5 AS 7	0.4*0.6*2400*7.5	4320	21.75	6.75	93960	29160	
3 AS 9	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	29.25	1.5	171288	8784	
3 AS 9	0.4*0.6*2400*3+(288+400)*3*2	5856	29.25	23.25	171288	136152	
3.75 AS 9	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	29.25	19.875	251842.5	171123.75	
15 AS 9	0.4*0.6*2400*3.75+(360+500)*3.75*2	8610	29.25	10.5	251842.5	90405	
3 AS 11	0.5*0.8*2400*3+(276.6+384.2)*3	4862.4	35.5	1.5	172615.2	7293.6	
3.75 AS 11	0.5*0.8*2400*3+(306.7+426)*3.75	5627.625	35.5	23.25	199780.6875	130842.25	
<b>BALOK ANAK ARAH X</b>							
30 AS A	0.2*0.4*2400*30+(259.2+360)*30	24336	0	16	0	438048	
15 AS C	0.2*0.3*2400*15+(360+500)*15*2	27990	6.75	10.5	188730	293580	
7.5 AS C	0.2*0.3*2400*7.5+(360+500)*7.5*2	13980	6.75	29.25	94368	408915	
30 AS E	0.2*0.3*2400*30+(360+500)*30*2	55920	14.25	16	796860	1006560	
30 AS H	0.2*0.4*2400*30+(259.2+360)*30	24336	24.75	18	602316	438048	
5 AS H	0.2*0.4*2400*5+(180+250)*5	3110	24.75	39.5	76972.5	122845	
<b>SHEAR WALL</b>							
7.5 AS 6	4*7.5*0.35*2400*(270+375)*7.5	30037.5	18	6.75	540678	202753.13	
7.5 AS 8	4*7.5*0.35*2400*(270+375)*7.5	30037.5	25.5	6.75	785956.25	202753.13	

KOLOM						
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	3	3	18432	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	3	64512	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	18	3	110592	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	3	133632	18432
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	3	10.5	18432	64512
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	10.5	64512	64512
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	18	10.5	110592	64512
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	10.5	133632	64512
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	18	18	110592	110592
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	18	133632	110592
4 AS 8	0.8*0.8*2400*4	6144	18	25.5	110592	156672
4 AS 8	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	25.5	133632	156672
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	3	33	18432	202752
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	33	64512	202752
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	18	33	110592	202752
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	33	133632	202752
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	18	38	110592	233472
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	38	133632	233472
TOTAL		969704.075			15415378.91	15518199
MASSA STRUKTUR		96949.3954	Kgdt <sup>2</sup> /m'			
PUSAT MASSA (X)		15.895993	m			
PUSAT MASSA (Y)		16.0030256	m			
INERSIA (X)		44219.3555	m <sup>4</sup>	Luas		
INERSIA (Y)		88429.6675	m <sup>4</sup>		720	m <sup>2</sup>
MASSA PUNTIR		18229920.3	Kgdt <sup>2</sup> /m'			

PUSAT MASSA DAN MASSA PUNTIR

Lantai 3-7

BENTANG	AS	MACAM BEBAN	BERAT/W	X	Y	W.X	W.Y
	BATANG	BERAT SENDIRI + BEBAB PLAT + DINDING (KG)	(KG)	(M)	(M)	(KG.M)	(KG.M)
<b>BALOK INDUK ARAH X</b>							
3 AS B	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3*2	7206	3	1.5	21618	10809	
3 AS B	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3*2	7206	3	39.5	21618	284837	
15 AS B	0.5*0.8*2400*15*(441.56+234.375+423.9+225)*15	34272.525	3	10.5	102817.575	359861.513	
7.5 AS B	0.5*0.8*2400*7.5*(441.56+234.375+423.9+225)*7.5	17136.2625	3	29.25	51406.7875	501235.678	
7.5 AS B	0.5*0.8*2400*7.5*(441.56+234.375)*7.5	12288.5125	3	21.75	36808.5375	266661.867	
5 AS B	0.5*0.8*2400*5*(294.375+156.25)*5*2	9706.65	3	35.5	29119.95	344586.075	
3 AS D	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3*2	7206	10.5	1.5	75663	10809	
3 AS D	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3*2	7206	10.5	39.5	75663	284837	
15 AS D	0.5*0.8*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	34678.05	10.5	10.5	364119.525	364119.525	
7.5 AS D	0.5*0.8*2400*7.5*(441.56+234.375)*7.5*2	17339.025	10.5	29.25	182059.7625	507166.481	
5 AS D	0.5*0.8*2400*5*(294.375+156.25)*5*2	9706.65	10.5	35.5	101919.825	344586.075	
3 AS F	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3	5043	18	1.5	90774	75645	
30 AS F	0.5*0.8*2400*30*(441.56+234.375)*30*2	69356.1	18	18	1248409.8	1248409.8	
5 AS F	0.5*0.8*2400*5*(294.375+156.25)*5*2	9306.25	18	35.5	167512.5	330371.875	
3 AS F	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3	5043	18	39.5	90774	199198.5	
30 AS G	0.5*0.8*2400*30*(441.56+234.375+423.9+225)*30	66545.05	21.75	18	1490654.838	1233810.9	
5 AS G	0.5*0.8*2400*5*(294.375+156.25)*5*2	9306.25	21.75	35.5	202410.9375	330371.875	
<b>BALOK INDUK ARAH Y</b>							
3 AS 2	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	3	1.5	21618	10809	
3 AS 2	0.5*0.8*2400*3*(471+250)*3	5043	3	23.25	15129	117249.79	
3.75 AS 2	0.5*0.8*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75	6979.6875	3	19.875	20939.0625	138721.289	
15 AS 2	0.5*0.8*2400*15*(441.56+234.375+423.9+225)*15	34272.525	3	10.5	102817.575	359861.513	
3 AS 4	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	10.5	1.5	75663	10809	
3 AS 4	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	10.5	23.25	75663	167539.5	
3.75 AS 4	0.5*0.8*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	10359.375	10.5	19.875	108773.4375	205692.578	
15 AS 4	0.5*0.8*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	34678.05	10.5	10.5	364119.525	364119.525	
3 AS 6	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	18	1.5	129706	10809	
3 AS 6	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	18	23.5	129706	169341	
3.75 AS 6	0.5*0.8*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	10359.375	18	19.875	186468.75	205692.578	
7.5 AS 6	0.5*0.8*2400*7.5*(441.56+234.375)*7.5*2	17339.025	18	14.25	312102.45	247081.106	
3 AS 8	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	25.5	1.5	183753	10809	
3 AS 8	0.5*0.8*2400*3*(471+250+471+250)*3	7206	25.5	23.25	183753	167539.5	
3.75 AS 8	0.5*0.8*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	10359.375	25.5	19.875	264164.0625	205692.578	
7.5 AS 8	0.5*0.8*2400*7.5*(441.56+234.375)*7.5*2	17339.025	25.5	14.25	442145.1375	247081.106	
3 AS 10	0.5*0.8*2400*3*(471+250+452.5+240.162)*3	7120.986	33	1.5	234992.538	10681.479	
3 AS 10	0.5*0.8*2400*3*(471+250+452.5+240.162)*3	7120.986	33	23.25	234992.538	165562.925	
3.75 AS 10	0.5*0.8*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	9656.5625	33	19.875	325332.5625	195938.93	
15 AS 10	0.5*0.8*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	33551.025	33	10.5	1107183.825	352285.763	
3 AS 12	0.5*0.8*2400*3*(452.5+240.162+471+250)*3	7120.986	36	1.5	270597.468	10681.479	
3 AS 12	0.5*0.8*2400*3*(452.5+240.162)*3	4957.986	36	23.25	188403.468	116512.671	
3.75 AS 12	0.5*0.8*2400*3*(501.5+266.2)*3.75	5758.875	36	19.875	215837.25	114457.641	
15 AS 12	0.5*0.8*2400*15*(392.5+208.3+423.9+225)*15	33145.5	36	10.5	1259529	348027.75	
<b>BALOK ANAK ARAH Y</b>							
3 AS 1	0.2*0.4*2400*3*(471+250)*3	2739	0	1.5	0	4108.5	
15 AS 1	0.2*0.4*2400*3*(423.9+225)*15	10309.5	0	10.5	0	108249.75	
3 AS 3	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	6.75	1.5	40864.5	9081	
3 AS 3	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	6.75	23.25	40864.5	140755.5	
3.75 AS 3	0.4*0.6*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	8919.375	6.75	19.875	60205.78125	177272.578	
15 AS 3	0.4*0.6*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	28918.05	6.75	10.5	195196.8375	303639.525	
3 AS 5	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	14.25	1.5	88269.5	9081	
3 AS 5	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	14.25	23.25	88269.5	140755.5	
3.75 AS 5	0.4*0.6*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	8919.375	14.25	19.875	127101.0938	177272.578	
15 AS 5	0.4*0.6*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	28918.05	14.25	10.5	412082.2125	303639.525	
3 AS 7	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	21.75	1.5	131674.5	9081	
3 AS 7	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	21.75	23.25	131674.5	140755.5	
3.75 AS 7	0.4*0.6*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	8919.375	21.75	19.875	193996.4063	177272.578	
7.5 AS 7	0.4*0.6*2400*7.5*(441.56+234.375)*7.5*2	14459.025	21.75	14.25	314483.7938	206041.106	
7.5 AS 7	0.4*0.6*2400*7.5	4320	21.75	6.75	93960	29160	
3 AS 9	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	29.25	1.5	177079.5	9081	
3 AS 9	0.4*0.6*2400*3*(471+250+471+250)*3	6054	29.25	23.25	177079.5	140755.5	
3.75 AS 9	0.4*0.6*2400*3.75*(588.75+312.5)*3.75*2	8919.375	29.25	19.875	200801.7188	177272.578	
15 AS 9	0.4*0.6*2400*15*(441.56+234.375)*15*2	28918.05	29.25	10.5	845652.9625	303639.525	
3 AS 11	0.4*0.6*2400*3*(452.5+240.162)*3*2	5883.972	35.5	1.5	206881.006	8825.958	
3 AS 11	0.4*0.6*2400*3*(452.5+240.162)*3*2	5883.972	35.5	23.25	206881.006	136802.349	
3.75 AS 11	0.4*0.6*2400*3.75*(501.5+266.2)*3.75*2	7917.75	35.5	19.875	261080.125	157365.281	
15 AS 11	0.4*0.6*2400*15*(392.5+208.3)*15*2	26664	35.5	10.5	946572	279972	
3 AS 13	0.2*0.4*2400*3*(471+250)*3	2739	41	1.5	112299	4108.5	
15 AS 13	0.2*0.4*2400*3*(423.9+225)*15	10309.5	41	10.5	422689.5	108249.75	

BALOK ANAK ARAH X						
3 AS A	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3$	2739	0	1.5	0	4106.5
3 AS A	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3$	2739	0	39.5	0	106190.5
30 AS A	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 30 \times (423.9 + 225) \times 30$	25227	0	18	0	454086
5 AS A	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 5 \times (471 + 250) \times 5$	4565	0	35.5	0	162057.5
3 AS C	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3 \times 2$	4758	6.75	1.5	32116.5	7137
3 AS C	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3 \times 2$	4758	6.75	39.5	32116.5	187941
15 AS C	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 15 \times (588.75 + 312.5) \times 15 \times 2$	29197.5	6.75	10.5	197063.125	306573.75
7.5 AS C	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 7.5 \times (588.75 + 312.5) \times 7.5 \times 2$	14598.75	6.75	29.25	98541.5625	427013.438
5 AS C	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 5 \times (294.375 + 156.25) \times 5 \times 2$	5226.25	6.75	35.5	35277.1875	185531.875
3 AS E	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3$	2595	14.25	1.5	36978.75	3892.5
30 AS E	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 30 \times (588.75 + 312.5) \times 30 \times 2$	58395	14.25	18	832128.75	1051110
5 AS E	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 5 \times (294.375 + 156.25) \times 5 \times 2$	5226.25	14.25	35.5	74474.0625	185531.875
3 AS E	$0.2 \times 0.3 \times 2400 \times 3 \times (471 + 250) \times 3$	2595	14.25	39.5	36978.75	102502.5
30 AS H	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 30 \times (423.9 + 225) \times 30$	25227	24.75	18	624366.25	454086
5 AS H	$0.2 \times 0.4 \times 2400 \times 5 \times (471 + 250) \times 5$	4565	24.75	39.5	112963.75	180317.5
SHEAR WALL						
7.5 AS 6	$4 \times 7.5 \times 0.35 \times 2400 + (588.75 + 312.5) \times 7.5$	31959.375	18	6.75	575268.75	215725.781
7.5 AS 6	$4 \times 7.5 \times 0.35 \times 2400 + (588.75 + 312.5) \times 7.5$	31959.375	25.5	6.75	814964.0625	215725.781
KOLOM						
4 AS 2	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	3	3	18432	18432
4 AS 2	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	10.5	3	64512	18432
4 AS 2	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	3	110592	18432
4 AS 2	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	3	133632	18432
4 AS 4	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	3	10.5	18432	64512
4 AS 4	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	10.5	10.5	64512	64512
4 AS 4	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	10.5	110592	64512
4 AS 4	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	10.5	133632	64512
4 AS 6	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	18	110592	110592
4 AS 6	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	18	133632	110592
4 AS 8	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	25.5	110592	156672
4 AS 8	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	25.5	133632	156672
4 AS 10	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	3	33	18432	202752
4 AS 10	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	10.5	33	64512	202752
4 AS 10	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	33	110592	202752
4 AS 10	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	33	133632	202752
4 AS 12	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	3	38	18432	233472
4 AS 12	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	10.5	38	64512	233472
4 AS 12	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	18	38	110592	233472
4 AS 12	$0.8 \times 0.8 \times 2400 \times 4$	6144	21.75	38	133632	233472
TOTAL		1277638.54			21666295.13	20707602.9
MASSA STRUKTUR		130371.279	Kgdt <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>			
PUSAT MASSA (X)		16.9580789	m			
PUSAT MASSA (Y)		16.2077163	m			
INERSIA (X)		51799.8164	m <sup>4</sup>	Luas		
INERSIA (Y)		142149.563	m <sup>4</sup>		918 m <sup>2</sup>	
MASSA PUNTIR		27544039.9	Kgdt <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>			

PUSAT MASSA DAN MASSA PUNTIR

A32

BENTANG	AS	MACAM BEBAN	BERAT/W	X	Y	W.X	W.Y
BATANG		BERAT SENDIRI + BEBAB PLAT + DINDING (KG)	(KG)	(M)	(M)	(KG.M)	(KG.M)
<b>BALOK INDUK ARAH X</b>							
3	AS B	0.5*0.8*2400*3+(375+100)*3*2	5730	3	1.5	17190	8595
3	AS B	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	3	39.5	17190	226335
30	AS B	0.5*0.8*2400*30*(351.6+93.75)+337.5+90)*30	54985.5	3	18	164956.5	869739
5	AS B	0.5*0.8*2400*5*(234.375+62.5)*5*2	7768.75	3	35.5	23306.25	275790.63
3	AS D	0.5*0.8*2400*3+(375+100)*3*2	5730	10.5	1.5	60165	8595
3	AS D	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	10.5	39.5	60165	226335
30	AS D	0.5*0.8*2400*30*(351.6+93.75)*30*2	54985.5	10.5	18	577347.75	989739
5	AS D	0.5*0.8*2400*5*(234.375+62.5)*5*2	7768.75	10.5	35.5	81571.875	275790.63
3	AS F	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	18	1.5	103140	8595
3	AS F	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	18	39.5	103140	226335
30	AS F	0.5*0.8*2400*30*(351.6+93.75)*30*2	54985.5	18	18	869739	989739
5	AS F	0.5*0.8*2400*5*(234.375+62.5)*5*2	7768.75	18	35.5	139637.5	275790.63
3	AS G	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	21.75	1.5	124627.5	8595
3	AS G	0.5*0.8*2400*3*(375+100)*3*2	5730	21.75	39.5	124627.5	226335
30	AS G	0.5*0.8*2400*30*(351.6+93.75)+337.5+90)*30	54985.5	21.75	18	1166934.625	989739
5	AS G	0.5*0.8*2400*5*(234.375+62.5)*5*2	7768.75	21.75	35.5	168970.3125	275790.63
<b>BALOK INDUK ARAH Y</b>							
3	AS 2	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	3	1.5	17190	8595
3	AS 2	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	3	23.25	17190	133222.5
3.75	AS 2	0.5*0.8*2400*3.75*(351.6+93.75)+442.5+118)*3.75	7371.938	3	19.875	22115.8125	146517.25
15	AS 2	0.5*0.8*2400*15*(351.6+93.75)+337.5+90)*15	27492.75	3	10.5	82478.25	288673.88
3	AS 4	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	10.5	1.5	60165	8595
3	AS 4	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	10.5	23.25	60165	133222.5
3.75	AS 4	0.5*0.8*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	8063.125	10.5	19.875	84557.8125	160055.86
15	AS 4	0.5*0.8*2400*15*(351.6+93.75)*15*2	27760.5	10.5	10.5	291485.25	291485.25
3	AS 6	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	18	1.5	103140	8595
3	AS 6	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	18	23.25	103140	134655
3.75	AS 6	0.5*0.8*2400*3.75*(458.75+125)*3.75*2	8063.125	18	19.875	144956.25	160055.86
7.5	AS 6	0.5*0.8*2400*7.5*(351.6+93.75)*7.5*2	13880.25	18	14.25	249844.5	197793.56
3	AS 8	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	25.5	1.5	146115	8595
3	AS 8	0.5*0.8*2400*3*(375+100+375+100)*3	5730	25.5	23.25	146115	133222.5
3.75	AS 8	0.5*0.8*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	8063.125	25.5	19.875	205354.6875	160055.86
7.5	AS 8	0.5*0.8*2400*7.5*(351.6+93.75)*7.5*2	13880.25	25.5	14.25	353946.375	197793.56
3	AS 10	0.5*0.8*2400*3*(375+100+312.5+83.3)*3	5492.4	33	15	181249.2	82386
3	AS 10	0.5*0.8*2400*3*(375+100+312.5+83.3)*3	5492.4	33	23.25	181249.2	127693.3
3.75	AS 10	0.5*0.8*2400*3.75*(458.75+125)*3.75*3	7723.313	33	19.875	254869.3125	153500.84
15	AS 10	0.5*0.8*2400*15*(351.6+93.75)+312.5+83.3)*15	27017.25	33	10.5	891569.25	283681.13
3	AS 12	0.5*0.8*2400*3*(312.5+83.3+375+100)*3	5492.4	36	15	206711.2	82386
3	AS 12	0.5*0.8*2400*3*(312.5+83.3+375+100)*3	5492.4	36	23.25	206711.2	129071.4
3.75	AS 12	0.5*0.8*2400*3.75*(399.3+106.5+442.5+118)*3.75	7598.625	36	19.875	288747.75	151022.67
15	AS 12	0.5*0.8*2400*15*(312.5+83.3+337.5+90)*15	26749.5	36	10.5	1016481	280669.75
<b>BALOK ANAK ARAH Y</b>							
3	AS 1	0.2*0.4*2400*3*(375+100)*3	2001	0	1.5	0	3001.5
3	AS 1	0.2*0.4*2400*3*(375+100)*3	2001	0	24.75	0	49524.75
3.75	AS 1	0.2*0.4*2400*3.75*(442.5+118)*3.75	2821.875	0	19.875	0	56064.766
15	AS 1	0.2*0.4*2400*3*(337.5+100)*15	7138.5	0	10.5	0	74954.25
3	AS 3	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	6.75	1.5	30901.5	6887
3	AS 3	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	6.75	24.75	30901.5	113305.5
3.75	AS 3	0.4*0.6*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	6613.125	6.75	19.875	44638.59375	131435.86
15	AS 3	0.4*0.6*2400*15*(351.6+93.75)*15*2	22000.5	6.75	10.5	148503.375	231005.25
3	AS 5	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	14.25	1.5	65236.5	6887
3	AS 5	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	14.25	23.25	65236.5	106435.5
3.75	AS 5	0.4*0.6*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	6613.125	14.25	19.875	94237.03125	131435.86
15	AS 5	0.4*0.6*2400*15*(351.6+93.75)*15*2	22000.5	14.25	10.5	313507.125	231005.25
3	AS 7	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	21.75	1.5	99571.5	6887
3	AS 7	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	21.75	24.75	99571.5	113305.5
3.75	AS 7	0.4*0.6*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	6613.125	21.75	19.875	143835.4688	131435.86
15	AS 7	0.4*0.6*2400*15*(351.6+93.75)*15*2	22000.5	21.75	10.5	478510.875	231005.25
3	AS 9	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	29.25	1.5	133906.5	6887
3	AS 9	0.4*0.6*2400*3*(375+100+375+100)*3	4578	29.25	23.25	133906.5	106435.5
3.75	AS 9	0.4*0.6*2400*3.75*(468.75+125)*3.75*2	6613.125	29.25	19.875	193433.9063	131435.86
15	AS 9	0.4*0.6*2400*15*(351.6+93.75)*15*2	22000.5	29.25	10.5	643514.625	231005.25
3	AS 11	0.4*0.6*2400*3*(312.5+83.3)*3*2	4102.8	35.5	1.5	145649.4	8154.2
3	AS 11	0.4*0.6*2400*3*(312.5+83.3)*3*2	4102.8	35.5	23.25	145649.4	95390.1
3.75	AS 11	0.4*0.6*2400*3.75*(399.3+106.5)*3.75*2	5953.5	35.5	19.875	211349.25	118325.81
15	AS 11	0.4*0.6*2400*15*(312.5+83.3)*15*2	20514	35.5	10.5	728247	215397
3	AS 13	0.2*0.4*2400*3*(375+100)*3	2001	41	1.5	82041	3001.5
3	AS 13	0.2*0.4*2400*3*(375+100)*3	2001	41	24.75	82041	49524.75
3.75	AS 13	0.2*0.4*2400*3.75*(442.5+118)*3.75	2821.875	41	19.875	115696.875	56064.766
15	AS 13	0.2*0.4*2400*3*(337.5+100)*15	7138.5	41	10.5	292678.5	74954.25

BALOK ANAK ARAH X						
3 AS A	0.2*0.4*2400*3+(442.5+118)*3	2257.5	0	1.5	0	3386.25
3 AS A	0.2*0.4*2400*3+(442.5+118)*3	2257.5	0	3.5	0	89171.25
30 AS A	0.2*0.4*2400*30+(337.5+100)*30	18885	0	18	0	339930
5 AS A	0.2*0.4*2400*5+(234.375+62.5)*5	2444.375	0	35.5	0	66775.313
3 AS C	0.4*0.6*2400*3+(375+100)*3*2	4578	6.75	1.5	30901.5	6667
3 AS C	0.4*0.6*2400*3+(375+100)*3*2	4578	6.75	3.5	30901.5	180831
30 AS C	0.4*0.6*2400*30+(351.6+93.75)*30*2	44001	6.75	18	297006.75	792018
5 AS C	0.4*0.6*2400*5+(234.375+62.5)*5*2	5848.75	6.75	29.25	39479.0625	171075.94
3 AS E	0.4*0.6*2400*3+(375+100)*3*2	4578	14.25	1.5	65236.5	6667
3 AS E	0.4*0.6*2400*3+(375+100)*3*2	4578	14.25	3.5	65236.5	180831
30 AS E	0.4*0.6*2400*30+(351.6+93.75)*30*2	44001	14.25	18	627014.25	792018
3 AS E	0.4*0.6*2400*5+(234.375+62.5)*5*2	5848.75	14.25	29.25	83344.6875	171075.94
3 AS H	0.2*0.4*2400*3+(442.5+118)*3	2257.5	24.75	1.5	55873.125	3386.25
3 AS H	0.2*0.4*2400*30+(337.5+100)*30	2257.5	24.75	3.5	55873.125	89171.25
30 AS H	0.2*0.4*2400*5+(234.375+62.5)*5	18885	24.75	18	467403.75	339930
5 AS H	0.2*0.4*2400*5+(234.375+62.5)*5	2444.375	24.75	35.5	60498.28125	66775.313
SHEAR WALL						
7.5 AS 6	4*7.5*0.35*2400+(351.6+93.75)*7.5	28540.13	18	6.75	513722.25	192545.84
7.5 AS 6	4*7.5*0.35*2400+(351.6+93.75)*7.5	28540.13	25.5	6.75	727773.1875	192545.84
KOLOM						
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	3	3	18432	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	3	64512	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	18	3	110592	18432
4 AS 2	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	3	133632	18432
4 AS 4	0.5*0.5*2400*4	6144	3	10.5	18432	64512
4 AS 4	0.5*0.5*2400*4	6144	10.5	10.5	64512	64512
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	18	10.5	110592	64512
4 AS 4	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	10.5	133632	64512
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	18	18	110592	110592
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	18	133632	110592
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	18	25.5	110592	156672
4 AS 6	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	25.5	133632	156672
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	3	33	18432	202752
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	33	64512	202752
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	18	33	110592	202752
4 AS 10	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	33	133632	202752
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	3	38	18432	233472
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	10.5	38	64512	233472
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	18	38	110592	233472
4 AS 12	0.8*0.8*2400*4	6144	21.75	38	133632	233472
TOTAL		1111637			18711605.76	18445160
MASSA STRUKTUR		113432.4	Kgdt*2/m <sup>2</sup>			
PUSAT MASSA (X)		16.83248	m			
PUSAT MASSA (Y)		16.59279	m			
INERSIA (X)		51799.82	m <sup>4</sup>	Luas		1014.75 m <sup>2</sup>
INERSIA (Y)		142149.6	m <sup>4</sup>			
MASSA PUNTIR		21680352	Kgdt*2/m <sup>2</sup>			

PUSAT KEKAKUAN

Lantai 2

BENTANG	AS BATANG	Kiy	Kix	Jarak - x (m)	Jarak - y (m)	Kiy,dx	Kix,dy
<b>SHEAR WALL</b>							
7.5	AS 6	0.0026	0.0549	18	6.75	0.9890	0.3709
7.5	AS 6	0.0026	0.0549	25.5	6.75	1.4011	0.3709
<b>KOLOM</b>							
4	AS 2	0.0294	0.0294	3	3	0.0882	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	10.5	3	0.3088	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	18	3	0.5294	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	21.75	3	0.6397	0.0882
4	AS 4	0.0294	0.0294	3	10.5	0.0882	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	10.5	10.5	0.3088	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	18	10.5	0.5294	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	21.75	10.5	0.6397	0.3088
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	18	0.5294	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	18	0.6397	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	25.5	0.5294	0.7500
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	25.5	0.6397	0.7500
4	AS 10	0.0294	0.0294	3	33	0.0882	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	10.5	33	0.3088	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	18	33	0.5294	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	21.75	33	0.6397	0.9706
4	AS 12	0.0294	0.0294	18	38	0.5294	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	21.75	38	0.6397	1.1176
Total		0.5347	0.6393			10.5960	11.0065

Cr X = 19.8174  
Y = 17.2164

Lantai 3-7

BENTANG	AS BATANG	Kiy	Kix	Jarak - x (m)	Jarak - y (m)	Kiy,dx	Kix,dy
<b>SHEAR WALL</b>							
7.5	AS 6	0.0026	0.0549	18	6.75	0.9890	0.3709
7.5	AS 6	0.0026	0.0549	25.5	6.75	1.4011	0.3709
<b>KOLOM</b>							
4	AS 2	0.0294	0.0294	3	3	0.0882	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	10.5	3	0.3088	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	18	3	0.5294	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	21.75	3	0.6397	0.0882
4	AS 4	0.0294	0.0294	3	10.5	0.0882	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	10.5	10.5	0.3088	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	18	10.5	0.5294	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	21.75	10.5	0.6397	0.3088
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	18	0.5294	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	18	0.6397	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	25.5	0.5294	0.7500
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	25.5	0.6397	0.7500
4	AS 10	0.0294	0.0294	3	33	0.0882	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	10.5	33	0.3088	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	18	33	0.5294	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	21.75	33	0.6397	0.9706
4	AS 12	0.0294	0.0294	3	38	0.0882	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	10.5	38	0.3088	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	18	38	0.5294	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	21.75	38	0.6397	1.1176
Total		0.5935	0.6981			10.9931	13.2418

Cr X = 18.5222  
Y = 18.9676

**PUSAT KEKAKUAN**

Lantai Atap

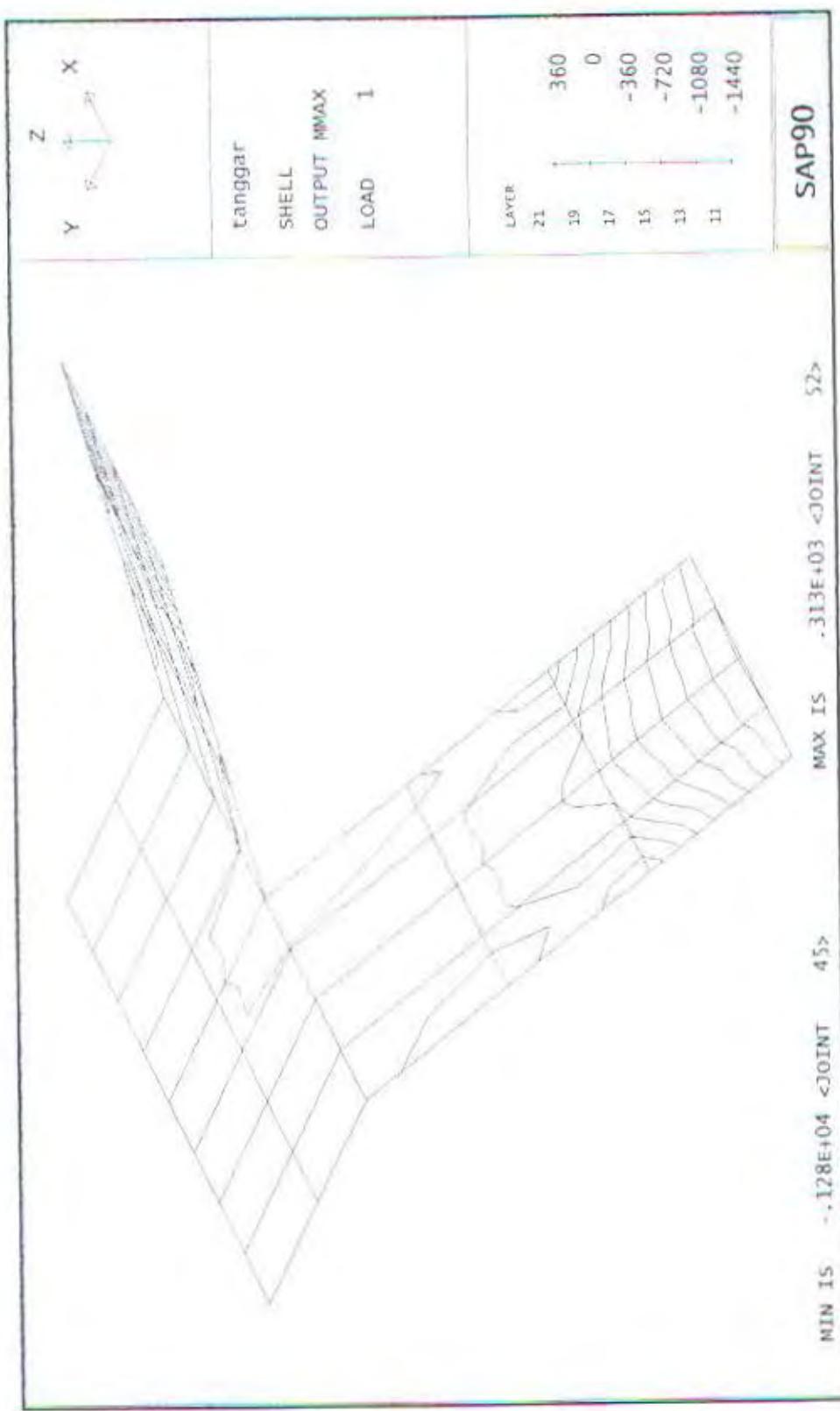
BENTANG	AS	Kly	Kix	Jarak - z (m)	Jarak - y (m)	Kiy.dx	Kix.dy
BATANG							
<b>SHEAR WALL</b>							
7.5	AS 6	0.0026	0.0549	18	6.75	0.9690	0.3709
7.5	AS 8	0.0026	0.0549	25.5	6.75	1.4011	0.3709
<b>KOLOM</b>							
4	AS 2	0.0294	0.0294	3	3	0.0882	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	10.5	3	0.3088	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	18	3	0.5294	0.0882
4	AS 2	0.0294	0.0294	21.75	3	0.6397	0.0882
4	AS 4	0.0294	0.0294	3	10.5	0.0882	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	10.5	10.5	0.3088	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	18	10.5	0.5294	0.3088
4	AS 4	0.0294	0.0294	21.75	10.5	0.6397	0.3088
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	18	0.5294	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	18	0.6397	0.5294
4	AS 6	0.0294	0.0294	18	25.5	0.5294	0.7500
4	AS 6	0.0294	0.0294	21.75	25.5	0.6397	0.7500
4	AS 10	0.0294	0.0294	3	33	0.0882	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	10.5	33	0.3088	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	18	33	0.5294	0.9706
4	AS 10	0.0294	0.0294	21.75	33	0.6397	0.9706
4	AS 12	0.0294	0.0294	3	36	0.0882	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	10.5	36	0.3088	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	18	36	0.5294	1.1176
4	AS 12	0.0294	0.0294	21.75	36	0.6397	1.1176
Total		0.5935	0.6961			10.9931	13.2416
Cr	X =	18.5222					
	Y =	18.9676					

Lantai	Eksentrisitas	
	X	y
2	3.9204	0.9381
3	1.5642273	2.759872593
4	1.5642273	2.759872593
5	1.5642273	2.759872593
6	1.5642273	2.759872593
7	1.5642273	2.759872593
Atap	1.6897	2.3748

```

TANGGA [KG-M]
SYSTEM
L=1
:
JOINTS
1 X=0 Y=0 Z=0
5 X=1.5 Y=0 Z=0
16 X=0 Y=2.5 Z=2
20 X=1.5 Y=2.5 Z=2 Q=1,5,16,20,1,5
24 X=3.0 Y=2.5 Z=2 G=20,24,1
25 X=0 Y=3.25 Z=2
33 X=3.0 Y=3.25 Z=2
34 X=0 Y=4 Z=2
42 X=3.0 Y=4 Z=2 Q=25,33,34,42,1,9
43 X=1.5 Y=0 Z=4
47 X=3.0 Y=0 Z=4
53 X=1.5 Y=1.67 Z=2.66
57 X=3 Y=1.67 Z=2.66 Q=43,47,53,57,1,5
:
RESTRAINTS
1 57 1 R=1,1,0,0,0,1
1 5 1 R=1,1,1,1,1,1
34 42 1 R=1,1,0,0,0,1
43 47 1 R=1,1,1,1,1,1
:
SHELL
NM=1 Z=-1 P=-1
1 E=2.76E+9 U=0.15 W=2400
1 JQ=1,2,6,7 M=1 ETYP=2 TH=0.23 G=4,3
13 JQ=16,17,25,26 M=1 ETYP=2 TH=0.15 G=8,2
29 JQ=43,44,48,49 M=1 ETYP=2 TH=0.23 G=4,2
37 JQ=53,54,20,21 M=1 ETYP=2 TH=0.23 G=4,1
:
POTENTIAL
6 15 1 P=262,262
16 24 1 P=205.25,205.25
25 33 1 P=148.5,148.5
48 57 1 P=262,262

```



## BALOK ANAK LANTAI 2 AS 11 (F-H)

SYSTEM

1=3

POINT

1	X=0	Z=0
2	X=1,75	Z=0
3	X=3,75	Z=0

RESTRAINT

1,3,1	R=0,1,0,1,0,1
1,3,1	R=1,1,1,1,0,1

FRAME

1M=1	X=0	Z=-1,0,-1	
	Z=1,40	Z=0,40	M=1400*0,40*0,60 E=2,78E+9
	Z=1,40	Z=0,40	M=1400*0,40*0,60 E=2,78E+9
	Z=0,0,-468,3		
	Z=0,0,-651,84		
	Z=1,0,-651,84		
	Z=0,0,-368,3		
	Z=1,0,-737,513		
2	Z=0,0,560,995		
1,1,2	R=1	1R=2,0 NSI=1,2,3	
1,2,2	R=2	NSI=4,5,6	

COMB

1	Z=1,0,0
2	Z=0,1,0
3	Z=0,0,1
4	Z=1,2,1,0,0
5	Z=0,1,0,1,0

## BALOK ANAK LANTAI 2 AS 3 (A-H)=5 (A-H)=9 (A-H)

SYSTEM

1=6

POINT

1	X=0	Z=0
2	X=1	Z=0
3	X=2	Z=0
4	X=3,75	Z=0
5	X=3,75	Z=0

DEFORMATION

1,6,1	R=0,1,0,1,0,1
1,6,2	R=1,1,1,1,0,1

FRAME

1M=1	X=0	Z=-1,0,-1	
	Z=1,40	Z=0,40	M=1400*0,40*0,60 E=2,78E+9
	Z=1,40	Z=0,40	M=1400*0,40*0,60 E=2,78E+9
	Z=0,0,-394		
	Z=1,0,-394		
	Z=0,0,-575,50		
	Z=1,0,-575,50	Z=1,-75,-2022,0942	
	Z=1,0,-575,50	Z=1,-75,-4178,78532	
	Z=0,0,-717,50	Z=1,-75,-4007,4010	
	Z=0,0,-447,50		
	Z=0,0,-113,50		
	Z=0,0,-31,50		

1,1,2 M=2 LP=-2,0 NSL=1,2,3 G=1,4,4,4  
 2,2,3 M=1 NSL=4,5,6  
 3,3,4 M=1 NSL=4,5,6  
 4,4,5 M=2 NSL=7,8,9

#### COMBO

1 C=1,0,0  
 2 C=0,1,0  
 3 C=0,0,1  
 4 C=1,1,1,0,0  
 5 C=0,1,0,1,2

#### BALOK ANAK LANTAI 2 AS 7 (A-H)

SYSTPM

L=6

#### JOUNT

1 X=0 Z=0  
 2 X=3 Z=0  
 3 X=18 Z=0 G=2,4,1  
 5 X=21.75 Z=0  
 6 X=24.75 Z=0

#### RESTRAINT

1,6,1 R=0,1,0,1,0,1  
 1,6,1 R=1,1,1,1,0,1

#### FRAME

NM=2 NL=12 Z=-1,0,-1  
 1 E=0.40 D=0.60 W=2400\*0.40\*0.60 E=2.78E+9  
 2 E=0.20 D=0.35 W=2400\*0.40\*0.60 E=2.78E+9  
 1 WG=0,0,-384  
 2 WG=0,0,-800  
 3 WG=0,0,-575.56  
 4 WG=0,0,-260  
 5 WG=0,0,-756  
 6 WG=0,0,-539.586  
 7 WG=0,0,-360 PLD=2.75,-2363.0624  
 8 WG=0,0,-730 PLD=2.75,-3786.9911  
 9 WG=0,0,-539.586 PLD=2.75,-3269.8775  
 10 WG=0,0,-460  
 11 WG=0,0,-1300  
 12 WG=0,0,-719.48  
 1,1,2 M=2 LP=-2,0 NSL=1,2,3 G=1,4,4,4  
 2,2,3 M=1 NSL=4,5,6  
 3,3,4 M=1 NSL=7,8,9  
 4,4,5 M=2 NSL=10,11,12

#### COMBO

1 C=1,0,0  
 2 C=0,1,0  
 3 C=0,0,1  
 4 C=1,1,1,0,0  
 5 C=0,1,0,1,2

**BALOK CUCU LANTAI 2 AS C(2-6)**

SYSTEM

L=3

JOINT

1	X=0	Z=0	
5	Y=15	Z=0	G=1,5,1

RESTRAINT

1,5,1	S=0,1,0,1,0,1
1,5,1	T=1,1,1,1,0,1

FRAME

IGM=1	M=3	Z=-1,0,-1	
1	P=0,20	D=0,30	W=1400*0,20*0,30 E=2,78E+9
4	WG=0,0,-480		
5	WS=0,0,-1000		
5	WG=0,0,-719,45		
4,1,2	M=1	LP=-2,0 NSL=1,2,3	G=3,1,1,1

COMBO

1	C=1,0,0	
2	C=0,1,0	
3	C=0,0,1	
4	C=1,2,1,6,0	
5	C=0,1,6,1,2	

**BALOK CUCU LANTAI 2 AS C(8-10)**

SYSTEM

L=2

JOINT

1	X=0	Z=0	
3	S=1,5	Z=0	G=1,2,1

RESTRAINT

1,3,1	S=0,1,0,1,0,1
1,3,1	S=1,1,1,2,0,1

FRAME

IGM=1	M=3	Z=-1,0,-1	
1	P=0,20	D=0,30	W=1400*0,20*0,30 E=2,78E+9
1	WG=0,0,-480		
5	WS=0,0,-1000		
5	WG=0,0,-719,45		
4,1,2	M=1	LP=-2,0 NSL=1,2,3	G=1,1,1,1

COMBO

1	C=1,0,0	
2	C=0,1,0	
3	C=0,0,1	
4	C=1,2,1,6,0	
5	C=0,1,6,1,2	

BALOK CUCU LANTAI 2 AS E(2-10)

SYSTEM

L=3

JOINT

1        X=0        Z=0  
2        X=30        Z=0        G=1,9,1

RESTRAINT

1,9,1    R=0,1,0,1,0,1  
1,9,1    R=1,1,1,1,0,1

FRAME

NM=1    Xl=3        Z=-1,0,-1  
1        D=0,20      D=0,30      W=2400\*0,20\*0,30    E=2,78E+3  
2        WG=0,0,-480  
3        WG=0,0,-1000  
3        WG=0,0,-219,45  
4,1,2    M=1        LF=-2,0    NSL=1,2,3        G=7,1,1,1

COMBO

1        C=1,0,0  
2        C=0,1,0  
3        C=0,0,1  
4        C=1,2,1,6,0  
5        C=0,1,6,1,2

BALOK ANAK LANTAI 3 AS 11 (A-H)

SYSTEM

L=6

JOINT

1        X=0        Z=0  
2        X=3        Z=0  
3        X=18        Z=0        G=5,4,1  
4        X=11,75    Z=0  
5        X=24,75    Z=0

RESTRAINT

1,6,1    R=0,1,0,1,0,1  
1,6,1    R=1,1,1,1,0,1

FRAME

NM=1    Xl=12        Z=-1,0,-1  
1        D=0,40      D=0,60      W=2400\*0,40\*0,60    E=2,78E+3  
2        D=0,20      D=0,35      W=2400\*0,40\*0,60    E=2,78E+3  
3        WG=0,0,-368,0  
4        WG=0,0,-480,324  
5        WG=0,0,-905  
6        WG=0,0,-320        FLD=3,75,-934,3947  
7        WG=0,0,-416,6        FLD=3,75,-1016,9784  
8        WG=0,0,-785        FLD=3,75,-2748,4392  
9        WG=0,0,-320        FLD=3,75,-2359,7554  
10      WG=0,0,-416,6        FLD=3,75,-2673,6333  
11      WG=0,0,-785        FLD=3,75,-5342,3809  
12      WG=0,0,-408,9  
13      WG=0,0,-532,4  
14      WG=0,0,-1003  
1,2,3    M=2        LF=-3,0    NSL=1,1,3        G=1,4,4,4  
1,2,3    M=1                    NSL=4,5,6

3,3,4 M=1 NSL=7,8,9  
4,4,5 M=2 NSL=10,11,12

## COMBO

1 C=1,0,0  
2 C=0,1,0  
3 C=0,0,1  
4 C=1,2,1,0,0  
5 C=0,1,0,1,2

## BALOK ANAK LANTAI 3 AS 3 (A-H) =5 (A-H) =9 (A-H)

## SYSTEM

## TAN

## JOINT

1 X=0 Y=0 Z=0  
2 X=3 Y=0 Z=0  
3 Y=18 Z=0 G=3,4,1  
4 X=21.75 Y=0 Z=0  
5 X=24.75 Y=0 Z=0

## RESTRAINT

1,6,1 R=0,1,0,1,0,1  
1,6,1 R=1,1,1,1,0,1

## FRAME

NM=2 ML=9 Z=-1,0,-1  
1 B=0,40 D=0,60 W=2400\*0,40\*0,60 E=2,78E+9  
2 B=0,20 D=0,30 W=2400\*0,40\*0,60 E=2,78E+9  
3 WZ=0,0,4284  
4 WG=0,0,-500  
5 MG=0,0,-24  
6 CG=0,0,-2400 PLD=0,75,-2667,1459  
7 WZ=0,0,-160,75 PLD=1,75,-2667,0598  
8 WZ=0,0,-293,125 PLD=1,75,-5651,0596  
9 MG=0,0,-420  
10 WG=0,0,-628  
11 WZ=0,0,-1237,5  
12 M=-17=-2,0 NSL=1,2,3 G=1,4,4,4  
13 M=1 NSL=4,5,6  
14 M=1 NSL=4,5,6  
15 M=0 NSL=7,8,9

## CABLE

1 C=1,0,0  
2 C=0,1,0  
3 C=0,0,1  
4 C=1,2,1,0,0  
5 C=0,1,0,1,2

BALOK ANAK LANTAI 3 AS 7 (A-H)

SYSTEM

L=6

JOINT

1	X=0	Z=0	
2	X=3	Z=0	
4	X=15	Z=0	G=2, 4, 1
5	X=21.75	Z=0	
6	X=24.75	Z=0	

RESTRAINT

1, 6, 1	P=0, 0, 0, 1, 0, 1
1, 6, 1	P=1, 1, 1, 1, 0, 1

FRAME

NM=2	X=12	Z=-1, 0, -1		
1	E=0, 40	D=0, 60	W=2400+0, 40+0, 60	S=2, 78E+9
2	E=0, 20	D=0, 25	W=2400+0, 40+0, 60	S=2, 78E+9
1	WG=0, 0, -384			
2	WG=0, 0, -500			
3	WG=0, 0, -942			
4	WG=0, 0, -360			
5	WG=0, 0, -468, 75			
6	WG=0, 0, -883, 12			
7	WG=0, 0, -360		FLD=1, 75, -2327, 4337	
8	WG=0, 0, -468, 75		FLD=3, 75, -2330, 4573	
9	WG=0, 0, -902, 12		FLD=1, 75, -4928, 2250	
10	WG=0, 0, -480			
11	WG=0, 0, -825			
12	WG=0, 0, -1179, 5			
1, 1, 2	M=2	L=2, 0	NSL=1, 2, 3	G=1, 4, 4, 4
2, 2, 3	M=1		RSI=4, 5, 6	
3, 3, 4	M=1		NSL=7, 8, 9	
4, 4, 5	M=2		NSL=10, 11, 12	

POINT

1	C=1, 0, 0
2	C=0, 1, 0
3	C=0, 0, 1
4	C=1, 1, 1, 0, 0
5	C=0, 1, 0, 1, 1

BALOK CUCU LANTAI 3-7 AS C(1-6)

SYSTEM

L=3

JOINT

1	X=0	Z=0	
2	X=3	Z=0	
6	X=15	Z=0	G=5, 7, 1

RESTRAINT

1, 6, 1	R=0, 1, 0, 1, 0, 1
1, 6, 1	S=1, 1, 1, 1, 0, 1

FRAME

NM=1	X1=0	Z1=-1, 0, -1		
1	X2=3, 00	Z2=0, 00	W=2400+0, 00+0, 00	S=2, 78E+9
1	WG=0, 0, -200			
2	WG=0, 0, -500			

3       WG=0,0,-942  
4       WG=0,0,-480  
5       WG=0,0,-625  
6       WG=0,0,-1177.5  
1,1,2   M=1       LP=-2,0 NSL=1,2,3  
2,2,3                   NSL=4,5,6       G=3,1,1,1

COMBO  
1       G=1,0,0  
2       G=0,1,0  
3       G=0,0,1  
4       G=1,2,1,6,0  
5       G=0,1,6,1,2

#### BALOK CUCU LANTAI 3-7 AS C(8-13)

SYSTEM

I=3

JOINT

1       X=0       Z=0  
3       X=7.5      Z=0       G=1,3,1  
2       X=12.5     Z=0       G=3,5,1  
6       Y=15.5     Z=0

RESTRAINT

1,6,1   P=0,1,0,1,0,1  
1,6,1   P=1,1,1,1,0,1

FRAME

MM=1   BL=9      B=-1,0,-1  
1       D=0,20     D=0,20   W=24000+0,20\*0,20   E=2.76E+9  
1       WG=0,0,-304  
2       WG=0,0,-500  
3       WG=0,0,-942  
4       WG=0,0,-480  
5       WG=0,0,-625  
6       WG=0,0,-1177.5  
7       WG=0,0,-320  
8       WG=0,0,-416.67  
9       WG=0,0,-795  
1,1,2   M=1       LP=-2,0 NSL=1,2,3       G=1,1,1,1  
2,2,4                   NSL=7,5,6       G=7,1,1,1  
3,3,6                   NSL=1,2,3

COMBO

1       G=1,0,0  
2       G=0,1,0  
3       G=0,0,1  
4       G=1,2,1,6,0  
5       G=0,1,6,1,2

**BALOK CUCU LANTAI 3-7 AS E(1-13)**

SYSTEM

L=3

JOINT

1	X=0	Z=0	
2	X=3	Z=0	
10	X=33	Z=0	G=1,10,1
12	X=39	Z=0	G=10,12,1
13	X=41	Z=0	

RESTRAINT

1,13,1	R=0,1,0,1,0,1
1,13,1	R=1,1,1,1,0,1

FRAME

HM=1	NL=9	Z=-1,0,-1		
1	D=0,20	D=0,30	W=1400*0,20*0,30	E=2,78E+9
1	WG=0,0,-384			
2	WG=0,0,-560			
3	WG=0,0,-942			
4	WG=0,0,-480			
5	WG=0,0,-825			
6	WG=0,0,-1177,5			
7	WG=0,0,-320			
8	WG=0,0,-426,67			
9	WG=0,0,-785			
1,1,2	M=1	Lp=1,0	NL=1,2,3	G=1,11,11,11
2,2,3			NL=1,0,6	G=7,1,1,1
10,10,11			NL=7,8,9	G=1,1,1,1

COMPO

1	C=1,0,0
2	C=0,1,0
3	C=0,0,1
4	C=1,1,1,0,0
5	C=0,1,0,1,2

**BALOK ANAK LANTAI 8 AS 11(A-H)**

SYSTEM

L=3

JOINT

1	X=0	Z=0	
2	X=3	Z=0	
8	X=18	Z=0	G=1,4,7
9	X=21,75	Z=0	
6	X=24,75	Z=0	

RESTRAINT

1,6,1	R=0,1,0,1,0,1
1,6,1	R=1,1,1,1,0,1

FRAME

HM=2	NL=12	Z=-1,0,-1		
1	D=0,40	D=0,60	W=1400*0,40*0,60	E=2,78E+9
2	D=0,70	D=0,35	W=1400*0,70*0,35	E=2,78E+9
1	WG=0,0,-2,62,8			
2	WG=0,0,-1920,122			
3	WG=0,0,-720,12			

```

4      WG=0,0,-320      PLD=3.75,-2352.4438
5      WG=0,0,-166.64    PLD=3.75,-943.2528
6      WG=0,0,-624.86    PLD=3.75,-4060.8503
7      WG=0,0,-320
8      WG=0,0,-166.64
9      WG=0,0,-624.86
10     WG=0,0,-480
11     WG=0,0,-250
12     WG=0,0,-937.20
1,1,2      M=2      LP=-2,0  NSL=1,2,3      G=1,4,4,4
2,2,3      M=1                  NSL=4,5,6
3,3,4      M=1                  NSL=7,8,9
4,4,5      M=2                  NSL=10,11,12

```

#### COMBO

```

1      C=1,0,0
2      C=0,1,0
3      C=0,0,1
4      C=1,2,1,6,0
5      C=0,1,6,1,2

```

BALOK ANAK LANTAI 8 AS 3 (A-H)=5 (A-H)=7 (A-H)=9 (A-H)  
SYSTEM

L=3

#### JOINT

```

1      X=0      Z=0
2      X=3      Z=0
4      X=12     Z=0      G=1,4,1
5      X=21.75  Z=0
6      Z=21.75  X=0

```

#### RESTRAINT

```

1,0,1      F=0,1,0,1,0,1
1,6,1      F=1,1,1,1,0,1

```

#### FRAME

```

M=2      NL=3      Z=-1,0,-1
1      F=0,40    D=0,55  W=2400*5.40*0.60  E=2.78E+9
2      F=0,20    D=0,35  W=2400*0.40*0.60  E=2.78E+9
3      WG=0,0,-384
4      WG=0,0,-200
5      WG=0,0,-749.82
6      WG=0,0,-320      PLD=3.75,-2352.4438
7      WG=0,0,-167.15    PLD=3.75,-943.2528
8      WG=0,0,-707.15    PLD=3.75,-4060.8503
9      WG=0,0,-480
10     WG=0,0,-250
11     WG=0,0,-937.20
1,1,2      M=2      LP=-2,0  NSL=1,2,3      G=1,4,4,4
2,2,3      M=1                  NSL=4,5,6      G=1,1,1,1
3,4,5      M=2                  NSL=7,8,9

```

#### COMBO

```

1      C=1,0,0
2      C=0,1,0
3      C=0,0,1
4      C=1,2,1,6,0
5      C=0,1,6,1,2

```

BALOK CUCU LANTAI 8 AS C(1-13) = E(1-13)

SYSTEM

L=3

JOINT

1	X=0	Z=0	
2	X=3	Z=0	
10	Y=3.3	Z=0	G=0,10,1
12	Y=3.8	Z=0	G=10,12,1
13	X=4.1	Z=0	

RESTRAINT

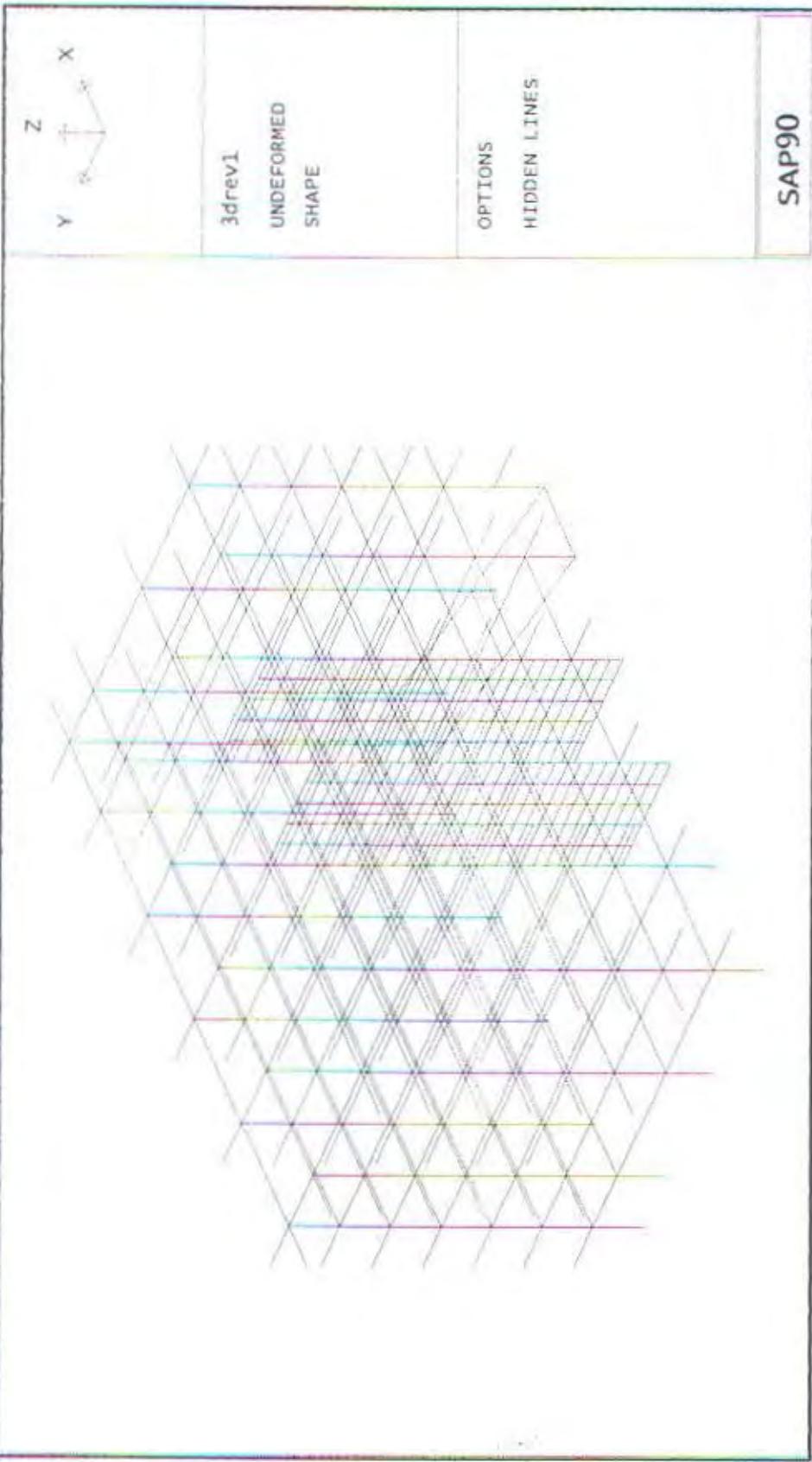
1,1,1,1	R=0,1,0,1,0,1
1,1,1,1	R=1,1,1,1,0,1

PLANE

1M=1	M1=3	Z=-1,0,-1	
1	B=0,20	D=0,30	W=2400*0.20*0.30 E=2.78E+9
1	WG=0,0,-384		
2	WG=0,0,-200		
3	WG=0,0,-749.63		
4	WG=0,0,-480		
5	WG=0,0,-250		
6	WG=0,0,-927.29		
7	WG=0,0,-320		
8	WG=0,0,-166.67		
9	WG=0,0,-624.06		
1,1,2	M=1	LF=-2,0 NSL=1,2,3	G=1,11,11,11
2,2,3		NSL=4,5,6	G=7,1,1,1
10,10,11		NSL=7,8,9	G=1,1,1,1

COMBQ

1	Q=1,0,0	
2	Q=0,1,0	
3	Q=0,0,1	
4	Q=1,2,1,6,0	
5	Q=0,1,6,1,2	



## TUGAS AKHIR RNYA FERRY (TON-METER)

SYSTEM

L=8

JOINT

C -----

C TANGGA

C -----

1 X=33 Y=10.5 Z=2

2 X=38 Y=10.5 Z=2

C -----

C POER

C -----

101 X=3 Y=3 Z=0

105 X=33 Y=3 Z=0 G=101,105,1

106 X=38 Y=3 Z=0

113 X=3 Y=18 Z=0 G=101,113,6

119 X=3 Y=21.75 Z=0 F=101,5,3,1,6

C -----

C LANTAI 2

C -----

201 X=3 Y=3 Z=4

205 X=33 Y=3 Z=4 G=201,205,1

206 X=38 Y=3 Z=4

213 X=3 Y=18 Z=4 G=201,213,6

219 X=3 Y=21.75 Z=4 F=201,5,3,1,6

225 X=3 Y=0 Z=4

229 X=33 Y=0 Z=4 G=225,229,1

230 X=38 Y=0 Z=4

231 X=3 Y=24.75 Z=4

235 X=33 Y=24.75 Z=4 G=231,235,1

236 X=38 Y=24.75 Z=4

C -----

C LANTAI 3

C -----

301 X=3 Y=3 Z=8

305 X=33 Y=3 Z=8 G=301,305,1

306 X=38 Y=3 Z=8

313 X=3 Y=18 Z=8 G=301,313,6

319 X=3 Y=21.75 Z=8 F=301,5,3,1,6

325 X=3 Y=0 Z=8

329 X=33 Y=0 Z=8 G=325,329,1

330 X=38 Y=0 Z=8

331 X=3 Y=24.75 Z=8

335 X=33 Y=24.75 Z=8 G=331,335,1

336 X=38 Y=24.75 Z=8

337 X=0 Y=3 Z=8

339 X=0 Y=18 Z=8 G=337,339,1

341 X=41 Y=3 Z=8

343 X=41 Y=18 Z=8 G=341,343,1

C -----

C LANTAI 4

C -----

401 X=3 Y=3 Z=12

405 X=33 Y=3 Z=12 G=401,405,1

406 X=38 Y=3 Z=12

413 X=3 Y=18 Z=12 G=401,413,6

419 X=2 Y=21.75 Z=12 F=401,5,3,1,6

425 X=3 Y=0 Z=12

429 X=33 Y=0 Z=12 G=425,429,1

430 X=38 Y=0 Z=12

431 X=3 Y=24.75 Z=12

435	X=33	Y=24.75	Z=12	G=431, 435, 1
436	Z=39	Y=24.75	Z=12	
437	X=0	Y=3	Z=12	
438	Z=0	Y=18	Z=12	G=432, 439, 1
441	X=41	Y=3	Z=12	
444	X=41	Y=18	Z=12	G=441, 444, 1

C -----

## C LANTAI 5

501	X=3	Y=3	Z=16	
505	X=33	Y=3	Z=16	G=501, 505, 1
506	Z=36	Y=3	Z=16	
511	X=3	Y=18	Z=16	G=501, 513, 6
519	Z=3	Y=21.75	Z=16	G=501, 513, 1, 6
525	X=3	Y=0	Z=16	
529	Z=33	Y=0	Z=16	G=525, 529, 1
530	X=38	Y=0	Z=16	
531	X=3	Y=24.75	Z=16	
532	Z=33	Y=24.75	Z=16	G=531, 535, 1
536	X=38	Y=24.75	Z=16	
537	X=0	Y=3	Z=16	
539	X=0	Y=18	Z=16	G=537, 539, 1
541	X=41	Y=3	Z=16	
543	X=41	Y=18	Z=16	G=541, 543, 1

C -----

## C LANTAI 6

601	Y=3	Y=3	Z=20	
605	X=33	Y=3	Z=20	G=601, 605, 1
606	X=38	Y=3	Z=20	
613	X=3	Y=18	Z=20	G=601, 613, 6
619	X=3	Y=21.75	Z=20	F=601, 5, 3, 1, 6
625	X=3	Y=0	Z=20	
629	X=33	Y=0	Z=20	G=625, 629, 1
630	X=38	Y=0	Z=20	
631	X=3	Y=24.75	Z=20	
635	X=33	Y=24.75	Z=20	G=631, 635, 1
636	Z=28	Y=24.75	Z=20	
641	X=0	Y=3	Z=20	
639	X=0	Y=18	Z=20	G=637, 639, 1
641	X=41	Y=3	Z=20	
643	X=41	Y=18	Z=20	G=641, 643, 1

C -----

## C LANTAI 7

701	X=3	Y=3	Z=24	
705	Y=33	Y=3	Z=24	G=701, 705, 1
706	X=38	Y=3	Z=24	
713	X=3	Y=18	Z=24	G=701, 713, 6
719	Z=3	Y=21.75	Z=24	F=701, 5, 3, 1, 6
725	X=3	Y=0	Z=24	
729	X=33	Y=0	Z=24	G=725, 729, 1
730	X=38	Y=0	Z=24	
731	X=3	Y=24.75	Z=24	
735	X=33	Y=24.75	Z=24	G=731, 735, 1
736	X=38	Y=24.75	Z=24	
737	X=0	Y=3	Z=24	
739	X=0	Y=18	Z=24	G=737, 739, 1
741	X=41	Y=3	Z=24	
743	X=41	Y=18	Z=24	G=741, 743, 1

C -----

## C LANTAI 8

C	X=3	Y=3	Z=28	
801	X=3	Y=3	Z=28	G=801,805,1
805	X=33	Y=3	Z=28	
806	X=38	Y=3	Z=28	
813	X=3	Y=18	Z=28	G=801,813,6
819	X=3	Y=21.75	Z=28	F=801,5,3,1,6
825	X=3	Y=0	Z=28	
829	X=33	Y=0	Z=28	G=825,829,1
830	X=38	Y=0	Z=28	
831	X=3	Y=24.75	Z=28	
835	X=33	Y=24.75	Z=28	G=831,835,1
836	X=38	Y=24.75	Z=28	
837	X=0	Y=3	Z=28	
839	X=0	Y=18	Z=28	G=837,839,1
840	X=0	Y=21.75	Z=28	
841	X=41	Y=3	Z=28	G=841,843,1
843	X=41	Y=18	Z=28	
844	X=41	Y=21.75	Z=28	

## C SHEAR WALL KIRI

C	X=18	Y=4.5	Z=0	
1001	X=18	Y=4.5	Z=0	G=1001,1004,1
1004	X=18	Y=9	Z=0	
3001	X=18	Y=4.5	Z=28	G=1001,3001,1000
1005	X=18	Y=3	Z=1	
1010	X=18	Y=10.5	Z=1	G=1005,1010,1
1017	X=18	Y=3	Z=3	G=1005,1017,6
2005	X=18	Y=3	Z=5	
2010	X=18	Y=10.5	Z=5	G=2005,2010,1
2017	X=18	Y=3	Z=7	G=2005,2017,6
3005	X=18	Y=3	Z=9	
3010	X=18	Y=10.5	Z=9	G=3005,3010,1
3017	X=18	Y=3	Z=11	G=3005,3017,6
4005	X=18	Y=3	Z=13	
4010	X=18	Y=10.5	Z=13	G=4005,4010,1
4017	X=18	Y=3	Z=15	G=4005,4017,6
5005	X=18	Y=3	Z=17	
5010	X=18	Y=10.5	Z=17	G=5005,5010,1
5017	X=18	Y=3	Z=19	G=5005,5017,6
6005	X=18	Y=3	Z=21	
6010	X=18	Y=10.5	Z=21	G=6005,6010,1
6017	X=18	Y=3	Z=23	G=6005,6017,6
7005	X=18	Y=3	Z=25	
7010	X=18	Y=10.5	Z=25	G=7005,7010,1
7017	X=18	Y=3	Z=27	G=7005,7017,6

## C SHEAR WALL KANAN

C	X=25.5	Y=4.5	Z=0	
1051	X=25.5	Y=4.5	Z=0	G=1051,1054,1
1054	X=25.5	Y=9	Z=0	
2051	X=25.5	Y=4.5	Z=28	G=1051,2051,1000
1055	X=25.5	Y=3	Z=1	
1060	X=25.5	Y=10.5	Z=1	G=1055,1060,1
1067	X=25.5	Y=3	Z=3	G=1055,1067,6
2055	X=25.5	Y=3	Z=5	
2060	X=25.5	Y=10.5	Z=5	G=2055,2060,1
2067	X=25.5	Y=3	Z=7	G=2055,2067,6
3055	X=25.5	Y=3	Z=9	
3060	X=25.5	Y=10.5	Z=9	G=3055,3060,1
3067	X=25.5	Y=3	Z=11	G=3055,3067,6

4055	X=25.5	Y=3	Z=17		
4060	X=25.5	Y=10.5	Z=17	G=4055,4060,1	
4061	X=25.5	Y=3	Z=15	G=4055,4061,6	F=4055,5,2,1,6
5055	X=25.5	Y=3	Z=17		
5060	X=25.5	Y=10.5	Z=17	G=5055,5060,1	
5067	X=25.5	Y=3	Z=19	G=5055,5067,6	F=5055,5,2,1,6
6055	X=25.5	Y=3	Z=21		
6060	X=25.5	Y=10.5	Z=21	G=6055,6060,1	
6067	X=25.5	Y=3	Z=22	G=6055,6067,6	F=6055,5,2,1,6
7055	X=25.5	Y=3	Z=25		
7060	X=25.5	Y=10.5	Z=25	G=7055,7060,1	
7067	X=25.5	Y=3	Z=27	G=7055,7067,6	F=7055,5,2,1,6

C MASTER JOTNT

250	X=15.78	Y=16.28	Z=4
350	X=16.96	Y=16.21	Z=8
450	X=16.96	Y=16.21	Z=12
550	X=16.96	Y=16.21	Z=16
650	X=16.96	Y=16.21	Z=20
750	X=16.96	Y=16.21	Z=24
850	X=16.83	Y=16.59	Z=28

C PUSAT ROTASI ARAH X

260	X=19.02	Y=16.28	Z=4
360	X=18.52	Y=16.21	Z=8
460	X=18.52	Y=16.21	Z=12
560	X=18.52	Y=16.21	Z=16
660	X=18.52	Y=16.21	Z=20
760	X=18.52	Y=16.21	Z=24
860	X=18.52	Y=16.59	Z=28

C PUSAT ROTASI ARAH Y

270	X=15.78	Y=17.22	Z=4
370	X=16.96	Y=18.97	Z=8
470	X=16.96	Y=18.97	Z=12
570	X=16.96	Y=18.97	Z=16
670	X=16.96	Y=18.97	Z=20
770	X=16.96	Y=18.97	Z=24
870	X=16.63	Y=18.97	Z=28

RESTRRAINT

101,124,1	R=1,1,1,1,1,1
104,803,100	R=1,1,1,1,1,1
104,804,100	R=1,1,1,1,1,1
109,809,100	R=1,1,1,1,1,1
110,810,100	R=1,1,1,1,1,1
250,850,100	R=0,0,1,1,1,0
260,860,100	R=0,0,1,1,1,0
270,870,100	R=0,0,1,1,1,0

MASSEH

250	M=221.84,221.84,0,0,0,54872.237
250,750	M=254.55,254.55,0,0,0,65572.12
860	M=49,000,49,000,0,0,0,14897.52

PROBLE

NP=2	NI=242	Z=-1,0,-1			
1	B=0.30	D=0.30	E=2.116	M=2,400*0.30*0.30	: KOLOM
2	B=0.50	D=0.50	E=2.116	M=2,400*0.50*0.30	: BALOK INDUK

C -----

C MASAN MATI SEBELUM KOMPOSIT

1	WG=0,0,-0.384
2	WG=0,0,-0.353

503-0, 0, -0.200  
504-0, 0, -0.192  
505-0, 0, -0.260  
506-0, 0, -0.400  
507-0, 0, -0.160  
508-0, 0, -0.376  
509-0, 0, -0.740  
510-0, 0, -0.444  
511-0, 0, -0.233  
512-0, 0, -0.294  
513-0, 0, -0.184  
514-0, 0, -0.467  
515-0, 0, -0.431  
516-0, 0, -0.231 : BEBAN LANTAI PARKIR 1 TRAP MELINTANG  
517-0, 0, -0.120 PLD=2.5,-3.046,-0.246  
518-0, 0, -0.240 PLD=2.5,-9.779,0.491

C BEBAN HIDUP LANTAI KENDARAAN

519-0, 0, -0.400  
520-0, 0, -0.375  
521-0, 0, -0.500  
522-0, 0, -0.800  
523-0, 0, -0.750  
524-0, 0, -1  
525-0, 0, -0.926  
526-0, 0, -0.784  
527-0, 0, -0.362  
528-0, 0, -0.384  
529-0, 0, -0.735  
530-0, 0, -0.360  
531-0, 0, -0.250  
532-0, 0, -0.481 : BEBAN LANTAI PARKIR 1 TRAP MELINTANG  
533-0, 0, -0.250 PLD=2.5,-2.769,-0.223  
534-0, 0, -0.500 PLD=2.5,-8.891,0.449

C BEBAN MATI SETELAH KOMPOSIT LANTAI KENDARAAN

535-0, 0, -0.288  
536-0, 0, -0.270  
537-0, 0, -0.360  
538-0, 0, -0.576  
539-0, 0, -0.540  
540-0, 0, -0.719  
541-0, 0, -0.666  
542-0, 0, -0.564  
543-0, 0, -0.306  
544-0, 0, -0.276  
545-0, 0, -0.529  
546-0, 0, -0.259  
547-0, 0, -0.180  
548-0, 0, -0.347 : BEBAN LANTAI PARKIR 1 TRAP MELINTANG  
549-0, 0, -0.179 PLD=2.5,-3.714,-0.299  
550-0, 0, -0.360 PLD=2.5,-11.920,0.599

C BEBAN HIDUP LANTAI 3-7

551-0, 0, -0.500  
552-0, 0, -0.459  
553-0, 0, -0.313  
554-0, 0, -0.250

55 MG=0,0,-0.469  
56 MG=0,0,-0.625  
57 MG=0,0,-0.254  
58 MG=0,0,-0.369  
59 MG=0,0,-0.443  
60 MG=0,0,-0.579  
61 MG=0,0,-0.453  
62 MG=0,0,-0.266  
63 MG=0,0,-0.249

C BEBAN MATI SETELAH KOMPOZIT LANTAI

64 MG=0,0,-0.942  
65 MG=0,0,-0.865  
66 MG=0,0,-0.589  
67 MG=0,0,-0.471  
68 MG=0,0,-0.883  
69 MG=0,0,-1.178  
70 MG=0,0,-0.442  
71 MG=0,0,-0.924  
72 MG=0,0,-0.834  
73 MG=0,0,-1.090  
74 MG=0,0,-0.816  
75 MG=0,0,-0.562  
76 MG=0,0,-0.453

C BEBAN HIDUP LANTAI ATAP

77 MG=0,0,-0.260  
78 MG=0,0,-0.164  
79 MG=0,0,-0.243  
80 MG=0,0,-0.188  
81 MG=0,0,-0.250  
82 MG=0,0,-0.196  
83 MG=0,0,-0.177  
84 MG=0,0,-0.231  
85 MG=0,0,-0.173  
86 MG=0,0,-0.225  
87 MG=0,0,-0.125

C BEBAN MATI SETELAH KOMPOSIT LANTAI ATAP

88 MG=0,0,-0.750  
89 MG=0,0,-0.689  
90 MG=0,0,-0.911  
91 MG=0,0,-0.763  
92 MG=0,0,-0.937  
93 MG=0,0,-0.735  
94 MG=0,0,-0.664  
95 MG=0,0,-0.868  
96 MG=0,0,-0.650  
97 MG=0,0,-0.842  
98 MG=0,0,-0.469

C BEBAN MATI TERPUSAT SEBELUM KOMPOSIT LANTAI ATAP

99 PLD=3.75,-3.981  
100 PLD=3.75,-2.636  
101 PLD=3.75,-4.102  
102 PLD=3.75,-8.617  
103 PLD=3.75,-9.804

208 PLD=3.75,-2.922  
209 PLD=3.75,-0.036  
210 PLD=3.75,-4.056

C BEBAN HIDUP TERPUSAT LANTAI 2

211 PLD=3.75,-9.721  
212 PLD=3.75,-10.720  
213 PLD=3.75,-4.995  
214 PLD=3.75,-7.794  
215 PLD=3.75,-7.590  
216 PLD=3.75,-6.905  
217 PLD=3.75,-5.466  
218 PLD=3.75,-7.184  
219 PLD=3.75,-1.480  
220 PLD=3.75,-2.721  
221 PLD=3.75,-1.474  
222 PLD=3.75,-3.488  
223 PLD=3.75,-1.408  
224 PLD=3.75,-4.682  
225 PLD=3.75,-0.029  
226 PLD=3.75,-6.278

C BEBAN MATI TERPUSAT SETELAH KOMPOSIT LANTAI 2

227 PLD=3.75,-11.290  
228 PLD=3.75,-13.090  
229 PLD=3.75,-6.649  
230 PLD=3.75,-8.827  
231 PLD=3.75,-9.461  
232 PLD=3.75,-9.744  
233 PLD=3.75,-7.022  
234 PLD=3.75,-8.378  
235 PLD=3.75,-1.278  
236 PLD=3.75,-3.222  
237 PLD=3.75,-1.273  
238 PLD=3.75,-3.012  
239 PLD=3.75,-1.216  
240 PLD=3.75,-4.043  
241 PLD=3.75,-0.043  
242 PLD=3.75,-5.560

C KOLOM LANTAI 1 S/D 7

101,101,201	M=1	LP=2,0	NSL=0,0,0,0	G=9,1,1,1	MS=0,250	:
KOLOM LANTAI 1						
111,111,1			NSL=0,0,0,0	G=1,1,1,1	MS=0,250	
113,1,211			NSL=0,0,0,0	G=1,1,1,1	MS=0,250	
115,113,213			NSL=0,0,0,0	G=11,1,1,1	MS=0,250	
201,201,301			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=250,350	:
KOLOM LANTAI 2						
301,301,401			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=350,450	:
KOLOM LANTAI 3						
401,401,501			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=450,550	:
KOLOM LANTAI 4						
501,501,601			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=550,650	:
KOLOM LANTAI 5						
601,601,701			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=650,750	:
KOLOM LANTAI 6						
701,701,801			NSL=0,0,0,0	G=23,1,1,1	MS=750,850	:
KOLOM LANTAI 7						

C -----  
C BALOK LANTAI 2

3001, 291, 302	M=2	LP=-2, 0	NSL=2, 29, 45, 198, 211, 227	G=1, 1, 1, 1	
MS-250, 250	:	BALOK MEMANJANG			
3003, 293, 304			NSL=7, 30, 46, 199, 215, 231		
3004, 294, 305			NSL=2, 29, 45, 195, 211, 227		
3006, 297, 308			NSL=5, 23, 39, 196, 212, 228	G=1, 1, 1, 1	
3009, 299, 310			NSL=7, 20, 36, 200, 216, 232		
3009, 299, 311			NSL=5, 23, 39, 196, 212, 228		
1, 1, 2			NSL=18, 34, 50		
6, 105, 106			NSL=17, 33, 49		
2011, 213, 214			NSL=5, 23, 39, 197, 213, 229	G=3, 1, 1, 1	
2015, 217, 218			NSL=7, 21, 37, 209, 225, 241		
2016, 219, 220			NSL=2, 29, 45, 198, 214, 230	G=2, 1, 1, 1	
2020, 223, 224			NSL=3, 23, 39, 210, 226, 242		
2021, 201, 207		LP=3, 0	NSL=7, 20, 36, 203, 219, 235	G=1, 1, 6, 6	:
BALOK MELINTANG					
2023, 213, 219			NSL=3, 21, 37		
2024, 202, 208			NSL=5, 23, 39, 204, 220, 236	G=1, 1, 6, 6	
2026, 214, 220			NSL=6, 24, 40		
2027, 203, 209			NSL=7, 25, 41, 205, 221, 237		
2028, 209, 215			NSL=5, 23, 39, 204, 220, 236		
2029, 215, 221			NSL=6, 24, 40		
2030, 204, 210			NSL=7, 25, 41, 207, 223, 239		
2031, 210, 216			NSL=5, 23, 39, 204, 220, 236		
2032, 216, 222			NSL=6, 24, 40		
2033, 205, 211			NSL=7, 20, 36, 207, 223, 239	G=1, 1, 6, 6	
2035, 217, 223			NSL=10, 25, 41		
3, 105, 1			NSL=16, 32, 48	G=1, 1, -104, 216	
4, 106, 2			NSL=16, 32, 48	G=1, 1, -104, 216	
2038, 218, 224			NSL=12, 27, 43		
2047, 225, 201		LP=2, 0	NSL=1, 51, 64		: BALOK
OVERSTAK MELINTANG					
2048, 219, 231			NSL=4, 54, 68		
2049, 226, 202			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
2051, 227, 203			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
2053, 229, 204			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
2055, 229, 205			NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	
2057, 230, 206			NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	

C -----  
C BALOK LANTAI 3

3001, 301, 302	M=2	LP=-2, 0	NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	G=1, 1, 1, 1	
MS-350, 350	:	BALOK MEMANJANG			
3003, 303, 304			NSL=7, 57, 70, 136, 157, 178		
3004, 304, 305			NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174		
3005, 305, 306			NSL=3, 53, 66, 140, 161, 182		
3006, 307, 308			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	G=1, 1, 1, 1	
3008, 309, 310			NSL=7, 57, 70, 137, 158, 179		
3009, 310, 311			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175		
3010, 311, 312			NSL=3, 53, 66, 141, 162, 183		
3011, 313, 314			NSL=5, 55, 68, 134, 155, 176	G=3, 1, 1, 1	
3015, 317, 318			NSL=3, 53, 66, 142, 163, 184		
3016, 319, 320			NSL=2, 52, 65, 135, 156, 177	G=3, 1, 1, 1	
3020, 323, 324			NSL=3, 53, 66, 143, 164, 185		
3021, 301, 307		LP=3, 0	NSL=2, 52, 65, 144, 165, 186	G=1, 1, 6, 6	:
BALOK MELINTANG					
3023, 313, 319			NSL=3, 53, 66		
3024, 302, 308			NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	G=1, 1, 6, 6	
3026, 314, 320			NSL=6, 56, 69		

3027, 303, 309		HSL=7, 57, 70, 149, 170, 191		
3028, 309, 315		HSL=5, 55, 68, 145, 166, 187		
3029, 315, 321		HSL=6, 56, 69		
3030, 304, 310		HSL=7, 57, 70, 150, 171, 192		
3031, 310, 316		HSL=5, 55, 68, 145, 166, 187		
3032, 316, 322		HSL=6, 56, 69		
3033, 305, 311		HSL=9, 59, 72, 151, 172, 193	G=1, 1, 6, 6	
3035, 317, 323		HSL=10, 60, 73		
3036, 306, 312		HSL=11, 61, 74, 152, 173, 194	G=1, 1, 6, 6	
3038, 318, 324		HSL=12, 62, 75		
3039, 337, 301	LP=2, 0	HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -31, 40	: BALOK
OVERSTER MEMANJANG				
3041, 338, 307		HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -26, 35	
3043, 329, 313		HSL=4, 54, 68	G=1, 1, -21, 30	
3047, 325, 301	LP=3, 0	HSL=1, 51, 64		: BALOK
OVERSTER MELINTANG				
3046, 319, 301		HSL=4, 54, 68		
3049, 326, 302		HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
3051, 327, 303		HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
3053, 328, 304		HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
3055, 329, 305		HSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	
3057, 330, 306		HSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	
C				
C BALOK SANTAI 4				
C				
4001, 401, 402	M=2	LP=2, 0	HSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	G=1, 1, 1, 1
4003, 400, 400	: BALOK MEMANJANG			
4003, 403, 404			HSL=7, 57, 70, 136, 157, 178	
4004, 404, 405			HSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	
4005, 405, 406			HSL=1, 53, 66, 140, 161, 182	
4006, 407, 402			HSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	G=1, 1, 1, 1
4008, 409, 410			HSL=7, 57, 70, 137, 158, 179	
4009, 410, 411			HSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	
4010, 411, 412			HSL=1, 53, 66, 141, 162, 183	
4011, 413, 414			HSL=5, 55, 68, 134, 155, 176	G=3, 1, 1, 1
4015, 417, 416			HSL=3, 53, 66, 142, 163, 184	
4016, 419, 420			HSL=2, 52, 65, 135, 156, 177	G=3, 1, 1, 1
4020, 423, 424			HSL=3, 53, 66, 143, 164, 185	
4021, 401, 407	LP=3, 0		HSL=2, 52, 65, 144, 165, 186	G=1, 1, 6, 6
BALOK MELINTANG				:
4023, 413, 419			HSL=1, 53, 66	
4024, 402, 408			HSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	G=1, 1, 6, 6
4026, 414, 420			HSL=6, 56, 69	
4027, 403, 409			HSL=7, 57, 70, 149, 170, 191	
4028, 409, 415			HSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
4029, 415, 421			HSL=6, 56, 69	
4030, 404, 410			HSL=7, 57, 70, 150, 171, 192	
4031, 410, 416			HSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
4032, 416, 422			HSL=6, 56, 69	
4033, 405, 411			HSL=9, 59, 72, 151, 172, 193	G=1, 1, 6, 6
4035, 417, 423			HSL=10, 60, 73	
4036, 406, 412			HSL=11, 61, 74, 152, 173, 194	G=1, 1, 6, 6
4038, 418, 424			HSL=12, 62, 75	
4039, 437, 401	LP=2, 0		HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -31, 40
OVERSTER MEMANJANG				: BALOK
4041, 438, 407			HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -26, 35
4043, 439, 413			HSL=4, 54, 68	G=1, 1, -21, 30
4047, 425, 401	LP=3, 0		HSL=1, 51, 64	
OVERSTER MELINTANG				: BALOK
4048, 419, 431			HSL=4, 54, 68	
4049, 426, 402			HSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30

4051, 427, 403	NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
4053, 428, 404	NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
4055, 429, 405	NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30
4057, 430, 406	NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30

C -----

C BALOK LANTAI 5

C -----

5001, 501, 502	M=2	LP=-2, 0	NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	G=1, 1, 1, 1
MS-550, 550	:	BALOK MEMANJANG		

5003, 503, 504			NSL=7, 57, 70, 136, 157, 178	
5004, 504, 505			NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	
5005, 505, 506			NSL=3, 53, 66, 140, 161, 182	
5006, 507, 508			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	G=1, 1, 1, 1
5008, 509, 510			NSL=7, 57, 70, 137, 158, 179	
5009, 510, 511			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	
5010, 511, 512			NSL=3, 53, 66, 141, 162, 183	
5011, 513, 514			NSL=5, 55, 68, 134, 155, 176	G=3, 1, 1, 1
5015, 517, 518			NSL=3, 53, 66, 142, 163, 184	
5016, 519, 520			NSL=2, 52, 65, 135, 156, 177	G=3, 1, 1, 1
5020, 523, 524			NSL=3, 53, 66, 143, 164, 185	
5021, 501, 507		LP=0, 0	NSL=2, 52, 65, 144, 165, 186	G=1, 1, 6, 6

BALOK MELINTANG

5023, 513, 519			NSL=3, 53, 66	
5024, 502, 508			NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	G=1, 1, 6, 6
5026, 514, 520			NSL=6, 56, 69	
5027, 503, 509			NSL=7, 57, 70, 149, 170, 191	
5028, 509, 515			NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
5029, 515, 521			NSL=6, 56, 69	
5030, 504, 510			NSL=7, 57, 70, 150, 171, 192	
5031, 510, 516			NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
5032, 516, 522			NSL=6, 56, 69	
5033, 505, 511			NSL=9, 59, 72, 151, 172, 193	G=1, 1, 6, 6
5035, 517, 523			NSL=10, 60, 73	
5036, 506, 512			NSL=11, 61, 74, 152, 173, 194	G=1, 1, 6, 6
5038, 518, 526			NSL=12, 62, 75	
5039, 537, 501		LP=-2, 0	NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -31, 40

OVERSTEK MEMANJANG

5041, 538, 507			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -26, 35
5043, 539, 513			NSL=4, 54, 68	G=1, 1, -21, 30
5047, 525, 501		LP=3, 0	NSL=1, 51, 64	

: BALOK

OVERSTEK MELINTANG

5048, 519, 531			NSL=4, 54, 68	
5049, 526, 502			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
5051, 527, 503			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
5052, 528, 504			NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
5055, 529, 505			NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30
5061, 530, 506			NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30

C -----

C BALOK LANTAI 6

C -----

6001, 601, 602	M=2	LP=-2, 0	NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	G=1, 1, 1, 1
MS-650, 650	:	BALOK MEMANJANG		

6003, 603, 604			NSL=7, 57, 70, 136, 157, 178	
6004, 604, 605			NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	
6005, 605, 606			NSL=3, 53, 66, 140, 161, 182	
6006, 607, 608			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	G=1, 1, 1, 1
6008, 609, 610			NSL=7, 57, 70, 137, 158, 179	
6009, 610, 611			NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	
6010, 611, 612			NSL=3, 53, 66, 141, 162, 183	
6011, 613, 614			NSL=5, 55, 68, 134, 155, 176	G=3, 1, 1, 1
6015, 617, 618			NSL=3, 53, 66, 142, 163, 184	

6016, 619, 620		NSL=2, 52, 65, 135, 156, 177	G=3, 1, 1, 1
6020, 623, 624		NSL=3, 53, 66, 143, 164, 185	
6021, 601, 607	LP=3, 0	NSL=2, 52, 65, 144, 165, 186	G=1, 1, 6, 6
BALOK MELINTANG			:
6023, 613, 619		NSL=3, 53, 66	
6024, 602, 608		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	G=1, 1, 6, 6
6026, 614, 620		NSL=6, 56, 69	
6027, 603, 609		NSL=7, 57, 70, 149, 170, 191	
6028, 609, 615		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
6029, 615, 621		NSL=6, 56, 69	
6030, 604, 610		NSL=7, 57, 70, 150, 171, 192	
6031, 610, 616		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
6032, 616, 622		NSL=6, 56, 69	
6033, 605, 611		NSL=9, 59, 72, 151, 172, 193	G=1, 1, 6, 6
6035, 617, 623		NSL=10, 60, 73	
6036, 606, 612		NSL=11, 61, 74, 152, 173, 194	G=1, 1, 6, 6
6038, 618, 624		NSL=12, 62, 75	
6039, 637, 601	LP=2, 0	NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -31, 40
OVERSTEK MEMANJANG			:
6041, 638, 607		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -26, 35
6043, 639, 613		NSL=4, 54, 68	G=1, 1, -21, 30
6047, 625, 601	LP=3, 0	NSL=1, 51, 64	:
OVERSTEK MELINTANG			
6048, 619, 631		NSL=4, 54, 68	
6049, 626, 602		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
6051, 627, 603		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
6053, 628, 604		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30
6055, 629, 605		NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30
6057, 630, 606		NSL=6, 58, 71	G=1, 1, -6, 30
C -----			
C BALOK LANTAI ?			
C -----			
7001, 701, 702	M=2	LP=2, 0 NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	G=1, 1, 1, 1
MS=750, 750	:	BALOK MEMANJANG	
7003, 703, 704		NSL=7, 57, 70, 136, 157, 178	
7004, 704, 705		NSL=2, 52, 65, 132, 153, 174	
7005, 705, 706		NSL=3, 53, 66, 140, 161, 182	
7006, 707, 708		NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	G=1, 1, 1, 1
7008, 709, 710		NSL=7, 57, 70, 137, 158, 179	
7009, 710, 711		NSL=5, 55, 68, 133, 154, 175	
7010, 711, 712		NSL=3, 53, 66, 141, 162, 183	
7011, 713, 714		NSL=5, 55, 68, 134, 155, 176	G=3, 1, 1, 1
7015, 717, 718		NSL=3, 53, 66, 142, 163, 184	
7016, 719, 720		NSL=2, 52, 65, 135, 156, 177	G=3, 1, 1, 1
7020, 723, 724		NSL=3, 53, 66, 143, 164, 185	
7021, 701, 707	LP=3, 0	NSL=2, 52, 65, 144, 165, 186	G=1, 1, 6, 6
BALOK MELINTANG			:
7023, 713, 719		NSL=3, 53, 66	
7024, 702, 708		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	G=1, 1, 6, 6
7026, 714, 720		NSL=6, 56, 69	
7027, 703, 709		NSL=7, 57, 70, 149, 170, 191	
7028, 709, 715		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
7029, 715, 721		NSL=6, 56, 69	
7030, 704, 710		NSL=7, 57, 70, 150, 171, 192	
7031, 710, 716		NSL=5, 55, 68, 145, 166, 187	
7032, 716, 722		NSL=6, 56, 69	
7033, 705, 711		NSL=9, 59, 72, 151, 172, 193	G=1, 1, 6, 6
7035, 717, 723		NSL=10, 60, 73	
7036, 706, 712		NSL=11, 61, 74, 152, 173, 194	G=1, 1, 6, 6
7038, 718, 724		NSL=12, 62, 75	

7039, 737, 761	LP=-2, 0	NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -31, 40	: BALOK
OVERSTEK MEMANJANG				
7041, 738, 761		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -26, 35	
7043, 739, 713		NSL=1, 54, 68	G=1, 1, -21, 30	
7047, 725, 761	LP=3, 0	NSL=1, 51, 64		: BALOK
OVERSTEK MELINTANG				
7048, 719, 731		NSL=4, 54, 68		
7049, 726, 762		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
7051, 727, 762		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
7053, 728, 764		NSL=1, 51, 64	G=1, 1, -6, 30	
7055, 729, 765		NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	
7057, 730, 766		NSL=8, 58, 71	G=1, 1, -6, 30	
C -----				
C DALOK LANTAI 8				
C -----				
8001, 801, 802	M=2	LP=-2, 0	NSL=2, 78, 89, 102, 113, 124	G=3, 1, 1, 1
MS=850, 850	: BALOK MEMANJANG			
8005, 805, 806			NSL=3, 87, 98, 106, 117, 128	
8006, 807, 808			NSL=5, 80, 91, 103, 114, 125	G=3, 1, 1, 1
8010, 811, 812			NSL=3, 87, 98, 107, 118, 129	
8011, 813, 814			NSL=5, 80, 91, 104, 115, 126	G=3, 1, 1, 1
8015, 817, 818			NSL=3, 87, 98, 108, 119, 130	
8016, 819, 820			NSL=2, 78, 89, 105, 116, 127	G=3, 1, 1, 1
8020, 823, 824			NSL=3, 87, 98, 109, 120, 131	
8021, 801, 807	LP=3, 0		NSL=2, 78, 89, 99, 110, 121	G=1, 1, 6, 6
DALOK MELINTANG				
8023, 813, 819			NSL=14, 79, 90	
8024, 802, 808			NSL=5, 80, 91, 100, 111, 122	G=1, 1, 6, 6
8026, 814, 820			NSL=6, 81, 92	
8027, 803, 809			NSL=5, 80, 91, 100, 111, 122	G=1, 1, 6, 6
8029, 815, 821			NSL=6, 81, 92	
8030, 804, 810			NSL=5, 80, 91, 100, 111, 122	G=1, 1, 6, 6
8032, 816, 822			NSL=5, 81, 92	
8033, 805, 811			NSL=9, 83, 94, 100, 111, 122	G=1, 1, 6, 6
8035, 817, 823			NSL=10, 84, 95	
8036, 806, 812			NSL=11, 85, 96, 101, 112, 123	G=1, 1, 6, 6
8038, 818, 824			NSL=15, 86, 97	
8039, 837, 801	LP=2, 0		NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -31, 40
: BALOK				
OVERSTEK MEMANJANG				
8041, 838, 807			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -26, 35
8043, 839, 813			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -21, 30
8045, 840, 819			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -16, 25
8047, 825, 801	LP=3, 0		NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -6, 30
: BALOK				
OVERSTEK MELINTANG				
8049, 826, 802			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -6, 30
8051, 827, 803			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -6, 30
8053, 828, 804			NSL=1, 77, 88	G=1, 1, -6, 30
8055, 829, 805			NSL=8, 82, 93	G=1, 1, -6, 30
8057, 830, 806			NSL=8, 82, 93	G=1, 1, -6, 30

SHELL

MM=1 Z=1  
1 E=2.1E6 W=2.4

C -----

C SHEAR WALL KIRI

C -----

101	JQ=103, 1001, 1005, 1006	TH=0.35, 0.35	ETYPE=0 M=1	
102	JQ=1001, 1002, 1006, 1007	TH=0.35, 0.35	ETYPE=0 M=1	G=3, 1
105	JQ=1004, 109, 1009, 1010	TH=0.35, 0.35	ETYPE=0 M=1	
106	JQ=1005, 1006, 1011, 1012	TH=0.35, 0.35	ETYPE=0 M=1	G=5, 2
116	JQ=1017, 1018, 203, 2001	TH=0.35, 0.35	ETYPE=0 M=1	

1301	JQ=304,3051,3055,3056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1302	JQ=3051,3052,3056,3057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1305	JQ=3054,310,3059,3060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1306	JQ=3055,3056,3061,3062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1316	JQ=3067,3068,404,4051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1317	JQ=3068,3069,4051,4052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1320	JQ=3071,3072,4054,410	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1401	JQ=404,4051,4055,4056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1402	JQ=4051,4052,4056,4057	TH=0.35,0.25	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1409	JQ=4054,410,4059,4060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1406	JQ=4055,4056,4061,4062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1416	JQ=4067,4068,504,5051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1417	JQ=4068,4069,5051,5052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1420	JQ=4071,4072,5054,510	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1501	JQ=504,5051,5055,5056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1502	JQ=5051,5052,5056,5057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1505	JQ=5054,510,5059,5060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1506	JQ=5055,5056,5061,5062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1516	JQ=5067,5068,604,6051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1517	JQ=5068,5069,6051,6052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1520	JQ=5071,5072,6054,610	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1601	JQ=604,6051,6055,6056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1602	JQ=6051,6052,6056,6057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1605	JQ=6054,610,6059,6060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1606	JQ=6055,6056,6061,6062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1616	JQ=6067,6068,704,7051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1617	JQ=6068,6069,7051,7052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1620	JQ=6071,6072,7056,710	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1701	JQ=704,7051,7055,7056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1702	JQ=7051,7052,7056,7057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1705	JQ=7054,710,7059,7060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1706	JQ=7055,7056,7061,7062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1716	JQ=7067,7068,804,8051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1717	JQ=7068,7069,8051,8052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1720	JQ=7071,7072,8054,810	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	

#### LOAD

825,830,1	L=1	F=0,0,-1.917,0,0,0	: BEBAN PADA OVERSTEK
831,836,1		F=0,0,-1.917,0,0,0	
837,844,1		F=0,0,-0.995,0,0,0	
725,730,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
731,736,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
737,739,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
741,743,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
625,630,1		F=0,0,2.031,0,0,0	
631,636,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
637,639,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
641,643,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
525,530,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
531,536,1		F=0,0,2.031,0,0,0	
537,539,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
541,543,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
425,430,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
431,436,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
437,439,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
441,443,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
325,330,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
331,336,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	
337,339,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
341,343,1		F=0,0,-1.117,0,0,0	
225,230,1		F=0,0,-2.031,0,0,0	

112	JQ=1018,1019,2001,2002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
129	JQ=1021,1022,2004,209	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
201	JQ=103,2001,2005,2006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
202	JQ=2001,2002,2006,2007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
205	JQ=2004,209,2009,2010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
206	JQ=2005,2006,2011,2012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
215	JQ=2017,2018,303,3001	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
217	JQ=2018,2019,3001,3002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
220	JQ=201,3022,3004,309	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
301	JQ=303,3001,3005,3006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
302	JQ=3001,3002,3006,3007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
305	JQ=3004,305,3009,2010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
306	JQ=3005,3006,3011,3012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
316	JQ=3017,3018,403,4001	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
317	JQ=3018,3019,4001,4002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
320	JQ=3021,3022,4000,409	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
401	JQ=403,4001,4005,4006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
402	JQ=4001,4002,4006,4007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
405	JQ=4004,409,4009,4010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
406	JQ=4005,4006,4011,4012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
416	JQ=4017,4018,503,5001	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
417	JQ=4018,4019,5001,5002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
420	JQ=4021,4022,5004,509	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
501	JQ=503,5001,5005,5006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
502	JQ=5001,5002,5006,5007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
505	JQ=5004,509,5009,5010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
506	JQ=5005,5006,5011,5012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
516	JQ=5017,5018,503,6003	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
517	JQ=5018,5019,6001,6002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
520	JQ=5021,5022,6004,609	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
601	JQ=603,6001,6005,6006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
602	JQ=6001,6002,6006,6007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
605	JQ=6004,609,6009,6010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
606	JQ=6005,6006,6011,6012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
616	JQ=6017,6018,703,7001	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
617	JQ=6018,6019,7001,7002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
620	JQ=6021,6022,7004,709	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
701	JQ=703,7001,7005,7006	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
702	JQ=7001,7002,7006,7007	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
705	JQ=7004,709,7009,7010	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
706	JQ=7005,7006,7011,7012	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
716	JQ=7017,7018,803,8001	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
717	JQ=7018,7019,8001,3002	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
720	JQ=7021,7022,8004,809	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	

## C -----

## C SHEAR WALL RANAN

## C -----

1101	JQ=104,1051,1055,1056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1102	JQ=1051,1052,1056,1057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1105	JQ=1054,110,1059,1060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1106	JQ=1055,1056,1061,1062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1116	JQ=1067,1068,204,2051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1117	JQ=1068,1069,2051,2052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1120	JQ=1071,1072,2054,210	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1201	JQ=204,2051,2055,2056	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1202	JQ=2051,2052,2056,2057	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1205	JQ=2054,210,2059,2060	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1206	JQ=2055,2056,2061,2062	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=5,2
1216	JQ=2067,2068,304,3051	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	
1217	JQ=2068,2069,3051,3052	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	G=3,1
1220	JQ=2071,2072,3054,310	TH=0.35,0.35	ETYPE=0 M=1	

231, 236, 1		F=0, 0, -2, 0, 0, 0, 0
325, 830, 1	L=4	F=0, 0, -0, 344, 0, 0, 0
831, 836, 1		F=0, 0, -0, 844, 0, 0, 0
837, 840, 1		F=0, 0, -0, 407, 0, 0, 0
725, 730, 1		F=0, 0, -2, 216, 0, 0, 0
731, 736, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
737, 738, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
141, 743, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
625, 629, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
631, 636, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
617, 619, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
641, 643, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
525, 530, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
531, 536, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
537, 539, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
541, 543, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
425, 430, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
431, 436, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
437, 439, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
441, 443, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
325, 330, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
331, 336, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
337, 339, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
341, 343, 1		F=0, 0, -1, 255, 0, 0, 0
225, 230, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
231, 236, 1		F=0, 0, -2, 218, 0, 0, 0
325, 330, 1	L=3	F=0, 0, -3, 462, 0, 0, 0
831, 836, 1		F=0, 0, -3, 462, 0, 0, 0
637, 644, 1		F=0, 0, -1, 614, 0, 0, 0
725, 730, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
731, 736, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
737, 738, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
741, 742, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
625, 630, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
631, 636, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
637, 639, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
641, 643, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
525, 530, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
531, 536, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
537, 539, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
541, 543, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
425, 430, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
431, 436, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
437, 439, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
441, 443, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
325, 330, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
331, 336, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
337, 339, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
341, 343, 1		F=0, 0, -2, 517, 0, 0, 0
225, 230, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
231, 236, 1		F=0, 0, -4, 507, 0, 0, 0
201, 219, 6	L=7	F=5, 105, 0, 0, 0, 0, 0 : BERAN GEMPA MELINTANG
301, 319, 6		F=10, 345, 0, 0, 0, 0, 0
401, 419, 6		F=16, 110, 0, 0, 0, 0, 0
501, 519, 6		F=21, 400, 0, 0, 0, 0, 0
601, 619, 6		F=26, 850, 0, 0, 0, 0, 0
701, 719, 6		F=32, 220, 0, 0, 0, 0, 0
801, 819, 6		F=27, 657, 0, 0, 0, 0, 0
219, 224, 1	L=8	F=0, -7, 036, 0, 0, 0, 0 : BEBAN GEMPA MEMANJANG
319, 324, 1		F=0, -16, 405, 0, 0, 0, 0
419, 424, 1		F=0, -25, 698, 0, 0, 0, 0

519, 524, 1  
 614, 624, 1  
 715, 724, 1  
 816, 824, 1

$\Gamma^{\alpha}(\lambda_1 = 42, \theta = 0.64, \phi = 0.17)$

$\Gamma^{\alpha}(\lambda_1 = 42, \theta = 0.5, \phi = 0.17)$

$\Gamma^{\alpha}(\lambda_1 = 42, \theta = 0.4, \phi = 0.17)$

$\Gamma^{\alpha}(\lambda_1 = 42, \theta = 0.3, \phi = 0.17)$

816, 824, 1=0.09  
 0=0, 0=0.09  
 1=0, 0=0.09  
 1, 5=0, 0=0.06  
 2=0, 0=0.05  
 3=0, 0=0.045

COHES

1	$C=1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0$
2	$C=0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0$
3	$C=0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0$
4	$C=0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0$
5	$C=0, 1, 6, 1, 2, 0, 1, 6, 1, 3, 0, 0, 0=0$
6	$C=0, 0, 525, 1, 05, 0, 0, 525, 1, 05, 1, 05, 0, 415, 0=1, 05$
7	$C=0, 0, 525, 1, 05, 0, 0, 525, 1, 05, 0, 315, 1, 05, 0=1, 05$
8	$C=0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0=1$