

12077/ITS/H/00



TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DAN STUDIO U.K PETRA SURABAYA DENGAN METODE PRACETAK

PLS
690 73
Ang
m-1
1999



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	23-6-00
Terima Dari	H.
No. Agenda Pp.	21264

Oleh :

RETNO ANGGRAINI

NRP. 3193.100.025

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

1999

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DAN STUDIO U.K PETRA SURABAYA DENGAN METODE PRACETAK

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing,


(Ir. KURDIAN SUPRAPTO, MS.)




(Ir. MUDJI IRMAWAN, MS.)

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DAN STUDIO U.K. PETRA SURABAYA DENGAN METODE PRACETAK

Penyusun :
RETNO ANGGRAINI
NRP : 3193 100 025

Dosen Pembimbing :
Ir. KURDIAN SUPRAPTO, MS.
Ir. MUDJI IRMAWAN, MS

ABSTRAK

Metode beton pracetak merupakan salah satu alternatif desain konstruksi yang mulai banyak dipergunakan. Pemilihan alternatif desain konstruksi ini sangat tepat dilakukan pada gedung yang banyak memiliki elemen-elemen struktur yang seragam. Dengan penerapan metode pracetak, penghematan biaya dan waktu konstruksi dapat dilakukan.

Penerapan metode beton pracetak pada suatu gedung, selain harus memperhitungkan faktor ekonomi dari aspek-aspek produksi, juga harus memperhitungkan stabilitas dari transportasi, dan ereksi elemen - elemennya selama proses konstruksi berlangsung.

Kekuatan, kekakuan, daktilitas, serta pendetailan sambungan antara elemen-elemen beton pracetak adalah hal yang sangat penting, karena fungsinya tidak hanya mentransfer beban tetapi juga mengembangkan perilaku monolit pada struktur.

Dalam tugas akhir ini, metode konstruksi beton pracetak diterapkan pada Gedung Perkuliahan dan Studio Universitas Kristen Petra Surabaya. Dimana gedung tersebut memiliki 10 lantai dengan sistem struktur open frame. Adapun elemen struktur yang dipracetak meliputi : pelat, balok, tangga, dan kolom. Dan secara keseluruhan gedung tersebut direncanakan dengan daktilitas terbatas.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya yang telah dilimpahkan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan tugas yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil ITS. Tugas Akhir dengan judul *Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan dan Studio U.K. Petra Surabaya dengan Metode Pracetak*, ini diharapkan dapat menambah khasanah pengetahuan di bidang Teknik Sipil pada umumnya dan Bidang Perencanaan pada khususnya.

Kami menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga kekurangan dan kesalahan yang ada dapat diperbaiki.

Banyak pihak yang telah banyak membantu penyelesaian Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini perkenankan kami mengicapkan terima kasih kepada:

- Bapak Dr. Ir. IGP Raka selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS
- Bapak. Ir. Kurdian Suprpto, MS dan Bapak Ir. Mudji Irmawan, MS selaku Dosen Pembimbing, atas segala bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini
- Bapak Ir. Udman Hanifah, Dipl.He selaku Dosen Wali, atas segala bimbingan dan arahan selama kami menempuh studi di Teknik Sipil ITS
- Seluruh Staf Pengajar dan Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Sipil ITS, atas segala partisipasinya sehingga masa studi kami dapat terlewati dengan baik dan lancar

Semoga Allah SWT menerima segala kebaikan ini dan kita semua dalam lindungan-Nya, Amien

Surabaya, Februari 1999

Penyusun

Retno Anggraini

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya Tugas Akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang turut membantu, terutama kepada :

- Bapak dan Ibu tercinta serta Shinta atas segala doa dan dukungan moral serta material yang telah banyak diberikan dalam Tugas Akhir ini
- Mas Eko, mbak Kunti serta Meydi tersayang atas dorongan semangat yang diberikan
- Mas Andi' tersayang atas segenap perhatian, dorongan, dan bantuan baik secara moril dan materil
- Meri, Sovi, Rina , Yanti, Nunung, Yoga, Andar, Dedi, Totok, Safi'i, Hari, Oyong, Roy, Anto', Hendra Petruk, Dedy Rukito dan seluruh rekan-rekan S-36 atas dukungan dan kebersamaannya
- Agung, Mas Arief, Hendra Agus yang sangat membantu proses penyelesaian Tugas Akhir ini
- Serta rekan-rekan mahasiswa yang lain yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
- Pak Tyo' dan Pak 'Mo atas konsumsinya

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapatkan imbalan dari Allah SWT.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan	I-2
1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Permasalahan	I-2
1.4 Metode Perencanaan	I-2
1.5 Metode Analisa Struktur	I-3
BAB II PENGANTAR BETON PRACETAK	II-1
2.1 Umum	II-1
2.2 Pengertian Beton Pracetak	II-2
2.3 Fabrikasi Komponen Beton Pracetak	II-2
2.4 Keuntungan Beton Pracetak	II-4
2.5 Transportasi Komponen Pracetak	II-6
2.6 Pemasangan Komponen Pracetak	II-7
2.7 Beberapa Type Sistem Struktur pada Konstruksi Beton Bertulang Tahan Gempa	II-9
2.8 Beberapa Sistem Sambungan	II-11
BAB III DASAR-DASAR PERENCANAAN	III-1
3.1 Umum	III-1
3.2 Data Bangunan	III-1
3.3 Data Tanah	III-2
3.4 Mutu Bahan	III-2
3.5 Pembebanan Struktur	III-2
3.5.1 Jenis Pembebanan	III-2
3.5.2 Kombinasi Pembebanan	III-4
3.6 Asumsi dan Metode Analisa	III-5
3.7 Perencanaan Terhadap Gempa	III-6
3.7.1 Definisi Daktilitas	III-6
3.7.2 Tingkatan Daktilitas	III-6
3.7.3 Dasar Pemilihan Daktilitas	III-7
BAB IV PERENCANAAN PLAT	IV-1
4.1 Umum	IV-1
4.2 Preliminary Desain	IV-2
4.2.1 Kolom	IV-3
4.2.2 Balok	IV-3
4.2.3 Plat	IV-3
4.2.4 Kontrol Tebal Plat	IV-4
4.3 Data Perencanaan	IV-6
4.4 Tahap-tahap Perhitungan Plat Pracetak	IV-10
4.5 Permodelan dan Analisa Momen pada Plat	IV-10
4.6 Contoh Perhitungan Penulangan Plat	IV-11

4.6.1 Penulangan Sesudah Komposit	IV-12
4.6.2 Penulangan Sebelum Komposit	IV-14
4.6.3 Kontrol Lendutan	IV-17
4.6.4 Kontrol Relak	IV-19
4.6.5 Panjang Penyaluran Tulangan Plat	IV-21
4.6.6 Penulangan Stud Plat Lantai	IV-21
4.7 Tulangan Angkat	IV-23
4.8 Kontrol Tegangan Handling	IV-25
BAB V PERENCANAAN UNSUR SEKUNDER	V-1
5.1 Perencanaan Tangga	V-1
5.1.1 Data-data Perencanaan	V-1
5.1.2 Perhitungan Plat Tangga	V-1
5.1.3 Pembebanan Tangga dan Bordes	V-3
5.1.4 Perhitungan Penulangan Plat Tangga dan Bordes	V-4
5.1.5 Penulangan Balok Penumpu Tangga	V-5
5.2 Pengangkatan Elemen Tangga	V-10
5.2.1 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan	V-11
5.3 Perencanaan Balok Anak	V-13
5.3.1 Perhitungan Balok Anak Plat Lantai	V-13
5.3.2 Pengangkatan	V-17
5.3.3 Lendutan	V-18
5.3.4 Guling	V-19
BAB VI ANALISA STRUKTUR UTAMA	VI-1
6.1 Umum	VI-1
6.2 Pembebanan	VI-1
6.3 Permodelan Struktur	VI-1
6.4 Data Satuan	VI-2
6.5 Data Material	VI-2
6.6 Input Data	VI-2
6.7 Kontrol Gaya Gempa	VI-5
6.7.1 Gaya Geser Dasar Total Analisa Statis	VI-5
6.7.2 Gaya Geser Dasar Analisa Dinamis	VI-6
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA	VII-1
7.1 Perencanaan Balok Induk	VII-1
7.1.1 Penulangan Lentur Elemen Balok	VII-1
7.1.2 Penulangan Geser dan Torsi	VII-6
7.1.3 Panjang Penyaluran	VII-8
7.1.4 Lendutan	VII-9
7.1.5 Guling	VII-9
7.1.6 Pengangkatan	VII-11
7.2 Perencanaan Kolom	VII-14
7.2.1 Dasar teori	VII-14
7.2.2 Panjang Tekuk Kolom	VII-14
7.2.3 Pembatasan Penulangan Kolom	VII-15
7.2.4 Kolom Pendek	VII-15
7.2.5 Kolom Panjang	VII-15
7.2.6 Faktor Pembesaran Momen untuk Kolom Panjang	VII-16

7.2.7 Penulangan Lentur Kolom	VII-17
7.2.8 Penulangan Geser Torsi Kolom	VII-18
7.2.9 Contoh Perhitungan	VII-18
7.3 Pengangkatan Elemen Kolom	VII-23
BAB VIII PERENCANAAN SAMBUNGAN	VIII-1
8.1 Umum	VIII-1
8.2 Kriteria Perencanaan Sambungan	VIII-1
8.2.1 Kekuatan	VIII-1
8.2.2 Daktilitas	VIII-2
8.2.3 Perubahan Volume	VIII-2
8.2.4 Keawetan	VIII-2
8.2.5 Ketahanan Terhadap Kebakaran	VIII-2
8.2.6 Kesederhanaan Sambungan	VIII-3
8.2.7 Kesederhanaan Pemasangan	VIII-3
8.3 Konsep Desain Sambungan	VIII-3
8.4 Prosedur Desain Sambungan	VIII-6
8.5 Jenis Sambungan	VIII-13
8.5.1 Sambungan Kolom dengan Pondasi	VIII-14
8.5.2 Sambungan Antar Kolom	VIII-16
8.5.3 Sambungan Balok Induk - Balok Anak	VIII-17
8.5.4 Sambungan Plat Diaphragma	VIII-18
8.5.5 Sambungan Balok Kolom	VIII-18
8.5.6 Sambungan Tangga	VIII-28
BAB IX PERENCANAAN PONDASI	IX-1
9.1 Umum	IX-1
9.2 Data Tanah	IX-1
9.3 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang	IX-1
9.4 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Horisontal	IX-6
9.5 Perencanaan Poer	IX-8
9.6 Perencanaan Sloof	IX-14
BAB X PELAKSANAAN	X-1
10.1 Umum	X-1
10.2 Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	X-1
10.3 Pengangkatan Elemen Pracetak	X-3
10.4 Penempatan Crane	X-3
10.5 Proses Pemasangan Elemen Pracetak	X-4
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
GAMBAR - GAMBAR	

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Industri konstruksi dewasa ini menunjukkan perkembangan yang sangat menarik untuk diamati. Berbagai metode konstruksi bermunculan untuk meningkatkan kecepatan waktu konstruksi serta pelaksanaan konstruksi yang efektif dan efisien. Karena dengan semakin cepatnya waktu pelaksanaan konstruksi, maka banyak didapat penghematan baik dari segi waktu maupun biaya. Sehingga investasi yang telah ditanamkan akan menguntungkan dan lebih bermanfaat.

Pracetak sebagai metoda konstruksi dan material konstruksi mulai banyak digunakan karena mempunyai 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 di lapangan, sedangkan sebagai metode konstruksi, pracetak bukan lagi merupakan 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 struktural yang ada seperti double tee, single tee, channel slab, flat slab dan lain sebagainya dengan ukuran tertentu. Dalam era baru 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. Hal ini memungkinkan direncanakannya bentuk – bentuk serta ukuran – ukuran beton pracetak sesuai yang diinginkan .
2. Seiring dengan meningkatnya perkembangan transportasi dapat membantu mempermudah pengangkutan beton pracetak menuju lokasi yang diinginkan.

Untuk itulah maka gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra yang bangunan aslinya dibangun dengan menggunakan sistem beton konvensional (beton bertulang biasa) dicoba direncanakan dengan menggunakan sistem beton pracetak sebagai salah satu alternatif penyelesaian.

Untuk keperluan tersebut terlebih dahulu kami menginventarisasikan type sistem pracetak baru kemudian menentukan jenis sistem strukturnya, serta jenis sambungan yang akan digunakan untuk kemudian menganalisisnya.

Berdasarkan analisa tersebut dapat diketahui apakah sistem tersebut diatas dapat dipakai dalam arti memenuhi standart bangunan yang telah ditetapkan dalam SK SNI T-15-1991-03 dan PPTGIUG atau tidak.

1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah merencanakan struktur gedung Perkuliahan dan studio Universtas Kristen Petra Surabaya dengan menggunakan beton Pracetak penuh pada struktur atas dengan daktilitas 2 (terbatas).

1.3. RUANG LINGKUP DAN BATASAN PERMASALAHAN

1. Dalam perencanaan elemen pracetak pengaruh suhu diabaikan.
2. Dalam perencanaan ini penulis tidak meninjau sudut biaya akan tetapi perencanaan ini lebih menekankan pada alternatif penyelesaian struktur.

1.4. METODE PERENCANAAN

Langkah – langkah yang diambil dalam merencanakan struktur gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari arsitektur gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra
 - Mempelajari fungsi bangunan

- Mempelajari beban hidup yang akan bekerja
- 2. Konsep Desain Struktur (Struktural Desain Concept)
 - Menetapkan konsep desain struktur, yang mana dalam hal ini dipakai SKSNI T -15- 1991-03
 - Menetapkan metode analisa struktur yakni dengan menggunakan alat bantu software SAP 90 dan ETABS .
- 3. Desain awal (Preliminary Desain)
 - Memperkirakan dimensi awal dari struktur seperti balok, kolom dan plat .
- 4. Menganalisa dan memodelkan struktur (Struktural Analysis dan modelling)
 - Memodelkan struktur
 - Perhitungan gaya – gaya dalam struktur Gedung Perkuliahan dan Studio Universitas Kristen Petra Surabaya
- 5. Desain Sambungan
 - Menetapkan jenis sambungan yang akan dipergunakan
- 6. Detail Penulangan elemen struktur Gedung Perkuliahan dan Studio Universitas Kristen Petra Surabaya.
 - Menetapkan detail – detail penulangan yang dibutuhkan sesuai dengan perhitungan
- 7. Menghitung gaya – gaya yang terjadi pada pondasi, untuk selanjutnya menghitung dimensi dari pondasi.

I.5. METODE ANALISA STRUKTUR

Metode penyelesaian untuk analisa struktur yang dipakai adalah sebagai berikut :

- Perhitungan gaya – gaya dalam plat menggunakan koefisien momen PBI 1971
- Analisa statis pada unsur sekunder tangga menggunakan Software SAP 90
- Analisa Statis dan dinamis pada struktur utama menggunakan metode tiga dimensi dengan software ETABS.



BAB II

PENGANTAR BETON PRACETAK

BAB II

PENGANTAR BETON PRACETAK

2.1. UMUM

Dewasa ini pemanfaatan metoda pracetak di dalam desain struktur di Indonesia sudah berkembang pesat. Mengingat adanya kebutuhan akan penghematan biaya serta segala sesuatu yang ingin serba cepat dan praktis serta mudah pelaksanaannya di dalam dunia konstruksi, menjadikan dunia pracetak sebagai salah satu alternatif pilihan yang paling baik dan efektif. Hal ini dikarenakan adanya beberapa kelebihan pada metoda pracetak ini.

Pada penggunaan konstruksi beton pracetak pada suatu struktur bangunan, selain harus memperhatikan faktor ekonomi dari aspek-aspek produksi, faktor transportasi dan ereksi juga perlu dijamin stabilitasnya selama konstruksi itu berlangsung.

Didalam perencanaan struktur beton pracetak di daerah gempa yang perlu diperhatikan adalah pendetailan dan stabilitas struktur yang baik selama konstruksi. Terlepas dari bahan yang digunakan pada struktur apakah menggunakan baja, beton atau komposit bahwa kekuatan, kekakuan dan daktilitas serta pendetailan sambungan antara elemen-elemen beton pracetak merupakan hal yang sangat penting, sebab fungsinya tidak hanya mentransfer beban tetapi juga untuk mengembangkan perilaku yang monolith pada struktur tersebut.

Kekuatan, kekakuan dan daktilitas yang disyaratkan akan menimbulkan pengaruh dari drift, defleksi dan rotasi dari struktur, hal ini penting sebab bila terjadi gempa, pergerakan dan rotasi dari struktur harus mampu ditahan, karena keduanya dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur dan non struktur yang dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan gedung.

Peranan sambungan dalam metode pracetak memegang peranan yang sangat penting terutama bila struktur tersebut terletak pada daerah zone gempa. Beberapa type sambungan yang telah diperkenalkan dan diuji coba pada beberapa negara maju khususnya Jepang dan Amerika Serikat menawarkan beberapa keunikan dan kelebihan masing-masing serta kelemahannya, maka dalam perencanaan gedung hendaknya memilih sambungan

yang efektif, berarti konstruksi tersebut dapat ereksi secepat mungkin serta mudah dalam produksi dan perakitannya. Selain itu juga perlu dipertimbangkan mahalannya sebuah sambungan, sehingga hendaknya dipilih yang relatif murah.

Pada perencanaan struktur yang menggunakan konstruksi beton pracetak, diharapkan sambungan itu dapat berperilaku atau ekuivalen dengan konstruksi konvensional. Dalam pemilihan elemen pracetak hendaknya juga diperhatikan dalam hal kemudahan dan kecepatan dalam produksi dan pelaksanaannya. Sehingga dalam pelaksanaan nantinya tidak muncul masalah dalam pematangan.

2.2. PENGERTIAN BETON PRACETAK

Adapun definisi dari beton pracetak adalah beton yang dicor di suatu tempat tertentu (dapat di lokasi proyek maupun di pabrik yang memproduksi beton pracetak), kemudian dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga dapat bekerja sebagai suatu kesatuan yang membentuk konstruksi bangunan beton yang utuh.

2.3. FABRIKASI KOMPONEN BETON PRACETAK

Fabrikasi komponen pracetak di Indonesia dapat dikategorikan menjadi dua bagian :

1. Fabrikasi yang bersifat sementara, dimana pabrik dibuat untuk memenuhi kebutuhan selampembangunan suatu proyek dan apabila pembangunan atau pekerjaan telah selesai, maka pabrik akan dibongkar kembali. Hal ini dilakukan apabila luas areal dimana proyek tersebut berlangsung cukup memadai disamping itu pula lingkungannya mendukung untuk pergerakan transportasi dari komponen pracetak itu sendiri.
2. Pabrik yang bersifat permanen, yaitu industri pracetak yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan pasar. Tipe pabrik ini didirikan dengan pertimbangan prospek kemajuan pembangunan di daerah sekitar dimana pabrik didirikan.

Seperti pabrik-pabrik lainnya, produk yang dihasilkan merupakan produk standar dan masal, pabrik ini memerlukan investasi yang besar, memerlukan areal yang luas dan dekat dengan sumber bahan baku dan sarana transportasi yang memadai untuk mengangkut hasil produksinya.

Adapun ciri-ciri dari industri pracetak adalah :

- . Diproduksi secara masal, berulang dan type produksi dibatasi.
- . Dilakukan di areal tertutup.
- . Penggunaan alat dominan.
- . Mutu yang stabil.

a. Masal, berulang dan type produksi dibatasi

Dalam industri beton pracetak terdapat beberapa jenis variabel, akan tetapi jenis biaya yang paling dominan adalah biaya cetakan. Semakin tinggi tingkat pemakaian cetakan, maka semakin besar efisiensi yang didapatkan. Berdasarkan pertimbangan itulah maka jumlah cetakan masing-masing type perlu dibatasi seminimal mungkin. Didalam proses pemroduksian beton pracetak terdapat kendala yang harus dihadapi dengan adanya pembatasan jumlah cetakan yaitu masalah jadwal produksi, dan untuk mengatasi masalah tersebut dapat dengan cara memperpendek cycle time produksi. Dalam industri komponen pracetak untuk memperpendek cycle time dapat dilakukan dengan mempercepat proses pengerasan beton, perawatan beton dilakukan dengan uap air bertemperatur 70 - 80 derajat Celcius.

Proses produksi yang umumnya diterapkan dalam industrikomponen beton pracetak dengan cycle time berkisar antara 6 - 7 jam sehingga dalam satu hari (24 jam) dapat menghasilkan 2 - 3 buah produk untuk setiap cetakan. Kecepatan produksi diatur sedemikian rupa agar selaras dengan kecepatan pemasangan di lapangan, dengan jumlah stok setiap saat yang cukup untuk dua lantai. Disamping hal tersebut faktor yang juga menentukan jumlah tingkat pemakaian cetakan (sehubungan dengan tingkat efisiensi sistem pracetak) adalah volume pekerjaan komponen beton pracetak.

b. Dilakukan di lokasi yang tertutup

Meskipun dapat dilakukan di tempat terbuka, pada umumnya fabrikasi komponen beton pracetak dilakukan di tempat tertutup karena terdapat keuntungan yang tidak didapatkan jika proses dilakukan pada tempat terbuka. Keuntungan yang didapatkan jika dilakukan di tempat tertutup antara lain :

- . Jadwal produksi lebih terjamin, karena tidak dipengaruhi oleh cuaca.
- . Lingkungan kerja aman, kesehatan dan keselamatan kerja lebih terjamin, sehingga produktifitas lebih terjamin.

c. Penggunaan alat dominan

Guna memperkecil tingkat penyimpangan mutu produk dari yang disyaratkan, industri pracetak harus didukung dengan peralatan yang memadai. Meskipun demikian tidak berarti bahwa industri pracetak merupakan industri padat modal karena dalam industri pracetak tetap diperlukan jumlah pekerja yang cukup banyak untuk mengoperasikan alat- alat.

d. Kualitas kerja

Dengan didukung oleh peralatan yang memadai serta lingkungan kerja yang baik serta sifat kerja yang berulang, akan membuat mutu produk pracetak menjadi lebih terjamin apabila dibandingkan dengan sistem konvensional. Disamping hal tersebut adanya system Quality Control dalam memproduksi beton pracetak menambah nilai kualitas dari beton pracetak.

2.4. KEUNTUNGAN BETON PRACETAK

Kualitas komponen beton pracetak dalam suatu proyek mempunyai beberapa keuntungan, antara lain :

1. Terdapat pengurangan waktu pelaksanaan.
2. Unggul dalam kualitas.
3. Terdapat pengurangan upah tenaga kerja lapangan.
4. Dapat mempercepat waktu pemilikan dan penggunaan dari struktur.

Secara garis besar keuntungan lain dari penggunaan beton pracetak adalah sebagai berikut :

a. Daya Dukung beban tinggi (High Load Capacity)

Beton pracetak memiliki kekuatan struktur yang cukup tinggi untuk menerima beban yang cukup berat.

b. Keawetan (Durability)

Beton pracetak memiliki kepadatan dan kedap terhadap air yang tinggi, sehingga

memiliki ketahanan yang lebih terhadap cuaca, getaran, benturan, korosi dan kerusakan lain yang tergantung waktu.

c. Kontrol Kualitas

Beton pracetak dihasilkan dari kondisi yang optimum dan bentuk, pemeliharaan yang lebih baik dibandingkan beton konvensional.

d. Pengurangan Pemakaian Perancah

Pengecoran pracetak dilakukan di tempat lain. Elemen yang sudah jadi langsung dipasang pada konstruksi. Elemen beton pracetak dapat juga berfungsi sebagai perancah bagi elemen konstruksi lainnya yang harus dicor di tempat.

e. Segi Ekonomi

Pada konstruksi beton pracetak ongkos buruh yang mahal dapat dikurangi. Didapatkannya kekuatan yang tinggi dengan berat elemen yang relatif ringan dapat menghemat biaya produksi. Pelaksanaan produksi dapat dilaksanakan dalam cuaca baik maupun buruk (hujan). Pelaksanaan yang cepat dengan elemen beton pracetak dari pabrik mengurangi pengeluaran dari kontraktor dalam membayar upah tenaga kerja.

f. Bentuk Fleksibel

Pemenuhan terhadap tuntutan arsitektural terhadap bentuk suatu elemen dapat lebih fleksibel, karena elemen pracetak lebih mudah dibentuk dalam bentuk yang lebih kompleks karena tempat pengecoran yang lebih luasa (di luar lokasi).

g. Kecepatan Pelaksanaan

Konstruksi beton pracetak mengurangi waktu pelaksanaan karena menghilangkan aktifitas pemasangan formwork dan mengurangi pengecoran di lapangan.

h. Jangka Pelayanan Panjang

Gedung yang dibangun dengan beton pracetak memberikan jangka pelayanan yang lebih lama dengan sedikit perawatan dan perbaikan.

i. Sedikit perawatan (Low Maintenance)

Proses fabrikasi dan beton pracetak dengan kontrol kualitas yang baik akan dihasilkan beton dengan kepadatan yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap keropos dan korosi, oleh karena itu didalam penggunaannya hanya diperlukan sedikit perawatan.

j. Penyediaannya mudah (Ready Availability)

Penyediaan beton Pracetak bisa dilakukan dengan mudah terutama untuk produksi massal disesuaikan dengan skedul pemasangan selama pemesanan masih dibawah kapasitas produksi maksimum.

k. Kontrol Kualitas

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.

l. Tahan kebakaran

Beton pracetak tidak mudah terbakar, sehingga merupakan material yang cukup baik untuk mencegah menjalarnya api pada gedung maupun antar gedung. Manfaat melekat dalam konstruksi beton menjamin keamanan bagi penghuni dari bahaya kebakaran.

m. Transmisi kegaduhan rendah (Low Noise Transmission)

Karena kegiatan pengadaan komponen pracetak lebih banyak dipabrik maka akan mengurangi tingkat kegaduhan pada saat pembangunan gedung.

n. Ketebalan kecil dan bentang panjang

Untuk jenis beton pracetak yang ditekan akan memberikan keuntungan lainnya yaitu ketebalan komponen yang relatif tipis, sehingga struktur dapat digunakan untuk bentang yang cukup panjang sekalipun. Karena dengan struktur yang tipis akan meringankan berat struktur yang dapat memperkecil beban gempa yang harus dipikul.

2.5. TRANSPORTASI KOMPONEN PRACETAK

Transportasi komponen - komponen pracetak merupakan bagian kegiatan yang penting jika lokasi pabrik semen beton pracetak terletak jauh dari lokasi proyek beton pracetak. Daya angkut dari alat transportasi, seperti truk atau trailer dapat disesuaikan dengan ukuran berat dari elemen pracetak.

Untuk menjamin kelancaran transportasi komponen - komponen pracetak tersebut, maka perencanaan jadwal transportasi harus mempertimbangkan faktor-faktor berikut :

- Kecepatan pemasangan elemen pracetak.
- Berapa lama waktu rata - rata yang diperlukan untuk mencapai lokasi.
- Jadwal pemasangan elemen pracetak sesuai dengan schedule rencana.
- Ijin angkutan serta alternatif jalan lain yang boleh dilewati sesuai dengan jenis alat transportasi yang digunakan
- Daya tampung gudang elemen pracetak di lokasi proyek.
- Kemampuan dari crane untuk mengangkat elemen beton pracetak.

- Kejelian pemberian tanda lokasi dimana elemen pracetak akan ditempatkan sehingga kecil kemungkinan adanya kesalahan pengangkatan oleh tower crane.

Jadwal transportasi yang ideal adalah bila elemen beton pracetak tiba di lokasi proyek tepat saat elemen beton pracetak tersebut diperlukan untuk dipasang, baik dalam jumlahnya maupun dalam jenisnya. Pada kondisi ini disamping tidak diperlukannya tempat yang luas untuk menyimpan elemen beton pracetak, juga dapat akan memperluas ruang kerja dan menghemat waktu, peralatan dan tenaga kerja.

Dari truk / trailer, elemen pracetak diangkat dengan menggunakan tower craine dan dirakit pada struktur tetapi dengan cara ini akan menimbulkan kesulitan lain karena tidak mudah untuk merkait langsung elemen beton pracetak yang baru datang ke tempat kedudukannya pada strukur dalam waktu singkat, akibatnya akan menimbulkan antrian truk/trailer yang akan membongkar muatannya. Berdasarkan ini , maka penyediaan gudang untuk elemen pracetak di lapangan masih tetap diperlukan. Biasanya stok yang disediakan dalam gudang penyimpanan diperuntukkan untuk waktu dua atau tiga hari.

2.6. PEMASANGAN KOMPONEN PRACETAK

Dalam pemasangan elemen - elemen pracetak pada posisi terakhirnya terdapat beberapa masalah yang harus diperhatikan oleh perencana untuk menghindari adanya kesalahan.

Masalah-masalah pokok yang dihadapi dalam pelaksanaan pemasangan komponen pracetak antara lain :

- Site plan
- Peralatan
- Sarana dan tenaga kerja
- Siklus pemasangan

a. Site plan

Dalam sistem konvensional maupun sistem pracetak, site plan memegang peranan penting dalam menentukan kelancaran pelaksanaan konstruksi. Oleh karena itu terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan, diantaranya adalah :

- . Posisi tower crane yang harus direncanakan setepat mungkin sehingga dapat menjangkau setiap pasisi elemen beton pracetak dan daya angkat tower crane pada jangkauan tersebut mampu mengangkat elemen beton pracetak pada posisi yang aman.
- . Posisi penyimpanan elemen beton pracetak harus mampu dijangkau oleh tower crane.
- . Jalan untuk transportasi elemen pracetak di proyek.
- . Lokasi sarana penunjang lainnya yang merupakan bagian yang tak terpisahkan seperti direksi kit, gudang dan lain-lainnya.

Site plan yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan proses pelaksanaan menjadi tidak lancar, pemakaian peralatan dan tenaga kerja menjadi tidak efisien dan pada akhirnya biaya pelaksanaan menjadi lebih tinggi, dan waktu pelaksanaan menjadi lama.

b. Peralatan

Tidak ada perbedaan yang menyolok pada kebutuhan peralatan untuk sistem konvensional dengan sistem pracetak. Hanya saja untuk penggunaan sistem pracetak beberapa hal dibawah ini harus betul - betul diperhatikan, seperti :

- . Berapa Tower Crane yang dibutuhkan dalam suatu proyek agar Tower crane dapat dioperasikan semaksimal dan seefisien mungkin
- . Berapa diameter perputaran Tower crane
- . Berapa kapasitas angkut maksimal dari tower crane
- . Peralatan pembantu serta jumlah kebutuhan guna mendukung siklus pemasangan elemen pracetak seperti truk dan lain sebagainya

c. Sarana dan tenaga kerja

Pada pembangunan suatu proyek yang menggunakan sistem pracetak, pada umumnya sarana dan tenaga kerja yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan dengan sistem konvensional. Dengan demikian koordinasi pelaksanaan lebih mudah dan kelancaran pelaksanaan lebih terjamin.

d. Siklus Pemasangan

Siklus pemasangan adalah pelaksanaan proyek yang dalam hal ini akan meliputi :

- . Pemasangan elemen kolom
- . Pemasangan elemen balok

- . Pemasangan elemen tangga
- . Pemasangan elemen pelat
- . Pengecoran overtoping

2.7. BEBERAPA TYPE SISTEM STRUKTUR PADA KONSTRUKSI BETON BERTULANG TAHAN GEMPA

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak sistem struktur juga perlu mendapatkan perhatian yang sangat besar sehingga konfigurasi strukturnya nanti dapat meningkatkan kekakuan dari gedung secara keutuhannya dan dapat diharapkan pula tidak terjadi aksi puntir yang sangat besar. Sistem struktur dibagi menjadi :

- a. Cantilever shear wall / Diagonal frame , gbr. 2.1.a.
- b. Momen resisting frame , gbr.2.1.b.
- c. Mix construction , gbr.2.1.c. dan gbr.2.1.d

A. Cantilever Shear Wall / Diagonal Frame

Pada sistem ini diharapkan perilaku gedung dapat lebih kaku sehingga bila terjadi beban lateral yang terjadi dapat berperilaku sedemikian rupa sehingga drift yang terjadi sangat kecil. Sistem cantilever shear wall ini diharapkan dapat menahan beban gempa.

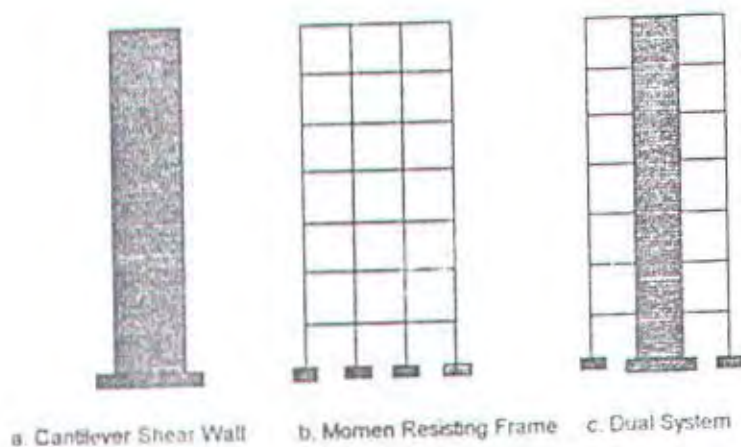
B. Momen Resisting Frame

Pada sistem ini frame merupakan penahan gempa di gedung, sehingga gaya-gaya akibat beban gempa ditransfer pada frame yang memang dikhususkan untuk menahan gempa kuat. Dalam perencanaan struktur gedung itu tidak perlu semua frame sebagai penahan akibat beban gempa tetapi dibuat hanya beberapa saja yang khusus untuk sisanya hanya sebagai penyalur beban.

Frame daktail adalah frame penahan momen yang mana dirancang dan pendetailannya sedemikian rupa sehingga tidak akan runtuh ketika distorsinya melampaui batas limit.

C. Konstruksi Campuran

Konstruksi campuran merupakan gabungan dari kedua sistem diatas, pertimbangan menggunakan metode ini selain dapat berperilaku yang diinginkan apabila terkena beban gempa juga dapat menambah kekakuan pada gedung secara keseluruhan, sehingga mengurangi drift, defleksi dan rotasi pada gedung.



Gambar 2.1. Beberapa type sistem struktur

2.8. BEBERAPA TYPE SAMBUNGAN

Dalam pelaksanaan pengerjaan bangunan beton sistem pracetak terdapat beberapa type sambungan, yaitu

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

2.8.1. SAMBUNGAN DAKTAIL DENGAN COR SETEMPAT

Sambungan ini merupakan jenis sambungan dengan menggunakan tulangan biasa untuk menyambung antar elemen beton pracetak yang kemudian sambungan ini dicor agar menjadi kesatuan sistem struktur.

Untuk menjamin kontinuitas dari elemen-elemen balok pracetak dan agar sendi plastis yang terjadi pada penampang dapat monolith (jauh dari bidang sentuh balok dengan beton cor setempat pada pertemuan balok-kolom), direncanakan penempatan sendi plastis sedemikian rupa sehingga kemampuan menahan momen pada penampang A lebih besar dari pada kemampuan menahan momen dari sendi plastis pada penampang B, gbr.2.2.a.

2.8.2. SAMBUNGAN DAKTAIL DENGAN LAS

Ochs dan Ehsani (1993) mengusulkan dua sambungan las pada penempatannya di lokasi sendi plastis pada permukaan kolom sesuai dengan filosofi strong column - weak beam, gedung harus dirancang sedemikian rupa sehingga flexure hinge terbentuk pada ujung balok, dekat kolom.

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

Balok yang terdapat pada permukaan kolom dirancang mempunyai nominal kapasitas lentur sekitar 25 % lebih besar dari pada momen maksimum yang terjadi, Gbr. 2.2.b. menerangkan konsep ini.

Rasio dan kapasitas momen nominal dari balok yang terjadi dikonsentrasi 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 joint tersebut.

Keuntungan dari cara ini adalah dari segi pengerjaan dan pelaksanaannya, karena elemen-elemen 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 kolom ditanam pelat baja yang masuk pada daerah tulangan kolom yang kemudian dicor pada pembuatan elemen pracetak, sama halnya dengan elemen baloknya, pada kedua ujung balok masing-masing diatas dan dibawah menggunakan pelat yang dimasukkan terlebih dahulu kemudian adanya pendetailan khusus pada penempatan lokasi sendi plastis sehingga adanya perbedaan dalam kekangan tetapi metode pelaksanaannya pada prinsipnya sama.

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan kedua cara penempatan sendi plastis semuanya menunjukkan hasil yang memuaskan sehingga tidak ada masalah apabila digunakan pada daerah zona gempa. Pada perakitan komponen pracetak yang menggunakan las, untuk kolom terlebih dahulu berdirikan kemudian digunakan cara pengelasan untuk menyambunginya dengan balok.

Beton pracetak dengan penempatan lokasi sendi plastis adalah sebanding dengan cast in-place dalam hal kekuatan dan daktilitasnya, dimana sendi plastis itu ditempatkan pada permukaan kolom. Penempatan sendi plastis penyebab retak pada daerah balok, yang mana karakteristik ini sangat baik, khususnya untuk beban siklis.

Bagian kritis pada sambungan pracetak adalah pada pengelasan tulangan balok dimana dapat menimbulkan kegagalan. Karena itu perlu perhatian khusus pada kualitas dari pengelasan pada pelat pracetak dan tulangan perkuatan.

Kelemahan konstruksi di atas dengan menggunakan las pada sambungan balok kolom, biaya dan kontrol hasil pekerjaan las sangat besar dan sulit.

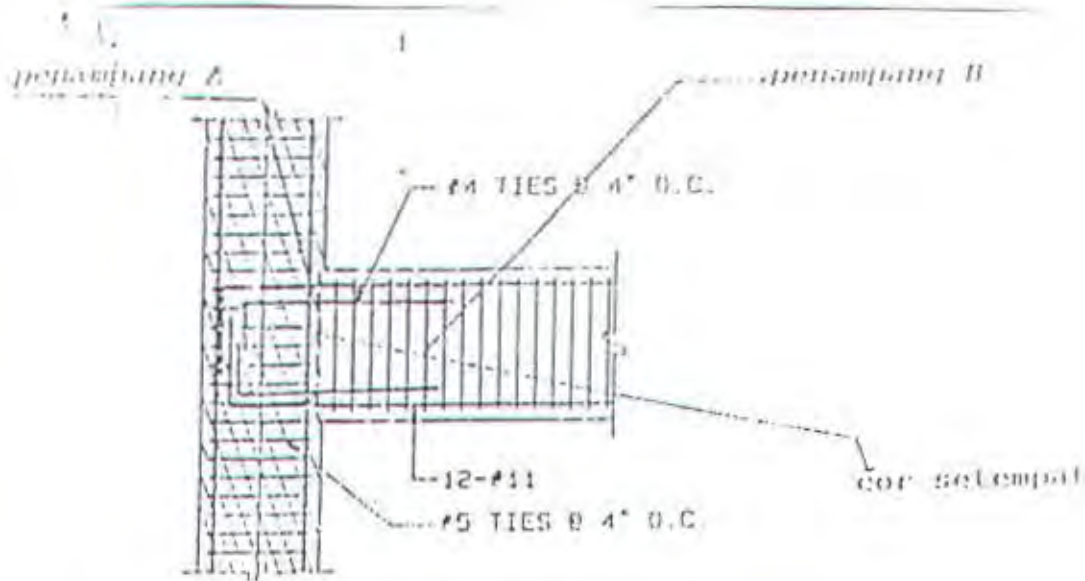
2.8.3. SAMBUNGAN DAKTAIL MEKANIK

French and friends (1989) mengembangkan sambungan yang menggunakan post-tension untuk menghubungkan antara balok dan kolom. Pada sambungan post-tension ini dirancang pelebaran terjadi pada daerah lokasi antara pertemuan balok kolom Gbr. 2.2.c. Treaded coupler adalah tempat untuk sambungan pada ujung tulangan baja yang dimasukkan pada alat tersebut. Dengan fasilitas yang tersedia pada alat tersebut sehingga ujung tulangan baja dapat dimasukkan pada lubang yang runcing Gbr. 2.2.d. Alat ini merupakan salah satu dari tipe sambungan mekanik. Pelaksanaan alat sambungan ini perlu sekali ketrampilan dan keahlian khusus.

2.8.4. SAMBUNGAN DAKTAIL DENGAN SISTEM BAUT

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

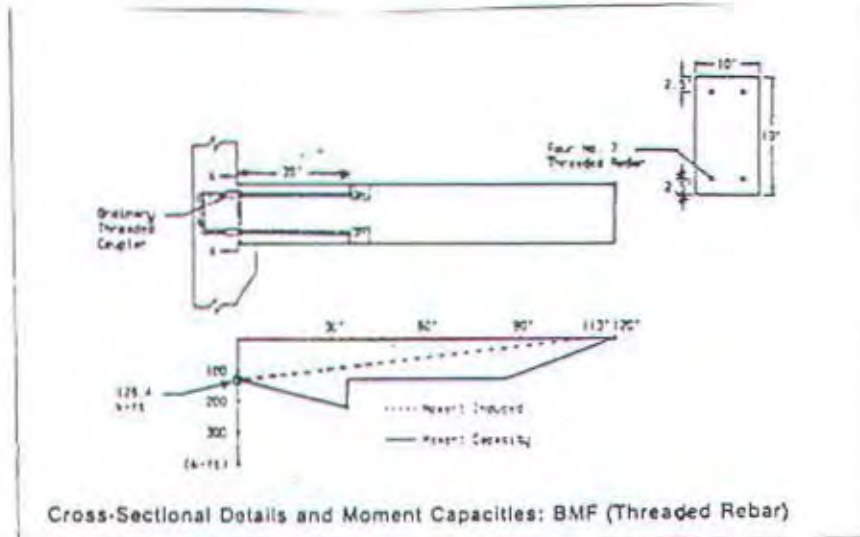
Sambungan daktail ini membatasi beban inersia yang dapat dibenarkan dalam sistem tersebut, karena itu pembatasan gaya agar kehilangan daktail.



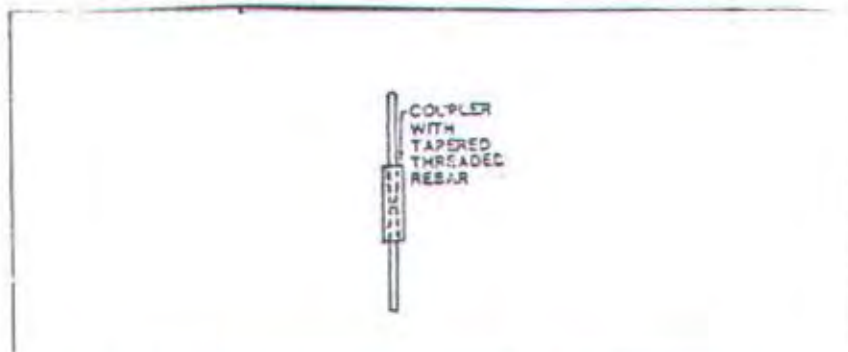
Gbr.2.2.a Sambungan daktail dengan cor setempat



Gbr.2.2.b. Sambungan daktail dengan las



Gbr.2.2.c. Sambungan daktail mekanik



Gbr.2.2.d. Treaded coupler with tapered threaded rebar



BAB III

DASAR-DASAR PERENCANAAN

BAB III

DASAR - DASAR PERENCANAAN

3.1. 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 beberapa metoda yang ada gunanya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Data - data teknis dalam hal ini diperoleh dari gambar yang ada baik yang berkenaan dengan tinggi kolom, luas lantai, tinggi total struktur, jumlah lantai, dimensi arah panjang dan arah lebar dari bangunan, dan sebagainya. setelah membaca dan menganalisa semua data - data teknis yang ada maka penulis dapat menentukan asumsi - asumsi yang berkenaan dengan jenis struktur yang ada. penentuan asumsi ini merupakan sesuatu yang cukup penting mengingat kesalahan dalam penentuan asumsi akan membahayakan struktur itu sendiri.

3.2. DATA BANGUNAN

Gedung yang digunakan sebagai objek pada tugas akhir ini adalah jenis gedung perkuliahan dan studio dengan data-data sebagai berikut :

- ♦ Nama Gedung : Gedung Perkuliahan dan Studio Universitas Kristen Petra
- ♦ Lokasi : Surabaya
- ♦ Fungsi Bangunan : Gedung perkuliahan dan studio
- ♦ Tinggi Gedung : 39.60 m
- ♦ Lebar Gedung : 28.80 m

- Fungsi Tiap Lantai : - Lantai Dasar : Tempat parkir
- Lantai 2 - 10 : Ruang perkuliahan dan studio
- Struktur : Beton pracetak
- Zone Gempa : 4

3.3. DATA TANAH

Dari hasil penyelidikan tanah (terlampir) menunjukkan bahwa kondisi tanah dibawah gedung tersebut adalah lunak, yang berupa tanah lempung. Hal ini menyebabkan dibutuhkannya pondasi dalam (tiang pancang) dengan kedalaman yang cukup untuk memikul struktur gedung tersebut. Data tanah tersebut berupa SPT.

3.4. MUTU BAHAN

- Beton :
 - Beton cor setempat = 30 MPa
 - Beton pada balok pracetak = 35 MP
 - Beton pada pelat lantai pracetak = 35MPa
 - Beton untuk dinding geser = 35 MPa
- Baja :
 - $f_y = 400 \text{ MPa}$ (U40)

3.5. PEMBEBANAN STRUKTUR

3.5.1. JENIS PEMBEBANAN

Pembebanan yang dimaksud adalah beban - beban yang diprediksikan akan bekerja pada struktur gedung perkuliahan dan studio universitas Kristen Petra Surabaya. Adapun jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam analisa struktur gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra Surabaya ini adalah :

1. *Beban Mati*

- Adalah semua beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung.

- Beban mati untuk gedung diatur dalam PPI '83 BAB -2.
- Beban mati rencana sesuai PPI '83 BAB - 2
- # Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
- # Tembok 1/2 bata : 250 kg/m³
- # Plafon dan penggantung : 18 kg/m²
- # Aspal : 14 kg/m²
- # Ducting AC dan pipa : 30 kg/m²
- # Tegel (1cm) : 24 kg/m²
- # Spesi (1cm) : 21 kg/m²

2. Beban Hidup

- Adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung sesuai dengan PPI '83, termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen. Khusus pada atap, air hujan termasuk menjadi beban hidup (PPI psl.1.2),
- Beban hidup untuk gedung diatur dalam PPI '83 BAB -3.
- Untuk gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra Surabaya ini direncanakan beban hidupnya :
- # Lantai ruang kuliah : 250 kg/m²
- # Lantai studio & perpustakaan : 400 kg/m²
- # Tangga dan Bordes : 300 kg/m²

3. Beban Angin

- Adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara (PPI '83 psl. 1.3)
- Beban angin untuk gedung diatur dalam PPI '83 BAB -4.
- Untuk Gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra ini direncanakan tekanan tiup minimum 25 kg/cm²

4. Beban Gempa

- Adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang

diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut (PPI '83 psl. 1.4).

- Beban gempa untuk gedung diatas dalam PPTGIUG '83 dengan zone 4 untuk daerah Surabaya.

5. Reduksi Beban Hidup

- Berdasarkan PPI '83 psl 3.5 terdapat reduksi untuk beban hidup dalam perhitungan penyelesaian struktur :

Untuk perencanaan balok induk dan portal

- Untuk ruang kuliah : 0.9
- Untuk perpustakaan dan studio : 0.8

Untuk peninjauan gempa (berdasarkan fungsi gedung)

- Untuk ruang kuliah : 0.5
- Untuk perpustakaan dan studio : 0.8

Untuk peninjauan gempa (berdasarkan jumlah lantai gedung)

- Untuk jumlah lantai diatas 8 : 0.4

3.5.2. KOMBINASI PEMBEBANAN

Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam SKSNI 1991, supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat dan kekuatan laik pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan, maka harus dipenuhi ketentuan dan faktor beban seperti yang disyaratkan sebagai berikut :

Kuat perlu untuk menahan beban mati dan beban hidup paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (\text{Rumus 3.2-1}) \text{ SKSNI T-15-1991-03}$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban angin harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban adalah :

$$U = 0.75 (1.2 D + 1.6 L + 1.6 W) \quad (\text{Rumus 3.2-2}) \text{ SKSNI T-15-1991-03}$$

Sedangkan untuk pertimbangan kombinasi dengan beban hidup yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya diambil :

$$U = 0.9 D + 1.3 W \quad (\text{Rumus 3.2-3}) \text{ SKSNI T-15-1991-03}$$

Dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi tersebut diperoleh kekuatan (U) yang tidak kurang dan persamaan 3.2-1.

Kekuatan struktur terhadap beban gempa (E) harus diperhitungkan dalam perencanaan dengan mengambil kombinasi pembebanan sebagai :

$$U = 1.05 (D + LR + E) \quad (\text{Rumus 3.2-4-a}) \text{ SKSNI T-15-1991-03}$$

atau

$$U = 0.9 (D + E) \quad (\text{Rumus 3.2-4-b}) \text{ SKSNI T-15-1991-03}$$

3.6. ASUMSI DAN METODA ANALISA

3.6.1. ASUMSI

Asumsi yang diterapkan oleh penulis berkaitan dengan penyelesaian struktur gedung perkuliahan dan studio universitas Kristen petra Surabaya ini adalah :

1. Sistem pelat yang digunakan untuk plat atap maupun plat lantai adalah jenis plat biasa
2. Untuk struktu tangga direncanakan sebagai pelat (Shell). Untuk perletakan bawah diasumsikan sebagai sendi, perletakan bordes diasumsikan sebagai rol dan perletakan bagian atas diasumsikan sebagai sendi untuk memberikan kesempatan bagi elemen tangga untuk mengalami pergerakan arah horisontal apabila menenma gaya horisontal.
3. Untuk perletakan kolom lantai dasar diasumsikan sebagai jepit.
4. Strukur utama merupakan stuktur rangka tahanan momen yang dikombinasikan dengan dinding geser dan analisa tiga dimensi.
5. Pengaruh gempa pada struktur ini dianalisa secara staitk ekuivalen. Hal ini dilakukan karena tinggi gedung yang mendekati 40 m dan bentuk struktur masuk kateogon simetris menurut PPTGIUG 1983.
6. Secara keseluruhan, struktur direncanakan dengan tingkat daktilitas terbatas.

3.6.2. METODE ANALISA

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

1. Untuk analisa gaya - gaya dalam Open frame 3 dimensi digunakan program pembantu ETABS
2. Untuk perhitungan momen plat dalam hal ini dipergunakan peraturan Beton bertulang 1971 (PBI 71) serta tabel bares untuk beban garis.
3. Untuk analisa balok anak dipergunakan ikhtisar momen - momen dan gaya - gaya melintang Pasal 3.1.3 SK SNI T-15-1991 03
4. Untuk analisa tangga digunakan paket program bantu SAP 90

3.7. PERENCANAAN TERHADAP GEMPA

3.7.1. DEFINISI DAKTILITAS

Pengertian daktilitas dalam hal ini, penulis mengambil dari 2 sumber. Adapun definisi dari daktilitas tersebut adalah :

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

Sesuai dengan filosofi perencanaan beton tahan gempa di Indonesia menurut PPTIUG '83 bahwa 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

Sesuai dengan SKSNI daktilitas adalah perbandingan antara simpangan maksimum rencana dengan simpangan leleh awal dari komponen struktur yang ditinjau.

3.7.2. TINGKATAN DAKTILITAS

Mengenai daktilitas, didalam SKSNI T-15-1991-03 terdapat pembagian daktilitas dalam 3 tingkatan :

a. Tingkat Daktilitas 1

Struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail pada struktur bangunan sangat sedikit (struktur sepenuhnya elastis

, $m=1$). Beban rancang dasar lateral harus dikalikan dengan suatu faktor Type Struktur (K) sebesar 4.

b. Tingkat Daktilitas 2

Struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail khusus akan memungkinkan struktur memberikan respons inelastis terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas, $m=2$. Beban gempa rencana dikalikan faktor K minimum 2.

c. Tingkat Daktilitas 3

Struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklus yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas desain energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan, $m=4$. Beban rancang lateral dikalikan 1.

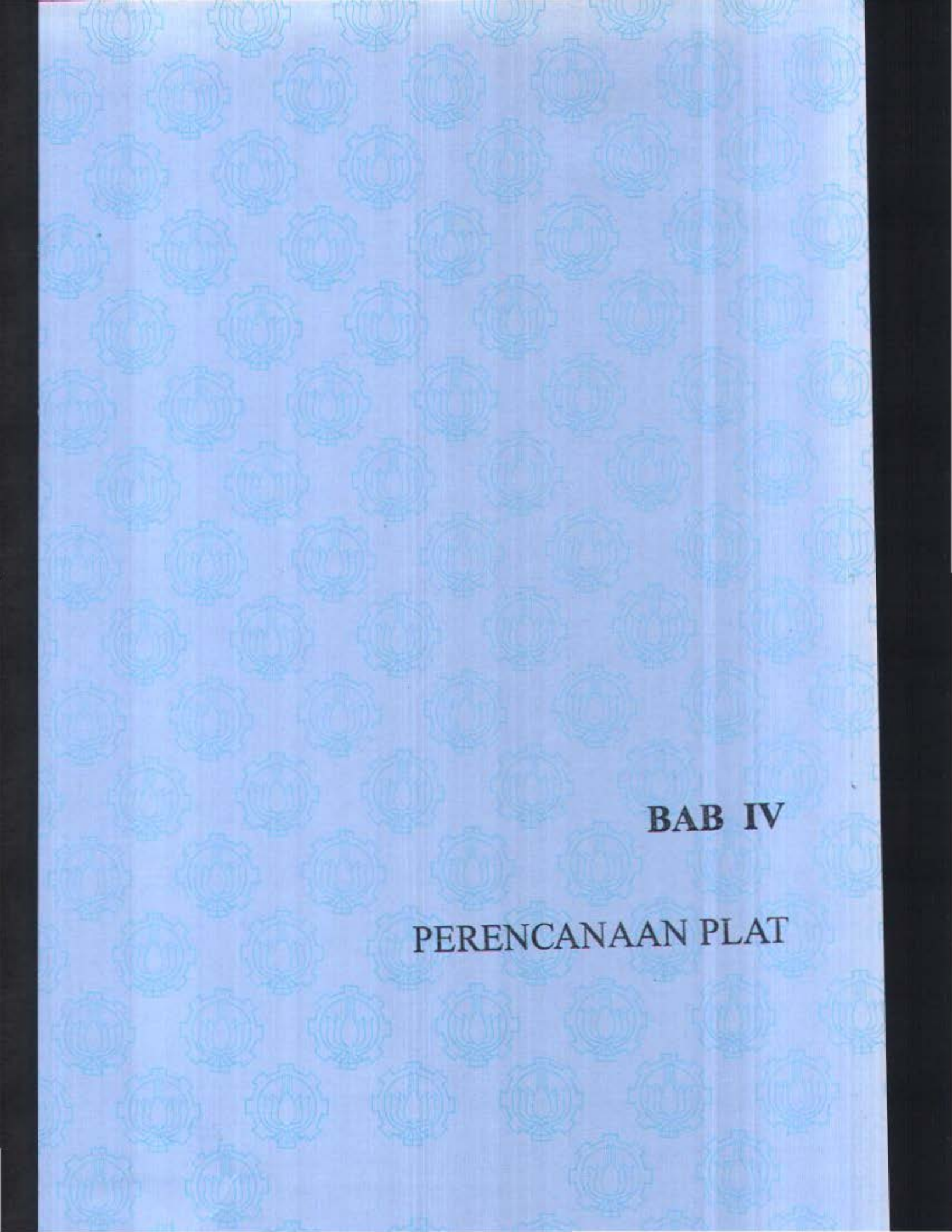
3.7.3. DASAR PEMILIHAN DAKTILITAS

Apabila suatu gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas 1, maka beban gempa yang direncanakan adalah 4 kali beban gempa yang dihitung sesuai dengan analisa respon spektrum. Karena besarnya beban gempa tersebut, maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan bangunan menjadi tidak ekonomis lagi.

Sedangkan perencanaan dengan tingkat daktilitas 3 (daktilitas penuh) akan memerlukan prosedur desain yang lebih kompleks dan rumit, karena harus menghitung kapasitas dan struktur tersebut (metode desain kapasitas). Selain itu, untuk mencapai nilai daktilitas yang disyaratkan, dibutuhkan pengaturan pemasangan tulangan yang cukup rumit pada tempat-tempat sendi plastis yang diharapkan akan terjadi.

Karena kompleksnya dari daktilitas 3 dan kurang ekonomisnya dari daktilitas 1, maka untuk gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra direncanakan dengan daktilitas terbatas. Pada struktur dengan daktilitas 2 (terbatas), faktor daktilitasnya adalah 2. Artinya, beban gempa hanya dikalikan 2, maka tuntutan daktilitas untuk mengatasi gempa-gempa kuat yang melampaui taraf gempa rencana tidak setinggi perencanaan pada struktur dengan

daktilitas penuh. Dengan kata lain syarat-syarat pendetailan yang dituntut menjadi lebih longgar. Dan dari segi ukuran penampang lebih kecil dari pada menggunakan tingkat daktilitas 1, sehingga perencanaan bangunan menjadi lebih ekonomis. Perencanaan struktur dengan menggunakan daktilitas tingkat 2 (terbatas) harus memperhatikan aturan dalam psl. 3.14.9 SK SNI '91.



BAB IV

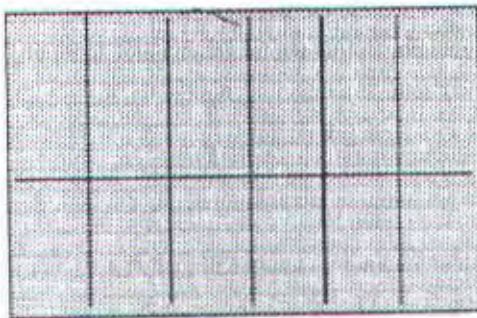
PERENCANAAN PLAT

BAB IV

PERENCANAAN PLAT

4.1. UMUM

Pada bangunan beton bertulang, suatu jenis lantai pada umumnya terdiri dari konstruksi pelat, balok, gelagar (girder). Pada dasarnya konstruksi pelat terbagi dalam 2 bagian, yaitu pelat 1 arah (one way slab) dan pelat 2 arah (two way slab)



Gb.4.1.a. Plat satu arah



Gb.4.1.b. Plat dua arah

Dikatakan sebagai pelat 1 arah apabila panjang dari permukaan dsatu sisi 2 kali lebih besar atau lebih dari sisi yang lainnya sehingga hampir semua beban lantai menuju balok - balok dan hanya sebagian kecil saja yang akan menyalur secara langsung ke gelagar, sehingga tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut yang sejajar dengan balok - balok.

Sedangkan suatu pelat dikatakan sebagai pelat 2 arah apabila bentang panjang dsatu sisi dibandingkan dengan bentang pendek kurang dari 2 maka beban lantai dipikul pada kedua arah oleh empat balok - balok pendukung.

Selain itu masih ada pembagian jenis pelat yang berbeda yaitu jenis pelat lantai cendawan dan pelat lantai datar. Kedua jenis pelat tersebut ditandai dengan tidak adanya balok - balok sepanjang garis kolom dalam, tetapi balok - balok tepi pada tepi - tepi luar lantai boleh ada atau tidak. Lantai datar dalam hal ini berbeda daripada pelat cendawan. Lantai cendawan mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut :

1. Drop panel (penambahan tebal pelat didalam daerah kolom)

2. Kepala kolom (column capital, yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas) Sedangkan didalam pelat lantai datar digunakan pelat lantai yang tebalnya merata dan kekuatan geser diperoleh dengan penanaman dari beberapa sengkang berbentuk U atau biaya profil yang dikenal sebagai penguat dengan kepala geser (shear head reinforcement) didalam pelat dengan tebal merata. Secara relatif dapat dikatakan bahwa lantai cendawan lebih cocok untuk panel yang lebih besar atau lebih berat dari pada pelat datar.

Pada struktur gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra Surabaya ini, pelat hanya direncanakan menerima beban gravitasi. Dalam perencanaan ini perletakan pelat diasumsikan sebagai jepit elastis, meskipun dalam tinjauan perbandingan kekakuan antara pelat itu sendiri dengan balok memungkinkan bahwa perletakan yang terjadi adalah jenis perletakan jepit penuh. Tetapi karena pelaksanaan pembangunan struktur gedung perkuliahan dan studio Universitas Kristen Petra ini direncanakan dengan menggunakan sistem pracetak yang mana antara hubungan pelat dengan balok - balok yang mengapitnya tidak sekaku perencanaan maka perletakan pelat pada keempat sisinya diasumsikan sebagai jepit penuh melainkan jepit elastis.

4.2. PRELIMINARY DESAIN

Untuk perencanaan awal dari analisa elemen pelat ini maka penulis mengambil asumsi awal beban secara keseluruhan untuk elemen pelat baik pelat lantai maupun pelat atap.

Untuk beban pelat lantai diasumsikan = 1000 kg/cm^2

Untuk beban Pelat atap diasumsikan = 500 kg/cm^2

4.2.1. KOLOM

Untuk perhitungan awal kolom didasarkan pada rumus tegangan yang ada dengan penambahan momen sebesar 20 % mengingat beban yang dipikul oleh kolom tidak hanya beban aksial tetapi juga memikul momen yang terjadi.

$$\begin{aligned}
 N &= P_a \times (7.2 \times 7.2) + P_l \times (7.2 \times 7.2) \\
 &= (9 \times 1000 + 500) \times (7.2 \times 7.2) \\
 &= 492480 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = N/A$$

$$\begin{aligned}
 A &= (492480 + 20 \% \times 492480) / (0.6 \times 350) \\
 &= 281417 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai dimensi kolom 70x70 dan 65x65

4.2.2. BALOK

Untuk Balok induk karena semua balok mempunyai bentang yang relatif sama yaitu 7.2 m maka digunakan satu jenis balok induk saja.

$$h = 1/13 \times L = 1/13 \times 720 \text{ cm} = 55.385 \text{ cm} \text{ ----- } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 60 \text{ cm} = 40 \text{ cm} \text{ ----- } b = 40 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok induk 75 / 40

Untuk dimensi balok anak dipakai 50 / 30

Dan Listplank dengan dimensi 50 / 15

4.2.3. PELAT

Untuk penentuan tebal dari pelat digunakan aturan yang terdapat dalam SK SNI T-15-1991-03 Ps 3.2.5-3 butir 3.

Dengan $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$f_c' = 35 \text{ Mpa}$

➤ Ukuran pelat 7.2 m x 3.6 m , $\beta = 2$ (plat dua arah)

Disyaratkan tebal minimum dari pelat :

$$h_1 = \frac{\ln (0.8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} = \frac{6800 (0.8 + 400/1500)}{36 + (9 \times 2)} = 13.43 \text{ mm}$$

Disyaratkan tebal maksimum dari pelat :

$$h_2 = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36} = \frac{6800(0.8 + 400/1500)}{36} = 20.15 \text{ mm}$$

➤ Ukuran pelat 7.2 m x 2 m , $\beta = 3.6$ (plat satu arah)

Disyaratkan tebal minimum dari pelat :

$$h_1 = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} = \frac{6800(0.8 + 400/1500)}{36 + (9 \times 3.6)} = 10.61 \text{ mm}$$

Disyaratkan tebal maksimum dari pelat :

$$h_2 = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36} = \frac{6800(0.8 + 400/1500)}{36} = 20.15 \text{ mm}$$

➤ Ukuran pelat 3.6 m x 5.7 m , $\beta = 1.63$ (plat dua arah)

Disyaratkan tebal minimum dari pelat :

$$h_1 = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36 + 9\beta} = \frac{5800(0.8 + 400/1500)}{36 + (9 \times 1.7)} = 12.06 \text{ mm}$$

Disyaratkan tebal maksimum dari pelat :

$$h_2 = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36} = \frac{5800(0.8 + 400/1500)}{36} = 17.19 \text{ mm}$$

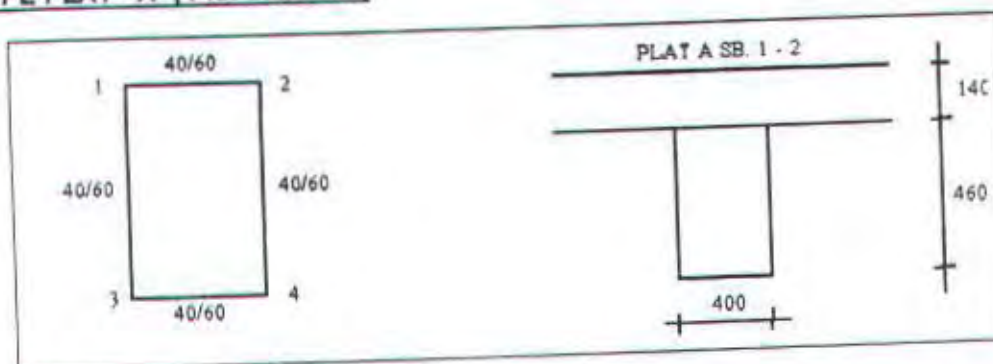
Maka dipakai tebal pelat $t = 14 \text{ cm}$

4.2.4. KONTROL TEBAL PELAT

Untuk tebal pelat yang dipakai harus dikontrol terhadap syarat ketebalan pelat minimum seperti yang disyaratkan dalam SK SNI T-15-1991-03 Ps 3.2.5-3 butir 3

$$\text{Disyaratkan tebal pelat minimum : } h = \frac{\ln(0.8 + f_y/1500)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.12(1 + 1/\beta))}$$

TYPE PLAT - A (Plat dua arah)



➤ SUMBU 1 - 2 (Balok induk 40/75)

$$be1 < Ln/4 = (3600 - 300/2 - 400/2)/4 = 812.5 \text{ mm}$$

$$be2 < bw + 16t = 400 + 16 \times 140 = 2640.0 \text{ mm}$$

$$be3 < bw + ln/2 = 400 + 3250/2 = 2000.0 \text{ mm}$$

Dipakai $be = 812.5 \text{ mm}$

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

$$= 1 + \{(812.5/400) - 1\} \{140/750\} \{4 - 6(140/750) + (140/750)^2 + [(812.5/750) - 1] (140/750)^3\}$$

$$= 1.56$$

$$I_s = 1/12 \times bt^3 = 1/12 \times 3600 \times 140^3 = 82320 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_b = 1/12 \times bw \times h^3 \times k = 1/12 \times 400 \times 750^3 \times 1.56 = 2197123.26 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{Maka } \alpha_1 = I_b / I_s = 2197123.26 / 82320 = 26.69$$

➤ SUMBU 2 - 4 (Balok anak 30/50)

$$be1 < Ln/4 = (7200 - 400/2 - 400/2)/4 = 1700.0 \text{ mm}$$

$$be2 < bw + 16t = 300 + 16 \times 140 = 2540.0 \text{ mm}$$

$$be3 < bw + ln/2 = 300 + 6800/2 = 3700.0 \text{ mm}$$

Dipakai $be = 1700.0 \text{ mm}$

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

$$= 1 + \{(1700/300) - 1\} \{140/500\} \{4 - 6(140/500) + (140/500)^2 + [(1700/500) - 1] (140/500)^3\}$$

$$= 4.27$$

$$I_s = 1/12 \times bt^3 = 1/12 \times 7200 \times 140^3 = 164640 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_b = 1/12 \times bw \times h^3 \times k = 1/12 \times 300 \times 500^3 \times 4.27 = 1333677.42 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{Maka } \alpha_2 = I_b / I_s = 1333677.42 / 164640 = 8.10$$

➤ SUMBU 3 - 4 (Balok induk 40/75)

$$be1 < Ln/4 = (3600 - 300/2 - 400/2)/4 = 812.5 \text{ mm}$$

$$be2 < bw + 16t = 400 + 16 \times 140 = 2640.0 \text{ mm}$$

$$be3 < bw + ln/2 = 400 + 3250/2 = 2000.0 \text{ mm}$$

Dipakai $be = 812.5 \text{ mm}$

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

$$= 1 + \{(812.5/400) - 1\} \{140/750\} \{4 - 6(140/750) + (140/750)^2 + [(812.5/750) - 1] (140/750)^3\}$$

$$(140/750)^3 = 1.56$$

$$I_s = 1/12 \times I_x^3 = 1/12 \times 3600 \times 140^3 = 82320 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_b = 1/12 \times b_w \times h^3 \times k = 1/12 \times 400 \times 750^3 \times 1.56 = 2197123.26 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{Maka } \alpha_3 = I_b / I_s = 2197123.26 / 82320 = 26.69$$

➤ SUMBU 3 - 1 (Balok Induk 40 / 75)

$$be_1 < L_n/4 = (7200 - 400/2 - 400/2) / 4 = 1700.0 \text{ mm}$$

$$be_2 < b_w + 16t = 400 + 16 \times 140 = 2640.0 \text{ mm}$$

$$be_3 < b_w + l_n/2 = 400 + 6800/2 = 3800.0 \text{ mm}$$

Dipakai $be = 1700.0 \text{ mm}$

$$k = 1 + \{(be/b_w) - 1\} \{l/h\} \{4 - 6(l/h) + (l/h)^2 + [(be/b_w) - 1] (l/h)^3\}$$

$$= 1 + \{(1700/400) - 1\} \{140/750\} \{4 - 6(140/750) + (140/750)^2 + [(1700/750) - 1] (140/750)^3\}$$

$$= 2.78$$

$$I_s = 1/12 \times I_x^3 = 1/12 \times 7200 \times 140^3 = 164640 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_b = 1/12 \times b_w \times h^3 \times k = 1/12 \times 400 \times 750^3 \times 2.78 = 3911010.84 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{Maka } \alpha_4 = I_b / I_s = 3911010.84 / 164640 = 23.75$$

Dari α yang diperoleh maka dapat diketahui α rata-rata dari plat type A (α_m):

$$\alpha_m = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4$$

$$= (26.69 + 8.1 + 26.69 + 23.75) / 4 = 21.31$$

$$h_{min} = \frac{l_n (0.8 + f_y/1500)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.12(1 + 1/\beta))}$$

$$= \frac{6800(0.8 + 400/1500)}{36 + 5 \times 2(21.31 - 0.12(1 + 1/2))} = 29.33 \text{ mm}$$

$$h_{min} < h_{rencana} = 14 \text{ cm (OK)}$$

Kontrol tebal pelat ini dilakukan pada semua jenis pelat untuk mengetahui apakah tebal pelat yang direncanakan telah memenuhi persyaratan. Dan untuk jenis pelat-pelat yang lain hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel (Lampiran).

4.3. DATA PERENCANAAN PELAT

- Mutu Beton : K350

$$f_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2 = 35 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 f_c' &= (0.76 + 0.2 \log(f_{ck}'/15)) f_{ck}' \\
 &= (0.76 + 0.2 \log(35/15)) 35 \\
 &= 29.18 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Mutu Baja : U40

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2 = 40 \text{ Mpa}$$

- Tebal pelat pracetak = 9 cm

- Tebal overtoping = 5 cm

4.4. PEMBEBANAN STRUKTUR PELAT

4.4.1. BEBAN MATI

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
- Tembok 1/2 bata : 250 kg/m³
- Plafon dan penggantung : 18 kg/m²
- Kusen + kaca : 40 kg/m²
- Ducting AC dan pipa : 30 kg/m²
- Tegel : 24 kg/m²
- Spesi : 21 kg/m²
- Aspal : 14 kg/m²

4.4.2. BEBAN HIDUP

- Lantai ruang kuliah : 250 kg/m² (Untuk Lantai 2-4 dan 6 - 9)
- Lantai studio & perpustakaan : 400 kg/m² (Untuk Lantai 1 dan 5)
- Tangga dan Bordes : 300 kg/m²

4.4.3. BEBAN YANG BEKERJA PADA LANTAI

1. Pembebanan Pelat Lantai (2-4, 6-9 Ruang Kuliah)

- Sebelum Komposit

Beban Mati

- Berat sendiri pelat	= 0.09 x 2400	= 216 kg/m ²	
- Cast in place	= 0.05 x 2400	= 120 kg/m ²	
			+

$$DL = 336 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$LL = 250 \text{ kg/m}^2$$

- Sesudah komposit

Beban Mati

- Berat sendiri pelat	= 0.14×2400	= 336 kg/m^2
- Plafond dan penggantung		= 18 kg/m^2
- Tegel (2cm)	= 0.02×2400	= 48 kg/m^2
- Spesi (3cm)	= 0.03×2100	= 63 kg/m^2
- Ducting AC dan pipa		= 30 kg/m^2

$$DL = 495 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$LL = 250 \text{ kg/m}^2$$

2. Pembebanan Pelat Lantai (1 dan 5 Studio dan Ruang pameran)**- Sebelum Komposit**

Beban Mati

- Berat sendiri pelat	= 0.09×2400	= 216 kg/m^2
- Cast in place	= 0.05×2400	= 120 kg/m^2

$$DL = 336 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$LL = 400 \text{ kg/m}^2$$

- Sesudah komposit

Beban Mati

- Berat sendiri pelat	= 0.14×2400	= 336 kg/m^2
- Plafond dan penggantung		= 18 kg/m^2
- Tegel (2cm)	= 0.02×2400	= 48 kg/m^2
- Spesi (3cm)	= 0.03×2100	= 63 kg/m^2
- Ducting AC dan pipa		= 30 kg/m^2

$$DL = 495 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$LL = 400 \text{ kg/m}^2$$

2. Pembebanan Pelat Atap**- Sebelum Komposit**

Beban Mati

- Berat sendiri pelat	= 0.09×2400	= 216 kg/m^2
-----------------------	----------------------	------------------------

- Cast in place	= 0.05 x 2400	= 120 kg/m	
			+
		DL = 336 kg/m ²	
Beban Hidup		LL = 100 kg/m ²	
- Sesudah komposit			
Beban Mati			
- Berat sendiri pelat	= 0.14 x 2400	= 336 kg/m ²	
- Plafond dan penggantung		= 18 kg/m ²	
- Aspal (2cm)	= 0.02 x 1400	= 28 kg/m ²	
- Spesi (3cm)	= 0.03 x 2100	= 63 kg/m ²	
- Ducting AC dan pipa		= 30 kg/m ²	
			+
		DL = 475 kg/m ²	
Beban Hidup		LL = 100 kg/m ²	

4.3.2. KOMBINASI PEMBEBANAN

A. Pelat Lantai 2-4 dan 6-9

- Sebelum Komposit , $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 336 + 1.6 \times 250 = 803.2 \text{ kg/m}^2$
- Sesudah komposit , $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 495 + 1.6 \times 250 = 994.0 \text{ kg/m}^2$

B. Pelat Lantai 1 dan 5

- Sebelum Komposit , $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 336 + 1.6 \times 400 = 1043.2 \text{ kg/m}^2$
- Sesudah komposit $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 495 + 1.6 \times 400 = 1234.0 \text{ kg/m}^2$

C. Pelat Atap

- Sebelum Komposit , $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 336 + 1.6 \times 100 = 563.2 \text{ kg/m}^2$
- Sesudah komposit , $q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_l$
 $= 1.2 \times 475 + 1.6 \times 100 = 730.0 \text{ kg/m}^2$

4.4. TAHAP-TAHAP PERHITUNGAN PELAT PRACETAK

Untuk melakukan perhitungan penulangan pada elemen pelat pracetak terlebih dahulu ditentukan asumsi yang akan digunakan pada pemodelan pelat tersebut. Dalam Tugas Akhir ini pelat dianggap sebagai struktur sekunder yang terletak terjepit secara elastis pada keempat sisinya karena dianggap pada tepi - tepi pelat akan terjadi perputaran sudut. Sehingga kemudian momennya dapat dihitung menurut Tabel 13.3.2. PBI 71.

Adapun tahap - tahap perhitungan pelat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi awal pelat
 - Tebal pelat pracetak = 9 cm
 - Tebal Overtopping = 5 cm
 - Ukuran pelat dan type - type pelat
2. Melakukan perhitungan sesudah komposit
3. Melakukan perhitungan penulangan sebelum komposit sebagai kontrol terhadap langkah no. 2. Apabila terjadi penulangan yang kurang pada keadaan sesudah komposit maka perlu ditambahkan penulangan pada pelat pracetak.
4. Melakukan perhitungan kontrol pelat terhadap bahaya lendutan
5. Kontrol pelat terhadap retak
6. Kontrol pelat terhadap geser horisontal dan geser vertikal terutama pada daerah sambungan
7. Menghitung kebutuhan tulangan angkat pelat pracetak
8. Kontrol pada saat pengangkatan

4.5. PEMODELAN DAN ANALISA MOMEN PADA PELAT

Pada pemodelan pelat dalam tugas akhir ini, pelat dianggap *terjepit elastis* pada keempat sisinya. Hal ini disebabkan pada tepi-tepi pelat (baik yang menerus maupun yang tidak menerus) pasti terjadi perputaran sudut

Pertimbangan lain pemodelan ini adalah bila pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuan sehingga nilai momen lapangan akan selalu lebih kecil. Padahal pada keadaan sesungguhnya tepi pelat dapat berputar.

Lain halnya jika pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya. Pada pemodelan jepit elastis maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga pemodelan struktur lebih aman. Momen-momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan Tabel 13.3.2 PBI 1971

4.6. CONTOH PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT

Agar lebih mempermudah pelaksanaan di lapangan, jarak penulangan pelat diusahakan sedapat mungkin seragam. Oleh karena itu pada perhitungan penulangan pelat ini, hanya bagian-bagian yang dianggap cukup menentukan saja yang diperhitungkan.

Sebagai contoh cara perhitungan penulangan pelat dua arah, diambil pelat lantai 2 type A. Ukuran pelat adalah $720 \times 360 \text{ cm}^2$.



Data data perencanaan :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{ck}' = 35 \text{ MPa} > 30 \text{ MPa, maka diambil } \beta = 0.81$$

$$f_c' = (0.76 + 0.2 \log (f_{ck}'/15)) \times f_{ck}'$$

$$= (0.76 + 0.2 \log (35/15)) \times 35 = 29.18 \text{ MPa}$$

$$p_b = \frac{0.85 f_c' \times 0.81 \times 600}{f_y (600 + f_y)} = \frac{0.85 \times 29.18 \times 600}{400 \times (600 + 400)} = 0.03014$$

$$p_{\max} = 0.75 p_b = 0.75 \times 0.03014 = 0.0226$$

$$p_{\min} = 1.4 / f_y = 1.4 / 400 = 0.0035$$

4.6.1. PENULANGAN SESUDAH KOMPOSIT

$$\begin{aligned} \text{Untuk Plat type A : } L_x &= 360 \text{ cm} ; L_y = 720 \text{ cm} \\ q &= 994 \text{ kg/m}^2 ; \text{ decking} = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan posisi keempat sisinya terjepit.

Dari Tabel Koefisien momen PBI 71 didapat :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 62 \times 0.001 \times q \times l^2 \\ &= 62 \times 0.001 \times 994 \times 3.6^2 = 798.699 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{lx} = - M_{lx} = - 798.699 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 35 \times 0.001 \times q \times l^2 \\ &= 35 \times 0.001 \times 994 \times 3.6^2 = 450.878 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{ly} = - M_{ly} = - 450.878$$

Penulangan lapangan dan tumpuan, baik arah x maupun arah y, direncanakan menggunakan tulangan ϕ 12 mm. (A = 113.04)

PENULANGAN ARAH X

$$M_{lx} = 798.699 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_{lx} = - 798.699 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$d(x) = 140 - 20 - 12/2 = 114 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.81$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

>LAPANGAN

$$R_n = \frac{M}{0.85 \times b \times d^2} = \frac{7986990}{0.85 \times 1000 \times 114^2} = 0.7682 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_c'} \right)} \right] = \frac{1}{16.1271} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16.1271 \times 0.7682}{400} \right)} \right] = 0.00195$$

$$\rho = 0.00195 < \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\text{Dipakai } \rho = \rho_{\min} = 0.0035$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\min} \times b \times d = 0.0035 \times 1000 \times 114 = 399 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan lentur utama} &\leq 3 \times t_{\text{plat}} = 3 \times 140 = 420 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur ϕ 12 mm- 250

$$As_{ada} = 113.04 \times 1000 / 250 = 452.16 \text{ mm}^2 > As_{perlu}$$

Sesuai dengan SKSNI T-15-91-03 Psi 3.16.12 perlu diberikan adanya tulangan pembagi pada lantai dengan luas sebesar 0.18 % dari luas bruto.

$$\begin{aligned} A_{pembag} &= 0.0018 \times A_{bruto} \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 140 = 252 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan jarak tulangan terpasang seperti yang disyaratkan SKSNI
 $s_{min} \leq 5 \times \text{tebal plat} = 5 \times 140 = 700 \text{ mm}$
 $\leq 500 \text{ mm}$

Sehingga dipasang ϕ 10 mm - 300 ($A = 261.7 \text{ mm}^2 > 252 \text{ mm}^2$)

KONTROL KEKUATAN LENTUR

$$\rho = \frac{As_{ada}}{b \times d} = \frac{452.16}{1000 \times 114} = 0.00397 > \rho_{min} = 0.0035$$

$$a = \frac{As_{ada} \times f_y}{0.85 f_c' \times b} = \frac{452.16 \times 400}{1000 \times 0.85 \times 29.18} = 7.292 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi As f_y (d - a/s) \\ &= 0.8 \times 452.16 \times 400 \times (114 - 7.292/2) = 15967252.68 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mu > MLx = 7986990 \text{ Nmm}$$

> TUMPUAN

Untuk tulangan tumpuan plat, karena momen yang terjadi sama dengan momen lapangan maka dipergunakan jenis tulangan yang sama dengan jarak yang sama.

PENULANGAN ARAH Y

$$Mlx = 450.8784 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$Mtx = - 450.8784 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$d(x) = 140 - 20 - 12 - 12/2 = 102 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm} ; \phi = 0.81$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

> LAPANGAN

$$Rn = \frac{M}{0.85 \times b \times d^2} = \frac{7986990}{0.85 \times 1000 \times 114^2} = 0.7682 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left[\frac{2 \times R_n}{f_y} \right]} \right) = \frac{1}{181271} \left(1 - \sqrt{1 - \left[\frac{2 \times 181271}{400} \right]} \right)$$

$$\rho = 0.00137 < \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\text{Dipakai } \rho = \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\min} \times b \times d = 0.0035 \times 1000 \times 114 = 399 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan lentur utama} &\leq 3 \times t_{\text{plat}} = 3 \times 140 = 420 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur ϕ 12 mm- 250

$$\text{As ada} = 113.04 \times 1000 / 250 = 452.16 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}$$

Tulangan pembagi yang terpasang sama dengan tulangan pembagi arah X.

KONTROL KEKUATAN LENTUR

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{A_{\text{ada}}}{b \times d_{\text{ada}}} = \frac{452.16}{1000 \times 102} = 0.00443 > \rho_{\min} = 0.0035$$

$$a = \frac{A_{\text{ada}} \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{452.16 \times 400}{0.85 \times 400 \times 1000} = 7.292 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi A_s f_y (d - a/s)$$

$$= 0.8 \times 452.16 \times 400 \times (102 - 7.292/2) = 1423.096 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_u > M_Lx = 7986990 \text{ Nmm}$$

>TUMPUAN

Untuk tulangan tumpuan plat, karena momen yang terjadi sama dengan momen lapangan maka dipergunakan jenis tulangan yang sama dengan jarak yang sama.

4.6.2. PENULANGAN SEBELUM KOMPOSIT

Untuk penulangan sebelum komposit diasumsikan semua elemen pracetak dalam keadaan bebas dimana hanya dihitung pada daerah lapangan saja. Dan momen - momen yang terjadi dihitung berdasarkan tabel koefisien momen untuk plat seperti yang ada dalam PBI '71.

$$\text{Untuk Plat type A : } L_x = 360 \text{ cm ; } L_y = 720 \text{ cm}$$

$$q = 994 \text{ kg/m}^2 ; \text{ decking} = 20 \text{ mm}$$

Dengan posisi keempat sisinya bebas

Dari Tabel Koefisien momen PBI '71 didapat :

$$M_Lx = 100 \times 0.001 \times q l_x^2$$

$$= 100 \times 0.001 \times 803.2 \times 3.6^2 = 1040.947 \text{ kgm}$$

$$Mly = 37 \times 0.001 \times q b^2$$

$$= 37 \times 0.001 \times 803.2 \times 3.6^2 = 385.151 \text{ kgm}$$

PENULANGAN ARAH X

$$Mlx = 1040.947 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$d(x) = 90 - 20 - 12/2 = 64 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.81$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$Rn = \frac{M}{0.85 \times b \times d^2} = \frac{10409470}{0.85 \times 1000 \times 64^2} = 3.177 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{16.1271} \left(1 - \sqrt{1 - \left[\frac{2 \times 16.1271}{400} \right]} \right) = 0.00853$$

$$\rho = 0.00853 > \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.00853$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0.00853 \times 1000 \times 64 = 545.809 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan lentur utama} \leq 3 \times t_{\text{plat}} = 3 \times 90 = 270 \text{ mm}$$

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

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur ϕ 12 mm- 200

$$\text{As ada} = 113.04 \times 1000 / 200 = 565.2 \text{ mm}^2 > \text{As perlu}$$

Untuk tulangan pembagi :

$$A_{\text{pembagi}} = 0.0018 \times A_{\text{bruto}}$$

$$= 0.0018 \times 1000 \times 90 = 162 \text{ mm}^2$$

Dengan jarak tulangan terpasang :

$$s_{\min} \leq 5 \times \text{tebal plat} = 5 \times 90 = 450 \text{ mm}$$

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

Sehingga dipasang ϕ 10 mm - 300 ($A = 261.7 \text{ mm}^2 > 162 \text{ mm}^2$)

KONTROL KEKUATAN LENTUR

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{565.2}{1000 \times 64} = 0.00883 > \rho_{\text{perlu}} = 0.00853$$

$$a = \frac{565.2 \times 400}{0.85 \times 29.18 \times 1000} = 9.12 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi A_s f_y (d - a/s)$$

$$= 0.8 \times 565.2 \times 400 \times (64 - 9.12/2) = 1075.556 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_u > M_{Lx} = 1040.947 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

PENULANGAN ARAH Y

$$M_{ly} = 385.1510 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$d(y) = 90 - 20 - 12 - 12/2 = 52 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.81$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$R_n = \frac{M}{0.85 \times b \times d^2} = \frac{10409470}{0.85 \times 1000 \times 52^2} = 1.781 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{16.1271} \left(1 - \sqrt{1 - \left[\frac{2 \times 16.1271}{400} \right]} \right) = 0.004633$$

$$\rho = 0.00463 > \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\text{Dipakai } \rho = 0.00463$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \text{ perlu} \times b \times d = 0.00463 \times 1000 \times 52 = 240.42 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan lentur utama} &\leq 3 \times t_{\text{plat}} = 3 \times 64 = 270 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan lentur $\phi 12 \text{ mm} - 250$

$$A_s \text{ ada} = 113.04 \times 1000 / 250 = 452.16 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$$

KONTROL KEKUATAN LENTUR

$$\rho \text{ ada} = \frac{452.16}{1000 \times 52} = 0.008695 > \rho \text{ perlu} = 0.00462$$

$$a = \frac{452.16 \times 400}{0.85 \times 1000 \times 29.18} = 7.292 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.8 \times 452.16 \times 400 \times \left(52 - \frac{7.292}{2} \right) = 699.640 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_u > M_{Lx} = 385.1510 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

Untuk jenis pelat - pelat pracetak yang lain dilakukan perhitungan dengan cara yang sama dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel.

4.6.3. KONTROL LENDUTAN

Kontrol lendutan perlu dilakukan pada semua kondisi plat, baik pada kondisi sebelum maupun pada kondisi sesudah komposit. Untuk jenis plat dua arah (Plat A, C, dan D) tidak perlu dilakukan kontrol lendutan karena tebal plat yang direncanakan sudah

memenuhi persyaratan yang ada dalam SKSNI Pasal 3.2.5.3 butir 3. Sedangkan untuk jenis plat satu arah (Plat B) perlu diadakan kontrol terhadap lendutan karena tebal plat yang direncanakan tidak memenuhi persyaratan untuk plat satu arah yang ada dalam SKSNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.5.2 Tabel 3.2.5 a.

Kontrol lendutan jangka panjang akibat besar dan lamanya beban yang bekerja harus ditinjau untuk pelat pracetak (SKSNI T-15-1991-10 Pasal 3.2.5.5 butir.2)

Lendutan ijin maksimum yang diijinkan untuk kondisi pelat sebelum komposit :

- ◆ L/360 untuk lantai yang tidak memikul atau berhubungan dengan komponen struktural yang dapat rusak akibat lendutan yang besar
- ◆ L/180 untuk atap yang tidak memikul atau berhubungan dengan komponen struktural yang dapat rusak akibat lendutan yang besar

Lendutan ijin maksimum yang diijinkan untuk kondisi pelat sebelum komposit :

- ◆ L/480 untuk lantai maupun atap yang tidak memikul atau berhubungan dengan komponen struktural yang dapat rusak akibat lendutan yang besar

KONTROL LENDUTAN SEBELUM KOMPOSIT

Untuk Plat Atap Jenis plat B dengan tulangan terpasang ϕ 18 - 200 ($A_s = 1271,7 \text{ mm}^2$)

$$L_y = 7200 \text{ mm} \quad ; \quad L_x = 2000 \text{ mm}$$

$$L = 0,75 L_x = 0,75 \times 7200 = 5400 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad ; \quad h = 90 \text{ mm} \quad ; \quad d = 90 - 20 - 18/2 = 61 \text{ mm}$$

$$f_c' = 29,18 \quad ; \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{29,18} = 25388,7 \text{ MPa}$$

$$n = E_s/E_c = 2 \times 10^5 / 25388,7 = 7,8 = 8$$

$$I_g = 1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times 1000 \times 90^3 = 60,75 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Y_t = h/2 = 90/2 = 45 \text{ mm}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{29,18} = 3,781 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = (f_r \times I_g) / Y_t = (3,781 \times 60,75 \times 10^6) / 45 = 5,1 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{cr}}{M_{max}} = \frac{5,1 \times 10^6}{7,45 \times 10^6} = 0,685 < 1 \quad (l_c = l_e)$$

Mencari letak ego transformasi (sejarak 'x' dan serat atas)

$$b \times (x/2) = A_s (d - x) n$$

$$1000 \times (x/2) = 1271,7 (61 - x) 8$$

$$500x^2 + 10173.6x - 620589.6 = 0$$

$$x = 26.50 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = 1/3 b x^3 + A_s (d - x)^2 n$$

$$= 1/3 \times 1000 \times 26.50^3 + 1271.7 (61 - 26.50)^2 \cdot 8 = 12.118 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

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

$$= (0.685^3 \times 60.75 \times 10^6) + [1 - 0.685^3] \times 12.118 \times 10^6 = 27.63 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{l}{190} = \frac{7200}{190} = 40 \text{ mm}$$

Perubahan defleksi jangka panjang akibat beban mati dan beban hidup yang terjadi :

$$\delta_{(D+L)} = \frac{5 \cdot M_{max} \cdot L^2}{48 \cdot E_c \cdot I_e} = \frac{5 \cdot 7.45 \cdot 5400^2}{48 \cdot 25388.7 \cdot 27.63} = 32.1 \text{ mm}$$

Defleksi jangka pendek akibat beban mati saja

$$M_D = 6.95 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{cr}}{M_{max}} = \frac{5.106}{6.95} = 0.743 < 1 \quad (I_c = I_e)$$

$$I_e = \{ 0.743^3 \times 60.75 + [1 - 0.743^3] \} \times 10^6 = 31.39 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\delta_{(D)} = \frac{5 \cdot 6.95 \cdot 5400^2}{48 \cdot 25388.7 \cdot 31.39} = 26.49 \text{ mm}$$

Maka defleksi akibat beban hidup saja :

$$\delta_{(L)} = \delta_{(D+L)} - \delta_{(D)} = 32.1 - 26.49 = 5.64 \text{ mm} < 40 \text{ mm (OK)}$$

KONTROL LENDUTAN SESUDAH KOMPOSIT

Untuk Plat Atap Jenis plat B dengan tulangan terpasang ϕ 18 - 200 ($A_s = 1271.7 \text{ mm}^2$).

$$L_y = 7200 \text{ mm} \quad ; \quad L_x = 2000 \text{ mm}$$

$$L = 0.75 L_y = 0.75 \times 7200 = 5400 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad ; \quad h = 140 \text{ mm} \quad ; \quad d = 140 - 20 - 18/2 = 111 \text{ mm}$$

$$f_c' = 29.18 \quad ; \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 = 4700$$

$$n = E_s/E_c = 2 \times 10^4 / 25388.7 = 7.8 = 8$$

$$I_g = 1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times 1000 \times 140^3 = 228.67 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$h_t = h/2 = 140 / 2 = 70 \text{ mm}$$

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 0.7 \times \sqrt{29.18} = 3.781 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = (f_r \times I_g) / Y_1 = (3.781 \times 228.67 \times 10^6) / 70 = 12.35 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{or}}{M_{max}} = \frac{12.352}{8.75} = 1.412 > 1 \quad (l_c = l_g)$$

Mencari letak ogc transformasi (sejarak 'x' dari serat atas)

$$b x (x/2) = A_s (d - x) n$$

$$1000 x (x/2) = 1271.7 (111 - x) 8$$

$$500 x^2 + 10173.6 x - 1129269.6 = 0$$

$$x = 33.47 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = 1/3 b x^3 + A_s (d - x)^2 n$$

$$= 1/3 \times 1000 \times 33.47^3 + 1271.7 (111 - 33.47)^2 8 = 61.164 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_e = I_g = 228.67 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{Lendutan ijin} = \frac{L}{480} = \frac{7200}{480} = 15 \text{ mm}$$

Perubahan defleksi jangka panjang akibat beban mati dan beban hidup yang terjadi :

$$\delta_{(D+L)} = \frac{5 \times 8.75 \times 5400^2}{48 \times 25388.7 \times 228.67} = 4.578 \text{ mm}$$

Defleksi jangka pendek akibat beban mati saja :

$$M_D = 6.98 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{or}}{M_{max}} = \frac{12.35}{6.98} = 1.77$$

$$I_e = I_g = 228.667 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\delta_{(D)} = \frac{5 \times 6.98 \times 5400^2}{48 \times 25388.7 \times 228.667} = 3.652 \text{ mm}$$

Maka defleksi akibat beban hidup saja :

$$\delta_{(L)} = \delta_{(D+L)} - \delta_{(D)} = 4.578 - 3.652 = 0.926 \text{ mm} < 15 \text{ mm (OK)}$$

Kesimpulan : Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dan ternyata plat telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan maka tebal plat yang direncanakan dapat digunakan. Untuk plat lantai yang lain dengan cara yang sama hasilnya disajikan dalam bentuk tabel (lampiran).

4.6.4 . KONTROL RETAK

Untuk sistem Plat dua arah, dimana digunakan tulangan dengan harga $f_y < 6000$ psi (413.7 MPa), maka tidak perlu diadakan kontrol terhadap retak yang terjadi (Chu Kia Wang / Salmon). Dan karena tulangan yang dipakai pada perencanaan ini adalah U40 (f_y

= 400 MPa < 413.7 MPa) maka tidak perlu diadakan pemeriksaan terhadap retak yang terjadi.

Sedangkan untuk sistem plat satu arah ataupun balok terdapat pembatasan untuk kontrol terhadap retak seperti yang ada datur dalam SKSNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.6 butir 4

$$Z = f_s^3 \sqrt{d_c \times A} \leq 25 \text{ MN/m} \text{ , untuk penampang dipengaruhi cuaca luar.}$$

$$\leq 30 \text{ MN/m} \text{ , untuk penampang didalam ruangan.}$$

dimana

d_c = jarak pusat tulangan tarik ke tepi luar dari suatu komponen struktur.

A = luas efektif beton disekitar tulangan tarik

f_s = 60 % f_y

maka

➤ Untuk plat lantai (1-8) type B (Ukuran 2 x 7.2 dengan ϕ 18 - 150) :

$$d_c = 20 + 18/2 = 29 \text{ mm}$$

$$A \text{ (" / plat) } = 2 \times d_c \times s = 2 \times 29 \times 150 = 8700 \text{ mm}$$

$$f_s = 60 \% \times 400 = 240 \text{ MPa}$$

$$Z = 240^3 \sqrt{29 \times 8700} = 15165.276 \text{ N/mm}$$

$$= 15.165 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m} \text{ OK!}$$

➤ Untuk plat atap type B (Ukuran 2 x 7.2 dengan ϕ 18 - 200) :

$$d_c = 20 + 18/2 = 29 \text{ mm}$$

$$A \text{ (" / plat) } = 2 \times d_c \times s = 2 \times 29 \times 200 = 11600 \text{ mm}$$

$$f_s = 60 \% \times 400 = 240 \text{ MPa}$$

$$Z = 240^3 \sqrt{29 \times 11600} = 16691.546 \text{ N/mm}$$

$$= 16.692 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m} \text{ OK!}$$

Kesimpulan : Berdasarkan persyaratan yang telah dipenuhi maka retak tidak perlu diperiksa untuk pelat pracetak satu arah dan pelat komposit dua arah.

4.6.5. PANJANG PENYALURAN TULANGAN PELAT

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

➤ Untuk Plat dengan tulangan ϕ 12 mm dan 18 mm

$$1. l_{eh} > 8 d_b = 8 \times 12 = 96 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 / 3.5.5.1.})$$

$$2. l_{eh} > 8 d_b = 8 \times 18 = 144 \text{ mm}$$

$$3. l_{eh} > 150 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 / 3.5.5.1.})$$

$$4. l_{eh} = 100 d_b / \sqrt{f_c'} \\ = 100 \times 12 / \sqrt{29.18} = 222.15 \text{ mm} \\ = 100 \times 18 / \sqrt{29.18} = 333.22 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 / 3.5.5.2.})$$

$$l_{eh} > l_{hb} \times f_y / 400$$

$$> 222.15 \times 400 / 400 > 222.15 \text{ mm}$$

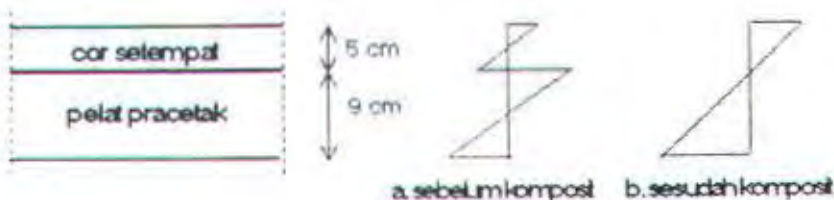
$$> 333.22 \times 400 / 400 > 333.22 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 / 3.5.5.1.})$$

Maka, diambil panjang penyaluran, $l_{eh} = 250 \text{ mm}$ (untuk $\phi = 12 \text{ mm}$)

$l_{eh} = 350 \text{ mm}$ (untuk $\phi = 18 \text{ mm}$)

4.6.6. Penulangan Stud Pelat Lantai

Sesuai dengan konsep underenforce 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.

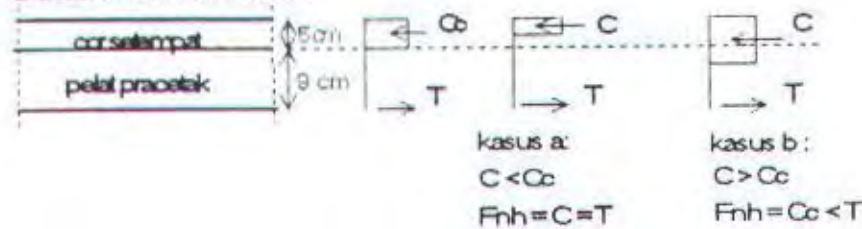


Gbr 4.1 Diagram tegangan pada daerah lapangan pelat lantai sebelum dan sesudah komposit. Stud harus mampu memikul gaya geser yang terjadi pada permukaan sentuhan pelat pracetak pada beton cor selempai

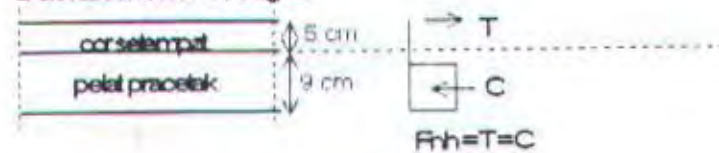
Stud pelat berfungsi sebagai sengkang pengikat antara elemen pracetak dengan elemen cor setempat. Stud harus mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen, sehingga kedua elemen tersebut dapat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

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 / 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

Daerah Momen Positif :



Daerah Momen Negatif



horizontal ke elemen-elemen pendukung.

Gbr. 4.2 Geser horizontal pada pelat komposit. Ada dua macam kasus yang terjadi pada penampang pelat didaerah momen komposit, yaitu a gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat dan b gaya tekan elemen komposit lebih dari elemen cor setempat.

Pelat lantai (1&5) type B Ukuran $7.2 \times 2 \text{ m}^2$ (D18 - 100 ; $A_s = 2543.4$):

$$C_c = 0.85 f_c' A_{topping}$$

$$= 0.85 \times 28.18 \times 50 \times 1000 = 1240150 \text{ N} = 1240.15 \text{ kN}$$

$$C = T$$

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 2543.4 \times 400 = 1017360 \text{ N} = 1017.36 \text{ kN} < 1240.15 \text{ kN} \dots\dots\dots (\text{kasus a.})$$

Jad : $F_{nh} = C = 1017.36 \text{ kN}$

$$0.6 A_c = 0.6 (b_v \cdot l_v)$$

$$= 0.6 \times 1000 \times 7200/2$$

$$= 2160000 \text{ N} = 2160 \text{ kN} > F_{nh} (1017.36 \text{ kN})$$

Karena F_{nh} kurang dari 0.6 A_c , sehingga menurut SK SNI-T-15-1991-03 3.10.5.2.2. dan 3 :
 bila permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan dan tidak dikasarkan, maka dipasang
 sengkang pengikat minimum. Jarak sengkang pengikat minimum tidak boleh melebihi 4 kali
 dimensi terkecil dari elemen yang didukung ataupun 600 mm, sehingga :
 Jarak sengkang pelat (stud) $\leq 4 \times t_p \text{ overtopping} = 4 \times 50 = 200 \text{ mm}$

$$A_{v \text{ min}} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{1000 \cdot (4 \times 50)}{3 \times 400} = 166.67 \text{ mm}^2$$

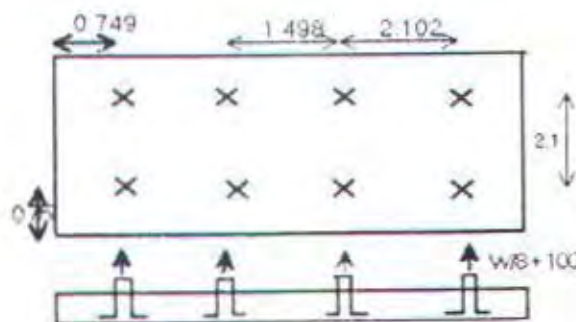
Maka, dipakai stud $\phi 8 - 200 \text{ mm}$ ($A = 251 \text{ mm}^2$)

Karena A_s terbesar terdapat pada plat B lantai (1 & 5) maka untuk jenis plat yang lainpun
 menggunakan stud plat lantai dengan sengkang minimum.

4.7. TULANGAN ANGKAT

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

UNTUK PLAT A (7.2 X 3.6)



Gbr 4.3 Tulangan pengangkatan pada pelat

Pelat $7.20 \times 3.60 \text{ m}^2$

Beban-belan yang bekerja pada pelat pracetak :

- Berat sendiri $7.2 \times 3.6 \times 0.09 \times 2400 = 5598.72 \text{ kg}$
- Stud + tulangan : $1\% \times 5598.72 = 38.4 \text{ kg}$
- Beban mati (DL) = 6158.592 kg

Setiap tumpuan memikul beban mati sebesar : $6158.592/8 = 769.824 \text{ kg}$

Beban hidup 1 orang bekerja sebesar 100 kg

$$\begin{aligned} \text{Jadi beban ultimate} &= 1.2 \times 707.6 + 1.6 \times 100 \\ &= 1009.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tegangan tarik ijin baja U40 :

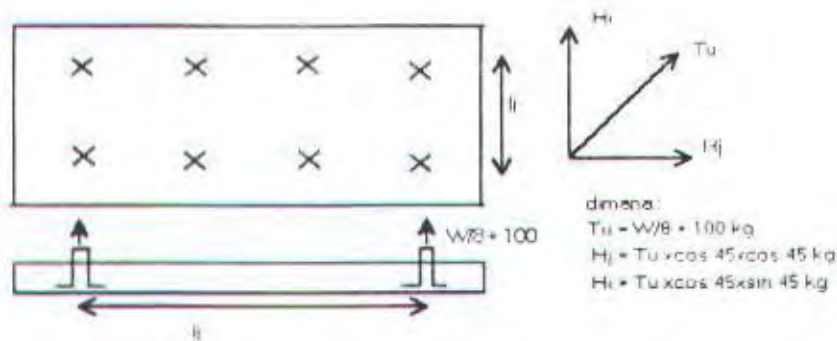
$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1.5} = \frac{4000}{1.5} = 2666.67 \text{ kg/cm}^2$$

maka

$$F_{\text{tarik ijin}} = \sqrt{\frac{4 \times 1009.1}{\pi \times 2666.67}} = 0.7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan ϕ 8 mm

Akibat gaya horisontal :



Gbr 4.4. Gaya horisontal yang bekerja pada titik angkat pelat
 Ketinggian titik angkat adalah 5 cm muka pelat

$$L_i = 360 - (2 \times 75) = 210 \text{ cm}$$

$$L_j = 720 - (2 \times 75) = 570 \text{ cm}$$

$$T_u = 1083.789 \text{ kg}$$

$$H_i = 1009.1 \times \cos^2 45 = 504.6 \text{ kg}$$

$$H_j = 1009.1 \times \cos 45 \times \sin 45 = 504.6 \text{ kg}$$

Menurut PPBB 1984 psl. 2.2.6, tegangan geser yang diijinkan untuk baja beton mutu U 40 adalah $P_{\text{ijin}} = 0.58 \times \sigma_{\text{tarik ijin}} = 0.58 \times 2166.67 = 1256.67 \text{ kg/cm}^2$

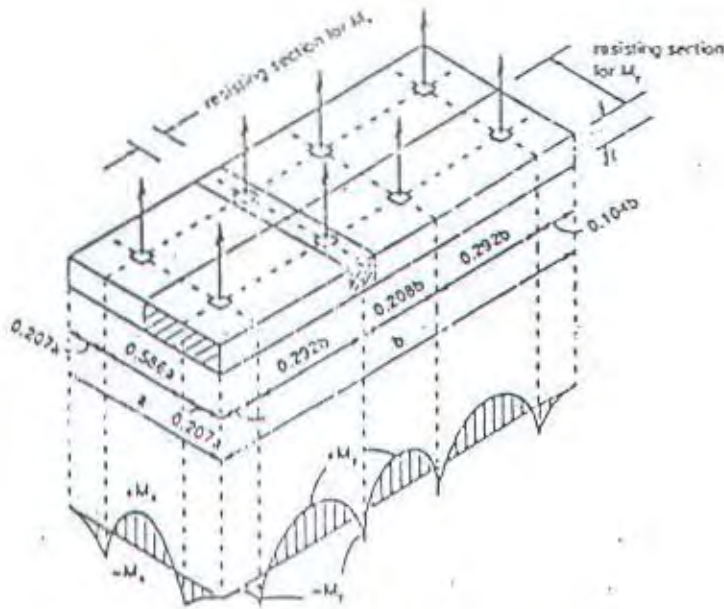
Karena besarnya gaya horisntal kearah X dan Y sama besarnya maka besarnya tulangan angkat yang diperlukan sama.

$$\phi_{\text{tulangan}} > \sqrt{\frac{4 \times 504.6}{\pi \times 1256.67}} > 0.72 \text{ cm}$$

Kesimpulan : dipasang tulangan angkat 8 ϕ 8 mm

4.8. Kontrol Tegangan Handling

a. Lentur arah memanjang pelat



Gbr 4.5 Pengembangan momen pada saat pengangkatan pelat dengan empat titik angkat

Pelat dengan 4 titik angkat :

Umur beton 3 hari, $f'_c = 1.77\text{ MPa}$

$$w = 2400\text{ kg/m}^3$$

$$a = 3.6\text{ m} = 3600\text{ mm} \quad a/2 = 3.6/2 = 1800\text{ mm}$$

$$b = 7.2\text{ m} = 7200\text{ mm}$$

$$t = 0.09\text{ m} = 90\text{ mm}$$

$$Z = 1/6 (a/2)^2 t^2 = 1/6 \times 1800 \times 90^2 = 2.43\text{E}6\text{ mm}^3$$

$$M_y = 0.0027 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

$$= 0.0027 \times 1.2 \times (2400 \times 0.09) \times 3.6 \times 7.2^2 = 108.839\text{ kg m} = 1.306\text{E}6\text{ Nmm}$$

Momen tambahan akibat sudut angkat

$$Y_c = 0.095\text{ m}$$

$$M_y = (1.2 P) Y_c / \tan \theta$$

$$= \frac{1.2 \times 2400 \times 7.2 \times 0.09}{8} \times \frac{0.095}{\tan 45} = 22.2\text{ kg m} = 0.23\text{E}6\text{ Nmm}$$

$$M_{\text{total}} = 1.306\text{E}6 + 0.23\text{E}6 = 1.536\text{E}6\text{ Nmm}$$

$$f_t = f_b = \frac{M_y}{Z} = \frac{1.536E6}{2.43E6} = 0.64 \text{ MPa} < 1.77 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

b. Lentur arah melintang pelat

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar $15t$ atau $b/4$, ambil yang terkecil.

$$15t = 15 \times 90 = 1350 \text{ mm} \quad b/4 = 7200/4 = 1800 \text{ mm}$$

$$Z = 1/6 \times 1350 \times 90^2 = 1.823E6 \text{ mm}^3$$

$$M_x = 0.0054 w a^2 b$$

$$= 0.0054 \times 1.2 \times (2400 \times 0.09) \times 3.6^2 \times 7.2 = 130.6 \text{ kg m} = 1.306E6 \text{ Nmm}$$

Momen lambaian akibat sudut angkat :

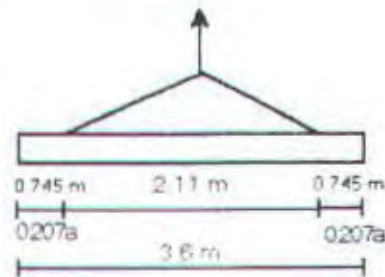
$$y_c = 0.095 \text{ m}$$

$$M_a = (1.2 P) \frac{y_c}{\text{tg} \theta}$$

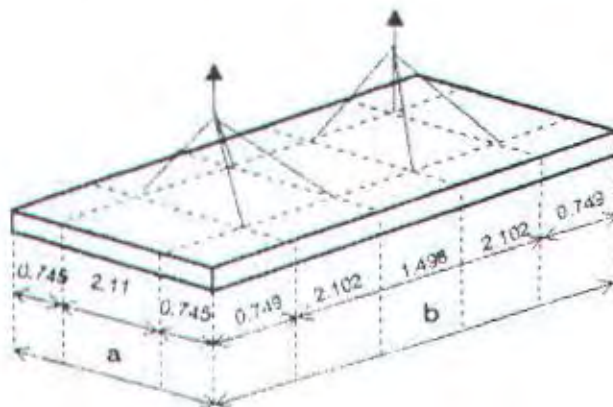
$$= \left(\frac{1.2 \times 2400 \times 0.09 \times 7.2}{4 \times 2} \right) \frac{0.095}{\text{tg} 45^\circ} = 22.2 \text{ kg m} = 0.22E+6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{total}} = 1.306E6 + 0.22E+6 = 1.526E6 \text{ Nmm}$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{\text{total}}}{Z} = \frac{1.526E6}{1.823E6} = 0.84 \text{ MPa} < 1.77 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

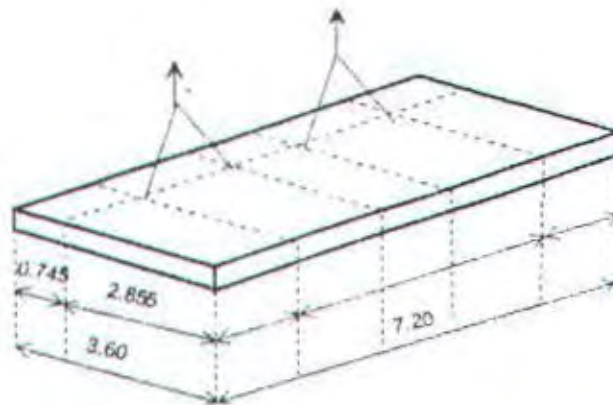


Kesimpulan : Untuk pengangkatan pelat (umur 3 han) digunakan 4 titik angkat dengan penempatan sebagai berikut :



Gbr 4.8. Penempatan titik pengangkatan.

Kontrol tegangan handling pada saat pemutaran pelat



Gbr 4.7. Pengangkatan dengan pemutaran pada pelat

Momen arah melintang pelat :

$$R_L = (1/2 w a^2) / 2.855$$

$$= (1/2 \times 2400 \times 0.09 \times 7.2 \times 1.2 \times 3.6^2) / (2.855 \times 4)$$

$$= 1058.96 \text{ kg}$$

$$R_R = w \cdot a \cdot R_L$$

$$= (2400 \times 0.09 \times 7.2 \times 1.2) \times 3.6/4 \cdot 1058.96 = 620.66 \text{ kg}$$

$$M_a = 1/2 \cdot w \cdot 0.745^2$$

$$= 1/2 \times (2400 \times 0.09 \times 7.2 \times 1.2) / 4 \times 0.745^2$$

$$= 129.5 \text{ kg m} = 1.3E6 \text{ Nmm}$$

$$M_{b \text{ max } d} : R_R / w = 620.66 / 465.6 = 1.33 \text{ m}$$

$$M_b = R_R (1.33) - 1/2 \cdot w \cdot (1.33)^2$$

$$= 620.66 (1.33) - 1/2 \times 465.6 \times (1.33)^2$$

$$= 413.68 \text{ kg m} = 4.14E6 \text{ Nmm}$$

$$Z = 1/6 \times 1350 \times 90^2 = 1.823E6 \text{ mm}$$

Umur beton 21 hari, $f_r = 3.7 \text{ MPa}$

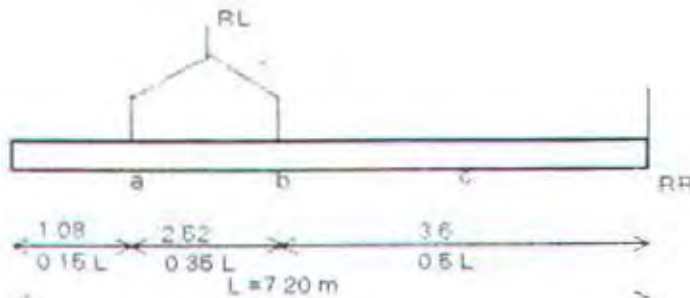
$$f_t = \frac{1.3E6}{1.823E6} = 0.72 \text{ MPa} < 3.7 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

$$f_b = \frac{4.14E6}{1.823E6} = 2.27 \text{ MPa} < 3.7 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Kesimpulan : Digunakan dua titik angkat dengan 1 sisi tepi pada dudukan pasir.
 (Umur beton 21 hari)

Kontrol tegangan handling saat ereksi (pemasangan ke struktur) :

Dengan 3 titik angkat sebagai berikut :



$$w = 2400 \times 0.09 \times 1.2 \times 3.6 = 993.12 \text{ kg/m}$$

$$RL = 993.12 \times 7.2^2 / (2 \times 4.86) = 4976.6 \text{ kg}$$

$$RR = 993.12 \times 7.2 - 4976.6 = 1741.86 \text{ kg}$$

$$\text{Momen maksimum di daerah : } 1741.86 / 993.12 = 1.87 \text{ m}$$

$$Mc = 1741.86 \times 1.87 - 993.12 \times 1.87^2 / 2 = 1573.5 \text{ kgm} = 15.73E6 \text{ Nmm}$$

$$Z = 1/6 \times 3600 \times 90^2 = 4.86E6 \text{ mm}^3$$

Umur beton 21 hari, $f_r' = 3.7 \text{ MPa}$

$$f_c = \frac{15.73E6}{4.86E6} = 3.24 \text{ MPa} < 3.7 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Kesimpulan : Pengangkatan (ereksi) dengan tiga titik angkat dapat digunakan (umur beton 21 hari)



BAB V

PERENCANAAN UNSUR SEKUNDER

BAB V

PERENCANAAN UNSUR SEKUNDER

5.1. PERENCANAAN TANGGA

Konstruksi tangga dibuat dengan sistem pracetak, dimana anak tangga dibuat sebagai pelat bersama dengan bordes. Pembualan semua komponen tangga beton pracetak harus berulang dan dalam jumlah yang cukup besar untuk memberikan kelayakan secara ekonomis.

Landasan untuk tumpuan tangga beton pracetak pada daerah lantai yang dicor monolit atau pada struktur frame yang biasanya dibuat sederhana. Lubang diantara dua pelat bordes dapat dicor dengan beton yang kontinue dan pada tepi bordes atau pelat injakan, besi tulangan diteruskan sampai keluar untuk menambah kekuatan dan mengurangi injakan.

5.1.1. Data-data Perencanaan

-Mutu beton = K.350

$$f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 35 \text{ MPa}$$

-Berdasarkan pasal 4.1.2.1. PB '89

$$\begin{aligned} f_c' &= (0,76 + 0,20 \log (f'_c/15)) f'_c \\ &= (0,76 + 0,20 \log (35/15)) 35 \\ &= 29,18 \text{ MPa} \end{aligned}$$

-Mutu baja = U.40

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2 = 400 \text{ MPa}$$

-Spesifikasi tangga dapat dilihat pada gambar di bawah

-Tebal pelat tangga = 16,5 cm

-Tebal pelat bordes = 15 cm

-Tinggi antar lantai = 3,96 m

5.1.2. Perhitungan Pelat Tangga

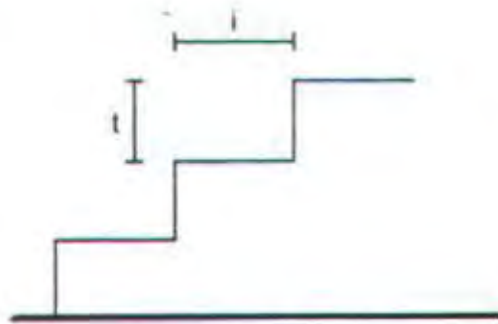
Syarat perencanaan :

$$60 < 2t+i < 62$$

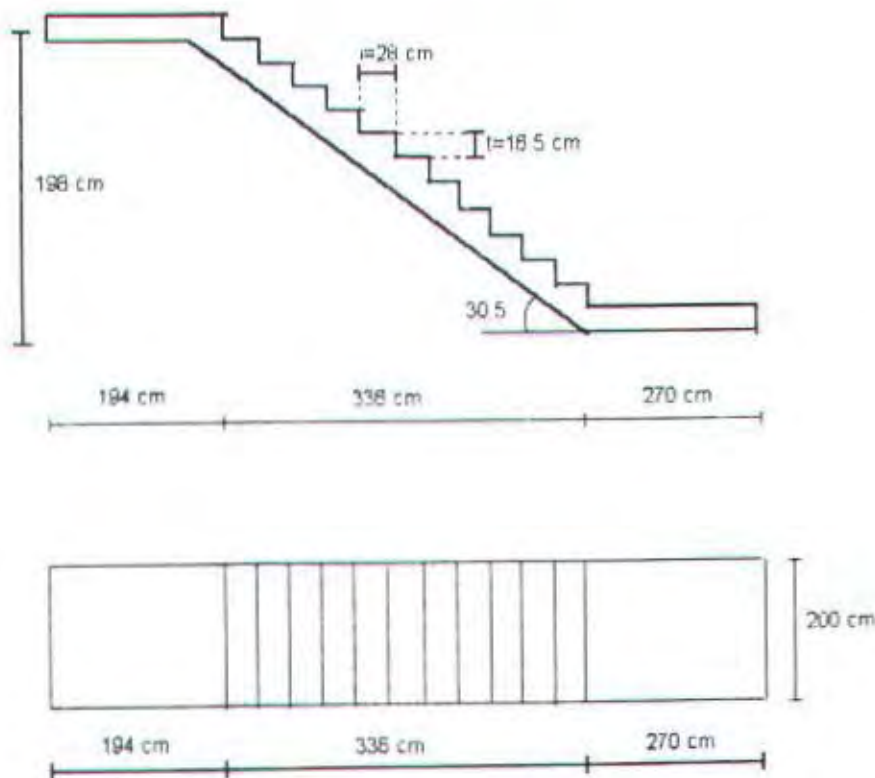
dambil tinggi injakan (i) = 28 cm, sehingga : $60 < 2i+28 < 62$

Diperoleh (t) = $16 < t < 17$

Tinggi injakan (t) = 16.5 cm



Gambar 5.1. Dimensi anak tangga



Gambar 5.2. Denah Tangga Pracetak

Jadi konstruksi tangga dirancang sebagai berikut :

Tangga lantai dasar diambil tinggi injakan (t) = 16.5 cm

- Beda tinggi lantai ke bordes = 198 cm

- Banyaknya injakan yang ada = 12 buah
- Jarak horisontal = $12 \times 28 = 336$ cm
- Jarak vertikal = $12 \times 16.5 = 198$ cm
- Sudut kemiringan tangga arctan $(\frac{198}{336}) = 30.4^\circ < 40^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Luas segitiga I} &= \text{Luas segitiga II} \\ \frac{1}{2} \times (30/2) \times (16.5/2) &= \frac{1}{2} \times \sqrt{(16.5/2)^2 + (30/2)^2} \\ 61.875 &= 8.56 X \\ X &= 7.23 \sim 7.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat rata-rata = Tebal pelat tangga + X = 16.5 + 7.5 = 24 cm

5.1.3. . Pembebanan Tangga dan Bordes

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

1. Pelat tangga (t = 24 cm) :

➤ Beban mati :

- Pelat tangga = $(0.24 \times \cos^2 30.5) \times 2400 = 427.6 \text{ kg/m}^2$
- Spesi + tegel = $(3 \times 21) + (2 \times 24) = 111 \text{ kg/m}^2$
- Sandaran = 50 kg/m^2

DL = 588.6 kg/m²

➤ Beban hidup

LL = 300 kg/m²

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

$$= 1.2 \times 588.6 + 1.6 \times 300 = 1186.32 \text{ Kg/m}^2$$

2. Pelat Bordes

➤ Beban mati

- Pelat tangga = $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Spesi + Tegel = $(3 \times 21) + (2 \times 24) = 111 \text{ kg/m}^2$
- Sandaran = 50 kg/m^2

DL = 521 kg/m²

➤ Beban hidup

LL = 300 kg/m²

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} \\ &= 1.2 \times 521 + 1.6 \times 300 \\ &= 1105.2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persyaratan PPTGIUG 1983, unsur-unsur non struktur hendaknya dipisahkan dan 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 dan rol.

5.1.4. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

1. Pelat Tangga

➤ Penulangan Arah X

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1.4/f_y = 1.4/400 = 0.0035 \\ \rho_{\max} &= 0.75 \rho_b = 0.0226 \\ M_u &= 9919 \text{ kgm} = 9.92\text{E}+7 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u/\phi = 9.92\text{E}+7/0.8 = 12.4 \text{E}+7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Selimum beton = 30 mm

$$d = 240 - 30 - 7 = 203 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b w d^2} \\ &= \frac{9.92\text{E}+7}{1000 \times 203^2} = 2.407 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{1}{16.1271} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.1271 \times 2.407}{400}} \right] = 0.0064 > \rho_{\min} \dots$$

maka: As perlu = 0.00634 × 1000 × 203 = 1287.6 mm²

Dipasang : $\phi 14-100 \text{ mm}$ (As=1538.6 mm²)

➤ Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned} M_u &= 1600.9 \text{ kgm} = 1.6\text{E}+7 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u/\phi = 1.6\text{E}+7/0.8 = 2\text{E}+7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Selimum beton = 30 mm

$$d = 240 - 30 - 14 - 7 = 189 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b w d^2} \\ &= \frac{2\text{E}+7}{1000 \times 189^2} = 0.56 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{baru} = \frac{1}{16.127} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.127 \times 0.56}{400}} \right] = 0.00142 < \rho_{min} \dots$$

maka: $A_s \text{ perlu} = 0.0035 \times 1000 \times 189 = 661.5 \text{ mm}^2$

dipasang : $\phi 14-200 \text{ mm} (A_s=769.3 \text{ mm}^2)$

2. Bordes

> Penulangan Arah X

$$M_u = 5402.5 \text{ kgm} = 5.4E+7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 5.4E+7 / 0.8 = 6.75E+7 \text{ Nmm}$$

Selimit beton = 30 mm ; diameter = 14 mm

$$d = 150 - 30 - 7 = 113 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{6.75E7}{1000 \times 113^2} = 5.286 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{1}{16.127} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5.286 \times 16.127}{400}} \right] = 0.015 > \rho_{min} \dots$$

maka: $A_s \text{ perlu} = 0.015 \times 1000 \times 113 = 1695 \text{ mm}^2$

dipasang : $\phi 14-90 \text{ mm} (A_s=1710 \text{ mm}^2)$

> Penulangan Arah Y

$$M_u = 1067.5 \text{ kgm} = 1.068E+7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 1.068E+7 / 0.8 = 1.335E+7 \text{ Nmm}$$

Selimit beton = 30 mm

$$d = 150 - 30 - 14 = 99 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1.335E7}{1000 \times 99^2} = 1.383 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{1}{16.127} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.127 \times 1.383}{400}} \right] = 0.0036 > \rho_{min} \dots$$

maka : $A_s \text{ perlu} = 0.0036 \times 1000 \times 99 = 356.4 \text{ mm}^2$

dipasang : $\phi 14-250 \text{ mm} (A_s=615.44 \text{ mm}^2)$

5.1.5. Penulangan Balok Penumpu Tangga

Beban ultimate dari tangga

- Bordes = 1105.2 kg/m^2

- Anak tangga = 1186.3 kg/m^2

Beban yang bekerja pada balok penumpu tangga :

$$P_u = (A_{bordes} \times q_{bordes} + 2 \times A_{anak \text{ tangga}} \times q_{anak \text{ tangga}}) / 2$$

$$= ((1.94 \times 2 + 2.5 \times 2) \times 1105.2 + 2 \times 2 \times 3.9 \times 1186.3) / 2$$

$$= 14140.23 \text{ kg}$$

Beban ini terbagi rata sepanjang bentang balok (4m)

$$q = Pu/4 = 14160.23/4 = 3540.86 \text{ kg/m}$$

Sehingga beban-beban yang bekerja pada balok penumpu tangga adalah sebagai berikut q_U

Total = q_U tangga + q_U balok

$$q_U \text{ balok} = 1.2 \times (0.15 \times 0.5 + 0.15 \times 0.25) \times 240 = 324 \text{ kg/m}$$

$$q_U \text{ Total} = 3540.86 + 324 = 3864.86 \text{ kg/m}$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 1/12 q l^2$$

$$= 1/12 \times 3864.86 \times 4^2 = 5153.15 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ lap.} = 1/24 q l^2$$

$$= 1/24 \times 3864.86 \times 4^2 = 2576.57 \text{ kgm}$$

$$V_u \text{ ujung} = 1/2 q l$$

$$= 1/2 \times 3864.86 \times 4 = 7728.72 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ d} = 7728.72 \times (4 - 0.455) / 4 = 6849.6 \text{ kg}$$

$$T_u = q \text{ tangga} \times b \times l \times 1/2$$

$$= 3540.867 \times 0.15 \times 4 \times 1/2 = 1062.26 \text{ kgm} = 10.623 \text{ E}6 \text{ Nmm}$$

Kontrol penampang :

$$\sum X^2 Y = (250^2 \times 300) + (150^2 \times 250) = 2.44 \text{ E}7 \text{ Nmm}$$

$$\phi 1/20 \sqrt{f_c'} \sum (X^2 Y) = 0.6 \times 1/20 \times \sqrt{29.18} \times 2.44 \text{ E} + 7$$

$$= 3.954 \text{ E} + 6 \text{ Nmm} < T_u (10.623 \text{ E} + 6 \text{ Nmm})$$

maka torsi perlu diperhitungkan.

Menghitung tulangan sengkang untuk torsi :

Direncanakan decking = 40 mm;

Diameter sengkang = 10 mm

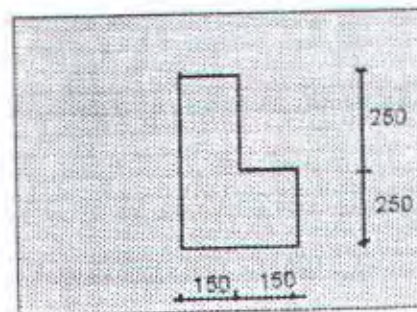
$$T_c = \frac{\sqrt{A_c} \sum y^2 y}{15 \sqrt{1 + (0.4 \frac{W_u}{A_c f_c'})^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w h_w}{\sum x^2 y y} = \frac{150 \times 455}{2.44 \times 10^7} = 0.0028$$

$$T_c = \frac{\sqrt{29.18} \times 2.44 \text{ E}7}{15 \sqrt{1 + 0.4 \times (\frac{10626}{0.0028 \times 10^6 \times 29.18})^2}} = 6.463 \text{ E} + 6 \text{ Nmm}$$

$$A_t/s = (T_u - \phi T_c) / (\phi f_y \alpha_T X_y Y_t)$$



$$X_1 = 150 - 2 \times 40 = 70 \text{ mm}$$

$$Y_1 = 500 - 2 \times 40 = 420 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (2 + Y_1/X_1)/3 = (2 + 420/80)/3 = 2.67 \text{ mm} > 1.5, \text{ dipakai } \alpha_1 = 1.5$$

$$A1/s = (10.623 \text{ E}6 - 0.6 \times 6.463 \text{ E}+6) / (0.6 \times 400 \times 1.5 \times 420 \times 70) = 0.637 \text{ mm}$$

Menghitung tulangan sengkang untuk geser :

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'} bw d}{6 \sqrt{1 + (2.5 \alpha_1 T u V / \phi)^2}}$$
$$= \frac{\sqrt{29.18} \times 150 \times 455}{6 \sqrt{1 + (2.5 \times 0.0028 \times 0.623 \text{ E}6 \times 68496)^2}} = 41630.06 \text{ N}$$

$$\text{Kontrol : } V_u = 6849.6 \text{ kg} > \phi V_c = 0.6 \times 41630.01 = 2497.8 \text{ kg (butuh tul. geser)}$$

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi = (6849.6 - 2497.8) / 0.6 = 7253 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol : } V_s \text{ max} = 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$
$$= 2/3 \times \sqrt{29.18} \times 150 \times 455 = 24578.4 \text{ kg} > V_s = 7253 \text{ kg (OK)}$$

$$A_v/s = (V_d - \phi V_c) / \phi f_y \cdot d = 7253 / (0.6 \times 400 \times 455) = 0.0664 \text{ mm}$$

Kombinasi tulangan sengkang geser dan torsi :

$$\Sigma A_s^t = (2A1/s + A_v/s)$$
$$= (2 \times 0.637 + 0.0664) = 1.3404 \text{ mm} \sim 1.35 \text{ mm}$$

Direncanakan memakai sengkang $\phi 10$ ($A_s = 78.54 \text{ mm}^2$)

$$A_v = 2 \times 78.54 = 157.08 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{max}} = \frac{157.08}{1.35} = 116.36 \text{ mm}$$

Kontrol S_{max}

$$S < d/2 = 455/2 = 227.5 \text{ mm}$$

$$< 24 \phi \text{ tul sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

$$< 300 \text{ mm}$$

$$< (X_1 + Y_1)/4 = 122.5 \text{ mm}$$

maka dipasang tulangan sengkang : $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

Menghitung tulangan torsi longitudinal

Menurut SKSNI luasan tulangan longitudinal untuk torsi harus diambil nilai terbesar dari harga dibawah ini :

$$A_{t1} = 2 A1/s (X_1 + Y_1)$$

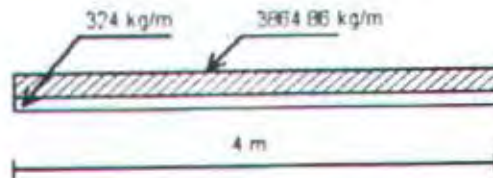
$$= 2 \times 0.637 (420 + 70) = 624.26 \text{ mm}^2$$

$$A_{12} = \left[\frac{2.8 s T_u}{\gamma (T_u + \frac{W}{10})} - 2 A_t \right] \times \frac{(X+Y)}{S} = \left[\frac{2.8 \times 100 \times 0.623 E6}{400 (10.623 E6 + \frac{68.896}{10.0028})} - 2 \times 63.7 \right] \times \left(\frac{420+70}{100} \right) = 622.32 \text{ mm}^2$$

Harga 2 At tidak boleh kurang dari $b_w \cdot s/3 \cdot f_y = 150 \times 100/3 \times 400 = 12.5$

Maka diambil $A_t = 624.3 \text{ mm}^2$

Untuk masing - masing sisi perlu $A_t = 624.3/2 = 312.2 \text{ mm}^2$



Menghitung tulangan lentur :

$$M_u \text{ tump} = 5153.15 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ lap} = 2576.57 \text{ kgm}$$

$$d = 500 - 40 - 12 \cdot 5 = 443 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 f_c' b \cdot a = 0.85 \times 29.18 \times 150 \times a = 3720.45 a$$

$$T = f_y \times A_s = 400 A_s$$

Syarat kesetimbangan :

$$T = C$$

$$400 A_s = 3720.45 a$$

$$A_s = 9.301 a$$

$$\text{maka : } T = 400 \times 9.301 a$$

sehingga :

• Untuk tulangan Tumpuan

$$M_u/\phi = T(d-a/2)$$

$$5.153 \times 10^7 / 0.8 = 400 \times 9.301 a (443 - a/2)$$

$$4.6505 a^2 - 4120.34.945 a + 161031.25 = 0$$

$$a = 40.98 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 9.301 \times 40.98 = 381.2 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur 5 $\phi 12$ ($A_s = 565.2 \text{ mm}^2$) > A_s perlu (381.2 mm^2) ...

• Untuk tulangan Lapangan

$$M_u/\phi = T(d-a/2)$$

$$2.58 \times 10^7 / 0.8 = 400 \times 9.301 a (443 - a/2)$$

$$4.6505a^2 - 4120.34a + 80625 = 0$$

$$a = 20.02 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 9.301 \times 20.02 = 186.2 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur 5 ϕ 12 ($A_s=565.2 \text{ mm}^2$)

Kontrol kombinasi tulangan lentur dan torsi (untuk daerah lap)

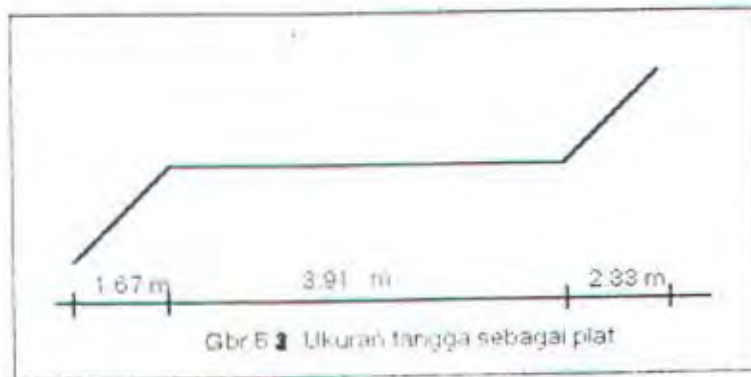
$$A_t \text{ perlu (torsi)} = 312.2 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ ada} = 565.22 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tersedia untuk lentur saja} = 565.2 - 312.2 = 253 \text{ mm}^2$$

5.2. PENGANGKATAN ELEMEN TANGGA

Elemen tangga diangkat dengan mengasumsikan elemen tangga sebagai pelat :



$$l_b = 1.98 / \sin 30.5 = 3.91 \text{ m}$$

$$l_{k1} = 1.94 \times \cos 30.5 = 1.67 \text{ m}$$

$$l_{k2} = 2.7 \times \cos 30.5 = 2.33 \text{ m}$$

Tebal plat tangga = 24 cm

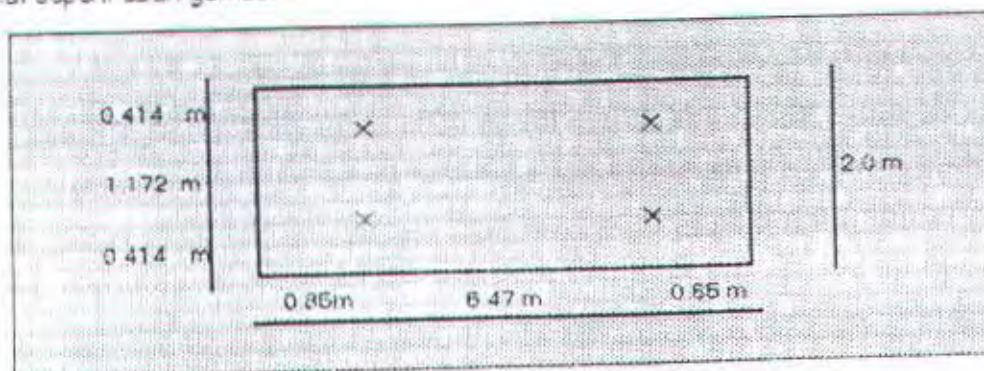
Tebal plat bordes = 15 cm

Tebal ekivalen = Berat total / (l_b × w)

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= (2 \times 3.91 \times 0.24 \times 2.4) + (2 \times 1.67 \times 0.15 \times 2.4) + (2 \times 2.33 \times 0.15 \times 2.4) \\ &= 7.3728 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal ekivalen} = 7.3728 / ((3.91 + 1.67 + 2.33) \times 2 \times 2.4) = 0.194 \text{ m}$$

Elemen tangga direncanakan diangkat dengan metode two points pick up, dengan letak titik angkat seperti dalam gambar :



Gbr. 5.4 Letak titik pengangkatan

5.2.1. KONTROL TEGANGAN SAAT PENGANGKATAN

a. Lentur arah memanjang

Dengan menggunakan metode two point pick up maka :

Ditahan oleh penampang dengan lebar a/2

$$w = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 2.00 \text{ m} \quad , a/2 = 1.00 \text{ m} \quad ; b = 8.17 \text{ m} \quad ; b/2 = 4.085 \text{ m}$$

$$t = 19.4 \text{ cm} \quad , 15 t = 15 \times 19.4 \text{ cm} = 291 \text{ cm}$$

$$Z = 1.6 \times 1000 \times 194^2 = 6.27E6 \text{ mm}^3$$

$$M_y = 0.0107 \times 2400 \times 0.194 \times 2 \times 8.17^2 = 665.075 \text{ kgm} = 6.65E6 \text{ Nmm}$$

Momen tambahan akibat sudut angkat :

$$Y_c = 14.7 \text{ cm}$$

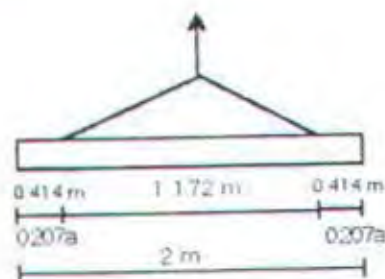
$$M_\theta = (1.2 P) Y_c / \text{tg } \theta$$

$$= (1.2 \times 2400 \times 0.194 \times 2 \times 8.71) \times 0.147 / (4 \times \text{tg}45) = 3.6E6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{total}} = 6.65 + 3.6 = 10.25E6 \text{ Nmm}$$

$$f_t = f_b = M_y / Z = 10.25 / 6.27 = 1.64 \text{ MPa} < f_r = 3.7 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (\text{OK!})$$

b. Lentur arah melintang



Ditahan oleh penampang dengan lebar 15 t atau b/2 diambil yang terkecil.

$$Z = 1.6 \times 291^2 \times 194 = 2.738E6 \text{ mm}^3$$

$$M_x = 0.0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$= 0.0107 \times 2400 \times 0.194 \times 2^2 \times 8.17 = 1.628 \text{ kgm} = 1.628E6 \text{ Nmm}$$

Momen tambahan akibat sudut angkat :

$$M_{\theta} = (1.2 P) Y_c / \lg \theta \\ = (1.2 \times 2400 \times 0.194 \times 2 \times 8.71) \times 0.147 / (4 \times \lg 60) = 2.07E6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{total}} = 1.682 + 2.07 = 3.752E6 \text{ Nmm}$$

$$f_t = f_b = M_{\text{total}} / Z = 3.752 / 2.738 = 1.37 \text{ MPa} < 3.7 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Kesimpulan Jadi pengangkatan dengan menggunakan empat titik angkat dapat dilakukan

5.2. PERENCANAAN BALOK ANAK

Balok anak merupakan suatu unsur sekunder, dimana perencanaannya dilakukan untuk memikul beban mati dan beban hidup yang bekerja pada elemen pelat yang menumpu di atasnya. Adapun syarat dalam menggunakan perhitungan dengan momen koefisien dan PBI 1971 pasal 13.2 meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Minimum harus ada 2 bentang.
2. Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata.
3. Beban hidup per unit tidak melebihi tiga kali beban mati per unit.
4. Komponen strukturnya prismatis.
5. Panjang bentang kurang lebih sama, dengan ketentuan bahwa bentang yang lebih besar dari 2 bentang yang bersebelahan perbedaannya tidak melebihi 20 % dari bentang yang pendek.

Sedangkan apabila syarat-syarat di atas tidak terpenuhi, analisis dapat dilakukan dengan bantuan software SAP 90.

5.2.1. PERHITUNGAN BALOK ANAK PELAT LANTAI (lantai 2-4 dan 6-9)

5.2.1.1. PERHITUNGAN BEBAN

Dari perencanaan pelat didapatkan beban-beban sebagai berikut :

$$\bullet q_d = 495 \text{ kg/m}^2$$

$$\bullet q_l = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sehingga } q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \times 495 + 1,6 \times 250 = 994 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan beban equivalent beban pelat terhadap balok anak

- Balok anak bentang 7.2 m (dimensi 30/50 cm) :

Beban yang bekerja adalah beban pelat dan berat sendiri balok anak 30/50

Dengan perumusan beban equivalent pelat trapesium :

$$q_{eq} = 1/2 \times q \times l_x \times (1 - 1/3(l_x/l_y)^2)$$

$$q_{eq} = 0,5 \times 994 \times 3,6 (1 - 1/3(3,6/7,2)^2) = 1640,1 \text{ kg/m}$$

5.2.1.2. PERHITUNGAN GAYA DALAM BALOK ANAK PELAT LANTAI

- Balok anak bentang 7.2m (dimensi 30/50 cm)

Berdasarkan PBI 1971 pasal 13.2.3.g (sumbu C1 lantai 2) .

$$\overline{u} \quad \frac{1}{g}$$

Untuk perencanaan diambil koefisien maksimum.

$$M_{\text{tumpuan}} = - M_{\text{lapangan}}$$

$$= 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$q = 2 \times q_{\text{eq}} + \text{berat sendiri}$$

$$= 2 \times 1640,1 + 1,2 \times b \times h \times 2400$$

$$= 2 \times 1640,1 + 1,2 \times 0,30 \times 0,5 \times 2400 = 3712,2 \text{ kg/m}^2$$

$$M_t = - M_{\text{lap}} = 1/8 \times 3712,2 \times 7,2^2$$

$$= 16036,704 \text{ kg.m} = 160367040 \text{ N.m}$$

$$V_u = 1/2 \cdot (2 \cdot q_{\text{eq}} \cdot l) + 1,2 \times 1/2 \cdot b \cdot h \cdot 2400 \cdot l$$

$$= 1/2 \cdot (2 \times 1640,1 \times 7,2) + 1,2 \times 1/2 \times 0,30 \times 0,5 \times 2400 \times 7,2$$

$$= 13363,92 \text{ kg} = 133,639 \text{ kN}$$

5.2.1.3. PENULANGAN BALOK ANAK PELAT LANTAI (lantai 2-4 dan 6-8)

- Balok anak bentang 7.2 m (dimensi 30/50 cm)

Dan perhitungan terdahulu didapat :

$$M_t = 160367040 \text{ N.mm}$$

$$M_{\text{lap}} = - M_t$$

$$V_u = 133,639 \text{ kN}$$

$$d = 500 - 40 - 10 - 14/2 = 443 \text{ mm}$$

Persyaratan tulangan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,81 \times 29,18}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03014$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03014 = 0,0226$$

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

Penulangan lentur :

Tumpuan :

$$M_n = M_u / 0,8 = 160367040 / 0,8 = 200458800 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b_w \times d^2} = \frac{200458800}{300 \times 443^2} = 3,405$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 29,18} = 16,1271$$

$$\rho = \frac{1}{161271} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 161271 \times 3.905}{400}} \right) = 0.0092$$

$$A_s = 0.0092 \times 300 \times 443 = 1222.68 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 8 - $\phi 14$ ($A_s = 1230.88 \text{ mm}^2$).

Lapangan :

Untuk penulangan lapangan karena momen yang terjadi sama dengan momen yang terjadi pada tumpuan maka dipakai tulangan yang sama. Dipakai tulangan 8 - $\phi 14$.

Penulangan geser dan torsi :

$$q_u = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$l_y/l_x = 7.2/3.6 = 2$$

Dan tabel 13.3.2 PBI'71 didapat $C_x = 62$

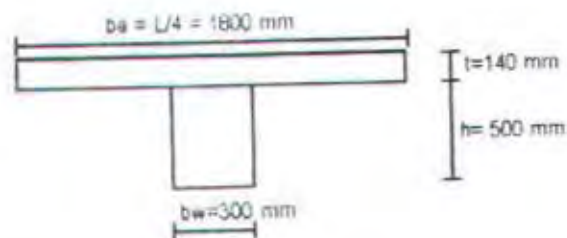
$$M_{tx} = 0.001 \times q_u \times l_x^2 \times C_x$$

$$= 0.001 \times 250 \times 3.6^2 \times 62 = 200.88 \text{ kg.m} = 2008800 \text{ N.mm}$$

$$T_u = M_{tx} \times 0.5 \times l_x$$

$$= 2008800 \times 0.5 \times 3.6 = 3615840 \text{ N.mm} = 3.62E+6 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 133.639 \text{ kN}$$



$$\Sigma X^2Y = 140^2 \times 1000 + 500^2 \times 300 = 9.46E7 \text{ mm}^3$$

$$\frac{0.6}{20} \sqrt{f_c'} \times \Sigma X^2Y = \frac{0.6}{20} \times \sqrt{29.18} \times 9.46E7 = 15.33E6 \text{ N.mm} > T_u$$

Maka pengaruh torsi bisa diabaikan (PB'89 pasal 11.6.1).

Kuat geser beton (V_c) :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{29.18} \times 300 \times 443 = 119.651 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{3} \times 300 \times 443 = 44.3 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{3} \times \sqrt{29.18} \times 300 \times 443 = 239.302 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_{s \text{ min}}) = 0.6(119.651 + 44.3) = 98.706 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_{smax}) = 0.6(119.651 + 239.302) = 215.372 \text{ KN}$$

Karena $\phi(V_c + V_{smin}) < V_u < \phi(V_c + V_{smax})$, maka perlu dipasang tulangan geser.

Maka direncanakan tulangan geser $\phi 10$

$$A_v = 157.08 \text{ mm}^2 (\phi 10)$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= 133.639 / 0.6 - 119.651 = 103.651 \text{ KN}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157.08 \cdot 400 \cdot 443}{103651} = 268.6 \text{ mm}$$

Kontrol s max

$$s \leq d/2 = 443/2 = 221.5 \text{ mm}; \text{ atau}$$

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

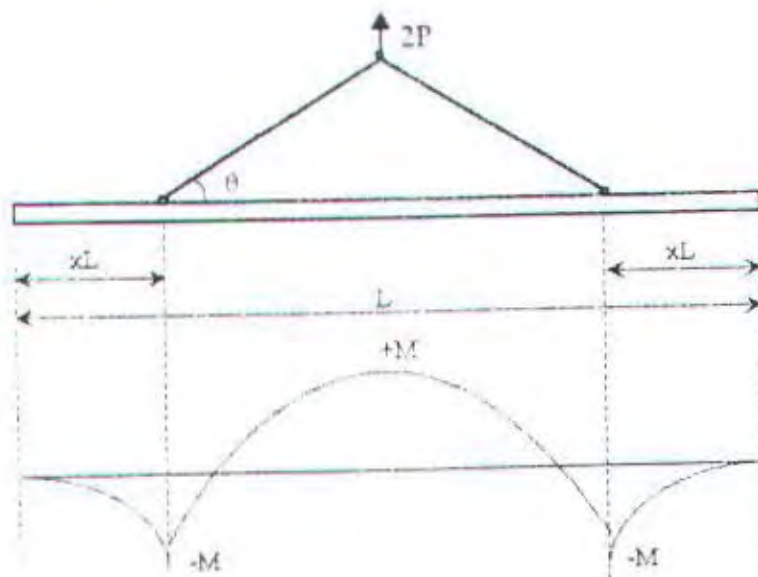
Maka dipakai sengkang 10-150 (tumpuan)

10-300 (lapangan)

Untuk balok anak yang lainnya dilakukan perhitungan yang sama dan hasilnya disajikan dalam tabel (Lampiran).

5.2.2. PENGANGKATAN

Untuk balok anak, pembuatan secara pracetak dilakukan di lokasi. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Tempat pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dan kerusakan.

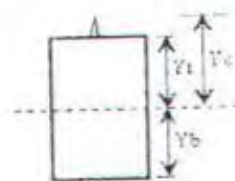


Berdasarkan PCI Design Handbook dimana

$$+M = \frac{wL^2}{3} \left[1 - 4x + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right]$$

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

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



Ketebalan tumpuan angkat = 5 cm

Balok Anak 30 x 50 cm (panjang 7.2 m)

$$Y_t = Y_b = 25 \text{ cm}$$

$$I = (1/12) \cdot 30 \cdot 50^3 = 312500 \text{ cm}^4$$

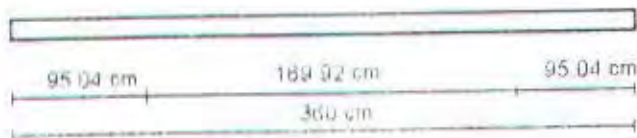
$$Y_0 = Y_1 + 5 = 30 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{(4 \times 30)}{(360 \times \tan 45)}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{25}{36} \left(1 + \frac{(4 \times 30)}{(360 \times \tan 45)} \right)^2} \right]} = 0,264$$

$$x \cdot L = 0,264 \times 360 = 95,04 \text{ cm}$$

- Beban pada balok anak

1. Berat sendiri $0,30 \times 0,5 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
2. Berat orang pekerja $= 100 \text{ kg}$



MOMEN YANG TERJADI :

➤ Momen di Lapangan

- Akibat beban mati

$$+M = \frac{wL^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4y_1}{L \tan \theta} \right]$$

$$+M = 0,125 \times 360 \times 3,6^2 \left[1 - (3,6 \times 0,264) + \frac{(3,6 \times 0,3)}{(3,6 \times \tan 45)} \right]$$

$$= 203,88 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup

$$+M = 0,5 \times P \times (L - (2 \times 95,04))$$

$$= 0,5 \times 100 \times (3,6 - 1,9) = 84,96 \text{ kgm}$$

- $+M_{\max} = 203,88 + 84,96 = 288,84 \text{ kgm}$

Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = (28884 \times 6) : (30 \times 50^2)$$

$$= 2,31 \text{ MPa} < \text{Tegangan ijin} = f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,78 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

➤ Momen di Tumpuan

$$M = \frac{wL^2}{2}$$

$$= (0,5 \times 360 \times 0,9504^2) + (100 \times 0,9504) = 257,63 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{M}{W_t} = (25762.7 \times 6) : (30 \times 50^2) \\ = 2.06 \text{ MPa} < \text{Tegangan Ijin} = f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 3.78 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

TULANGAN ANGKAT :

$$V_u = 1/2 \times [(1.2 \times 360 \times 1.7) + (1.6 \times 100)] = 527.2 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps 2.2.2, tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U40 adalah = $f_y/1.5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1.5 = 2666.67 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{[(V_u/\sigma_{\text{tarik ijin}}) \times 4/\pi]} \\ \geq \sqrt{[(527.2/2666.67) \times 4/\pi]} \\ \geq 0.5 \text{ cm} \approx 6 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan angkat ϕ 6 mm

5.2.3. LENDUTAN

Pada komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar mempunyai kekakuan cukup untuk membatasi deformasi yang mungkin memperlemah kekakuan ataupun kemampuan kelayakan struktur pada beban kerja. Lendutan suatu balok tidak perlu ditung bila tebal balok memenuhi persyaratan tebal minimum pada tabel 3.2.5(a) SKSNI T-15-1991-03. Untuk balok anak yang terletak pada dua tumpuan tebal minimum yang disyaratkan adalah :

$$h_{\text{min}} = L/16 \text{ (untuk } f_y = 400 \text{ MPa)}$$

Dimana L adalah panjang bentang.

Karena f_y yang digunakan adalah 400 maka tidak perlu diadakan koreksi.

Untuk balok anak $30 \times 35 \text{ cm}^2$ (panjang = 7200 cm)

$$h_{\text{min}} = 7200/16 = 450 \text{ cm} < 50 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$

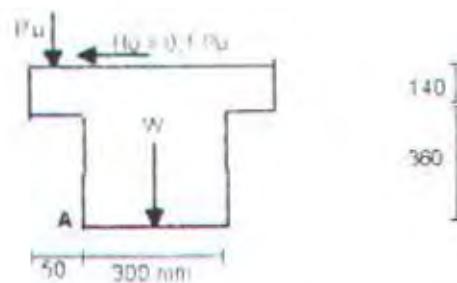
Maka tidak perlu dilakukan penanganan terhadap bahaya lendutan.

5.2.4. GULING

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

Beban guling diakibatkan oleh berat pelat, yang berada disalah satu sisi balok anak

dan berat pekerja yang ada diatas pelat tersebut. Sedangkan berat sendiri balok melawan momen guling yang ditimbulkan pelat tad.



Beban dan pelat

- Berat sendiri pelat = $0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup pekerja = 100 kg/m^2
- Beban ultimate $q_u = 1,2 \times 360 + 1,6 \times 100 = 592 \text{ kg/m}^2$

Beban dan pelat berbentuk trapesium dengan Luas trapesium = $\frac{1}{2} Lx \left(1 - \frac{1}{3} \left[\frac{Lx}{Ly} \right]^2 \right)$

$P_u = \text{Luas} \times q_u$

Untuk balok anak dengan bentang 7,2 meter.

$$P_u = \frac{1}{2} \times 7,2 \times \left(1 - \frac{1}{3} \left[\frac{3,6}{7,2} \right]^2 \right) \times 592 = 1953,6 \text{ kg}$$

$$H_u = 0,1 P_u = 0,1 \times 1953,6 = 195,63 \text{ kg}$$

$$W = 2400 \times 0,30 \times 0,35 \times 7,2 = 1814,4 \text{ kg}$$

Momen terhadap titik guling A.

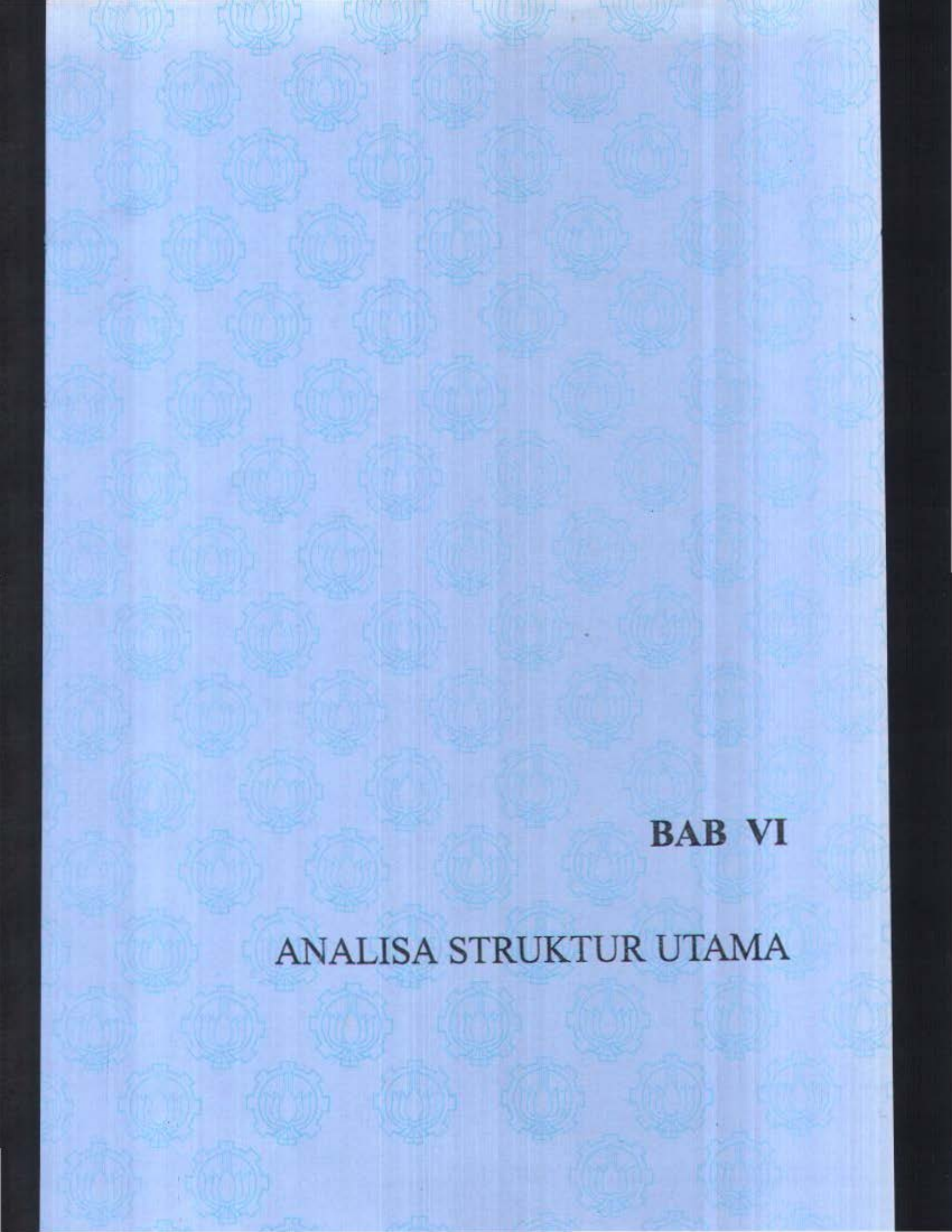
$$P_u (50/2) + H_u (500) = W (300/2)$$

$$(1953,6 \times 25) + (195,63 \times 500) = (1814,4 \times 150)$$

$$146655 = 272160$$

$$146655 / 272160 = 0,54 < 1 \dots \text{OK!}$$

Jad dimensi balok anak masih cukup aman terhadap bahaya guling



BAB VI

ANALISA STRUKTUR UTAMA

BAB VI

ANALISA STRUKTUR UTAMA

6.1. 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 dan kolom untuk struktur atas, dan pondasi untuk struktur bawah.

6.2. PEMBEBANAN

Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan didasarkan pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2 sebagai berikut

Kuat perlu untuk menahan beban mati dan beban hidup, paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (\text{Rumus 3.2-1 SKSNI T-15-1991-03})$$

Bila kekuatan struktur terhadap beban gempa (E) harus diperhitungkan dalam perencanaan dengan mengambil kombinasi pembebanan sebagai :

$$U = 1,05 (D + L_R + E) \quad (\text{Rumus 3.2-4a SKSNI T-15-1991-03})$$

dimana L_R adalah beban hidup yang telah direduksi dan nilai E dikalikan dengan faktor $K_1 = 2$ untuk daktilitas 2 sesuai dengan persyaratan dalam PPTGIUG83

6.3. PEMODELAN STRUKTUR

Sistem struktur dimodelkan sebagai portal terbuka (open frame) dengan perletakan jepit pada dasar kolom.

Struktur utama dianalisa dengan metode analisa dengan bantuan paket program ETABS versi 6.10. Pemodelan struktur ini adalah dengan menganggap balok induk sebagai

beam dan kolom sebagai column. Analisa statis dan dinamis dilakukan bersama-sama dalam satu kali run dan output hasil running disesuaikan dengan kombinasi-kombinasi pembebanan yang dsyaratkan dalam SKSNI T-15-1991-03.

Untuk menyalurkan gaya lateral supaya bisa diterima oleh komponen struktur penahan gaya lateral, maka lantai dimodelkan sebagai diafragma yang kaku (rigid floor diafragma). Jadi seluruh joint (pertemuan antara elemen-elemen beam), dalam satu bidang lantai dianggap tidak bisa bergerak relatif satu terhadap yang lain.

6.4. DATA SATUAN

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utama adalah :

- kg (kilogram) : dimensi gaya
- m (meter) : dimensi panjang
- dt (detik) : dimensi waktu

6.5. DATA MATERIAL

Material yang dipakai dalam analisa struktur utama adalah :

- Jenis bahan : beton
- Berat volume : 2400 kg/m³
- Mutu bahan : $f_c' = 29,18$ MPa untuk pelat, balok, kolom
- Jenis bahan : baja
- Mutu bahan : $f_y = 400$ MPa

6.6. INPUT DATA

Input data struktur utama dibuat berdasarkan buku petunjuk (manual) dari ETABS versi 6.10 dan contoh-contoh dari penggunaan program ETABS.

Adapun input data tersebut adalah sebagai berikut

a. Control Data

1. Jumlah tingkat dari gedung

Dimana gedung yang direncanakan terdiri dari 9 lantai dan satu atap.

2. Jumlah frame pada gedung yang memiliki properti atau kondisi pembebanan yang berbeda (1).
3. Jumlah total frame yang ada pada gedung, disini ada 1 frame.
4. Jumlah type massa lantai = 4.
5. Jumlah kombinasi pembebanan struktur, 9 kombinasi pembebanan.
6. Jumlah periode dan mode shape struktur yang akan ditinjau, 7 periode.
7. Jumlah tipe material = 1.
8. Jumlah tipe penampang kolom yang berbeda pada seluruh frame, 3 tipe.
9. Jumlah tipe penampang balok yang berbeda pada seluruh frame, ada 1.
10. Jumlah tipe penampang brace yang berbeda pada seluruh frame, tidak ada.
11. Jumlah tipe penampang panel yang berbeda pada seluruh frame, tidak ada.
12. Kode untuk analisa statis lateral = 0, tidak ada beban statis lateral.
13. Kode untuk analisa dinamis = 2, Respon Spektrum.
14. Kode untuk tipe struktur = 0, tiga dimensi dengan rotasi pada lantai tidak ditahan.
15. Analisa P-delta effect = 1, ada.
16. Kode untuk modifikasi kekakuan joint pada frame = 4, rigid end offset tidak direduksi.
17. Kode untuk perpindahan joint pada frame = 0, tidak dicetak.
18. Kode untuk perhitungan berat sendiri = 1, berat sendiri dimasukkan dalam kondisi pembebanan.
19. Kode mode shape untuk post processing.

b. Miscellaneous Parameters

- Percepatan gravitasi = 9,8
- Nilai toleransi Eigenvalue = 0,0001
- Batas time periode yang diinginkan

c. Masses Data Block

- Nomor identifikasi dari tipe massa.
- Jumlah segmen (pias-pias) segiempat yang membentuk massa secara keseluruhan.
- Faktor skala untuk intensitas massa.

d. Story Data

- Nama / label untuk identifikasi tingkat.
- Tinggi yang bersangkutan terhadap tingkat sebelumnya.

- Kode untuk tipe massa = 1,2,3,4 sesuai dengan tipe massa yang didefinisikan di bagian sebelumnya (Masses Data Block).

e. Frame Member Material Property Data

- Nomor identifikasi material
- Tipe material : C untuk beam dan column
- Modulus elastisitas = 2,972E9 dan 2,781E9.
- Berat volume beton = 2400 kg/m³.
- Poisson ratio = 0,2.
- Tegangan leleh baja tulangan = 4.0E7
- Kuat tekan beton = 2,918E6
- Tegangan leleh tulangan geser = 4.0E7

f. Section Property Data

- Data penampang kolom
- Data penampang balok.

g. Frame Control Data

1. Nomor identifikasi frame.
2. Jumlah tingkat yang ada pada frame yang bersangkutan.
3. Jumlah line kolom pada frame = 67
4. Jumlah bay pada frame = 102.
5. Jumlah elemen brace pada frame (tidak ada).
6. Jumlah elemen panel pada frame tidak ada.
7. Jumlah pembebanan lateral pada kolom yang dilepas dari diafragma = 0.
8. Jumlah pembebanan pada bentang balok, yang ada pada frame = 70
9. Maksimum beban titik yang ada pada seluruh pola pembebanan bentang balok = 1.

h. Response Spectrum Lateral Load

- Jumlah arah guncangan, ada 2 arah guncangan.
- Jumlah titik yang ada pada kurva response spectrum.
- QQC kombinasi
- Faktor skala = 1.
- Dumping ratio = 0,05.

6.7. KONTROL GAYA GEMPA

Berdasarkan pasal 2.5 PPTGIUG '83, bahwa besarnya gaya geser dasar total yang diperoleh dari analisa dinamis (perhitungan ETABS) tidak boleh kurang dari 0.9 besarnya gaya geser dasar total yang dihitung dengan analisa statis ($V_d \geq 0.9 V_s$). Apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi maka beban gempa dinamis harus dikalikan dengan suatu faktor skala (n).

6.7.1. GAYA GESER DASAR TOTAL ANALISA STATIS (V_s)

$$V_s = C I K W_t$$

dimana, V_s = Gaya geser dasar total

C = koefisien gempa dasar

I = Faktor ketamaan bangunan

K = Faktor jenis struktur

W_t = Berat total struktur

• Waktu Getar (T)

$$\begin{aligned} T_x = T_y &= 0.06H^{0.75} \\ &= 0.06 \times 39.6^{0.75} = 0.9472 \text{ dt} \end{aligned}$$

• Koefisien Gempa dasar

Berdasarkan Kurva Response Spectrum PPTGIUG '83 untuk wilayah zone 4 kondisi tanah lunak, untuk $T_x = T_y = 0.9472$ dt didapat nilai $C = 0.05$

• Faktor ketamaan bangunan (I)

$$I = 1.5 \quad \text{(tabel 2.1 PPTGIUG'83, gedung sekolah)}$$

• Faktor jenis struktur (K)

$$K = 1.0 \quad \text{(tabel 2.2 PPTGIUG'83, struktur beton bertulang)}$$

• Berat total struktur

Dari dimensi - dimensi elemen struktur didapatkan berat total struktur :

$$W_t = 14395792 \text{ kg}$$

• Gaya geser dasar (V_s)

$$\begin{aligned} V_{sx} = V_{sy} &= C I K W_t \\ &= 0.05 \times 1.5 \times 1.0 \times 14395792 = 1079684.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0.9 V_{sx} = 0.9 V_{sy} = 0.9 \times 1079684.4 = 971759.6 \text{ kg}$$

6.7.2. GAYA GESER DASAR ANALISA DINAMIS (Vd)

Dan hasil analisa Etabs didapat :

- Gempa arah X

$$V_{dx} = 62075.06 \text{ kg}$$

Karena $V_{dx} < 0.9 V_s$ maka beban gempa arah X pada analisa dinamis perlu dikalikan dengan faktor skala beban gempa :

$$n_x = \frac{0.9 V_{sx}}{V_{dx}} = \frac{971715.96}{62075.06} = 15.654$$

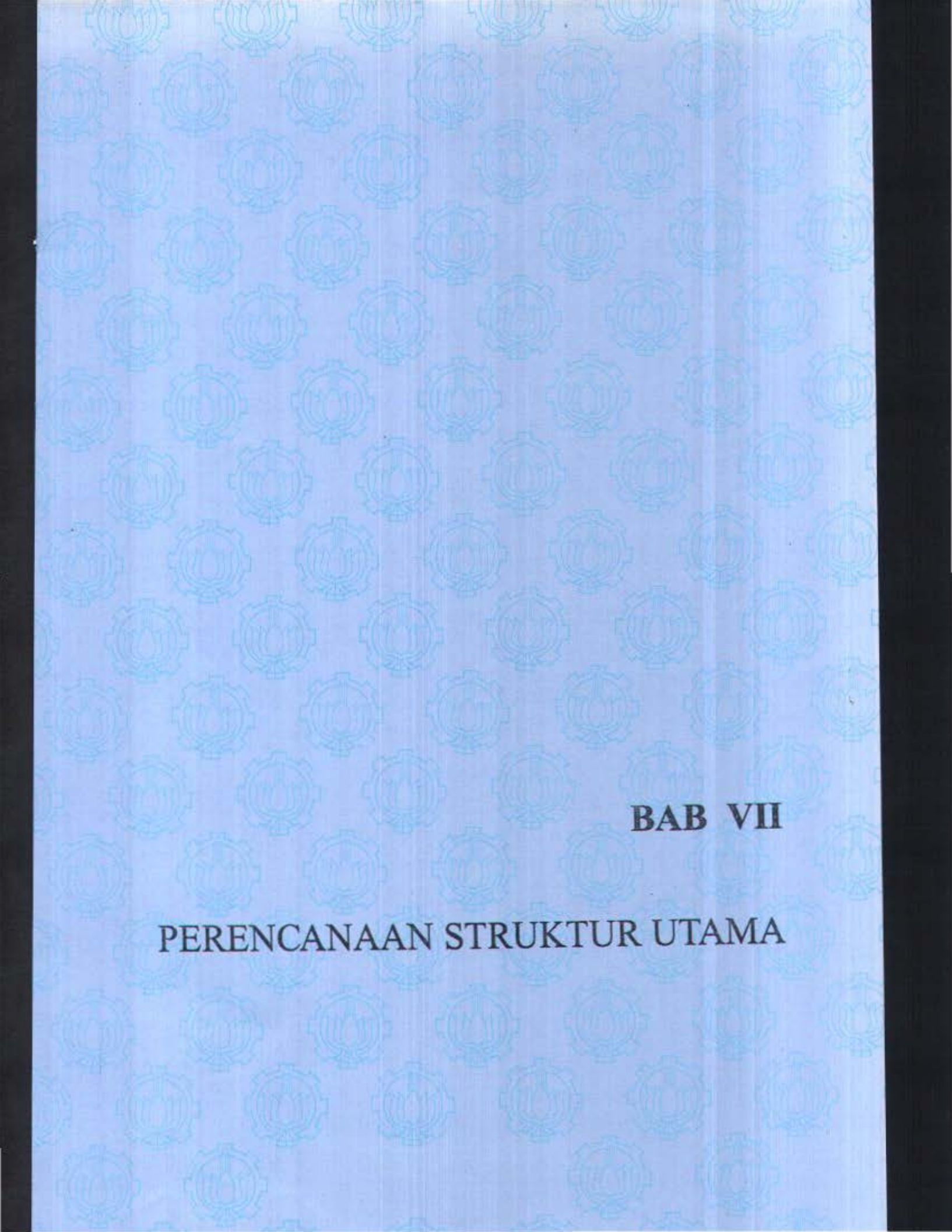
- Gempa arah Y

$$V_{dy} = 53382.2 \text{ kg}$$

karena $V_{dy} < 0.9 V_s$ maka beban gempa arah X pada analisa dinamis perlu dikalikan dengan faktor skala beban gempa :

$$n_y = \frac{0.9 V_{sy}}{V_{dy}} = \frac{971715.96}{53382.2} = 18.203$$

Maka beban - beban gempa pada analisa dinamis harus dikalikan dengan faktor skala sebesar 15.654 untuk gempa arah X dan 18.203 untuk gempa arah Y.



BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

7.1. PERENCANAAN BALOK INDUK

Pada perencanaan struktur gedung perkuliahan UK. PETRA ini balok yang dipakai adalah balok komposit yaitu balok pracetak dengan overtopping dari pelat pracetak. Dimana pada saat sebelum komposit balok berbentuk persegi dan memikul beban gravitasi selama pelaksanaan pengecoran pelat. Peninjauan bahaya guling perlu dilakukan selama pemasangan pelat. Setelah komposit, balok berbentuk T karena pelat menjadi satu kesatuan dengan balok.

Beban - beban yang dapat mempengaruhi gaya - gaya dalam yang terjadi pada balok adalah beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa yang bekerja pada balok. Gaya-gaya dalam yang terdiri dari gaya lintang, gaya normal dan momen diperoleh dengan bantuan paket program ETABS. Input data dan hasil deformasi dapat dilihat pada lampiran.

Perhitungan penulangan momen lentur, geser, dan momen torsi diambil sebagai contoh penitungan balok dengan bentang 7.2 m. Dan untuk hasil penulangan balok lainnya disajikan dalam bentuk tabel (Lampiran).

7.1.1. PENULANGAN ELEMEN BALOK

7.1.1.1. Penulangan Lentur Sebelum Komposit

Sebagai contoh adalah balok induk 0,40 x 0,75 x 7,2 m (balok interior) pada atap.

>Beban Mati

- Beban merata

$$\text{- Berat sendiri balok} = 0,4 \times 0,61 \times 2400 = 585,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat pelat} = 2400 \times 0,09 = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Gek} = 2 \times 1/4 \times q \times Lx = 2 \times 1/4 \times 216 \times 3,6 = 388,8 \text{ kg/m} +$$

$$\text{DL} = 974,4 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat

- Beban balok anak = $2400 \times 0,3 \times 0,5 \times 7,2 = 2592 \text{ kg}$

- Beban pelat trapezium = $4 \times 3,6 \times 356,4 = 5132,16 \text{ kg}$ +

PD = $7724,16 \text{ kg}$

➤ Beban Hidup

- Beban merata

- Beban plat segitiga = 100 kg/m^2

$Q_{ek} = 2 \times 1/4 \times 100 \times 3,6 = 180 \text{ kg/m}$

- Beban terpusat

- Beban plat trapezium = 100 kg/m^2

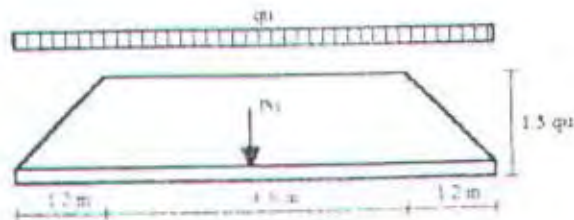
$P_{ek} = 2 \times 3,6 \times 165 = 1188 \text{ kg}$

Beban Ultimate : $q_u = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$

$= (1,2 \times 974,4 + 1,6 \times 180) = 1457,28 \text{ kg/m}$

$P_u = (1,2 \text{ PD} + 1,6 \text{ PL})$

$= (1,2 \times 7724,16 + 1,6 \times 1188) = 11169,79 \text{ kg}$



$R_A = 1/2 \times 1457,28 \times 7,2 + 11169,79/2 = 10831,104 \text{ kg} = R_B$

$M_u \text{ Lap.} = 1/2 \times 10831,104 \times 7,2 - 1/8 \times 1457,28 \times 7,2^2 = 29548,8 \text{ kgm}$

$= 2,96 \text{E}+8 \text{ Nmm}$

Untuk kondisi sebelum komposit direncanakan menggunakan tulangan tunggal :

- Tulangan tarik : $4 \phi 25$ ($A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$)

- Tulangan sengkang $\phi 12 \text{ mm}$

- Decking = $750 - 12 - 25/2 - 40 - 140 = 545,5 \text{ mm}$

Berdasarkan prinsip keseimbangan

$C_c = T$

$0,85 f_c' b w a = 1962,5 \times 400 = 785000 \text{ N}$

$a = T / (0,85 f_c' b w)$

$$= 785000 / (0,85 \times 29,18 \times 400) = 79,12 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi T(d-a/2)$$

$$= 0,8 \times 785000 \times (545,5 - 79,12/2)$$

$$= 3,177E+8 \text{ Nmm} \rightarrow M_u \text{ perlu} = 2,96E+8 \text{ Nmm}$$

7.1.1.2. Penulangan Lentur Setelah Komposit

Perhitungan gaya-gaya dalam setelah komposit diperoleh dari analisa struktur dengan program ETABS.

Gaya-gaya dalam yang diperoleh adalah sebagai berikut :

- Mut (tumpuan) = -2,31E+8 Nmm
- Mul (lapangan) = +1,86E+8 Nmm

Data perencanaan :

- Ukuran balok : 40/75
- Mutu beton : $f_c' = 29,18 \text{ MPa}$
- Mutu tulangan : $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Tulangan lentur : $\phi 25$
- Tulangan sengkang : $\phi 12$
- Bentang : 7,2 m
- Selimut beton (decking) : 40 mm

$$d = 40 + 12 + 25/2 = 64,5 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 750 - (40 + 12 + 25/2) = 685,5 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = L / 4 = 7200 / 4 = 1800 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_w + 16t = 400 + 16(140) = 2640 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 6400 \text{ mm}$$

dipilih nilai yang terkecil, $b_{\text{eff}} = 1800 \text{ mm}$

Penulangan yang dilakukan adalah penulangan ganda..

a. Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = -2,31E+8 \text{ Nmm}$$

$$\text{Direncanakan : } \rho' / \rho = 0,5$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2,31E8}{0,8 \times 1800 \times 685,5^2} = 1,536 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = 16,1271$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{16,127} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,127 \times 1,536}{400}} \right] = 0,00397 > \rho_{\min} = 0,0035$$

Rasio tulangan tarik (ρ) = 0,004

Rasio tulangan tekan (ρ') = 0,002 < ρ'_{\min} = 0,0035

maka dipakai $\rho = 0,004$ dan $\rho' = 0,0035$

Kebutuhan tulangan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004 \times 400 \times 685,5 = 1096,8 \text{ mm}^2$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 400 \times 685,5 = 959,7 \text{ mm}^2$$

dipakai Tulangan Tank $5 \phi 25$ ($As = 2453,125 \text{ mm}^2$)

Tulangan Tekan $3 \phi 25$ ($As = 1471,875 \text{ mm}^2$)

Kontrol Mu

$$Mn_{\text{perlu}} = 2,31E8 / 0,8 = 2,8875E8 \text{ Nmm}$$

$$Cc = T \cdot Cs$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot w \cdot a = As \cdot f_y - As' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot w \cdot a = (2453,125 \times 400) - 1471,875 \times (400 - 0,85 \times 29,18) = 429006,92$$

$$a = 429006,92 / (0,85 \times 29,18 \times 400)$$

$$= 43,24 \text{ mm} < d = 64,5 \text{ mm}$$

(Tulangan tekan belum leleh)

Mencari letak garis netral :

$$T = Cc + Cs$$

$$As \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot X + As' \cdot (f_c' - 0,85 \cdot f_c') \quad (1)$$

$$f_s' = E_s \cdot \epsilon_s ; \epsilon_s = \epsilon_{cu} \frac{(x-d')}{x} \quad (2)$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan diatas akan diperoleh persamaan kuadrat :

$$Ax^2 + Bx + C = 0$$

dimana harga-harga :

$$A = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b = 0,85 \times 29,18 \times 0,81 \times 400 = 8036,172$$

$$B = 0,003 \cdot As' \cdot E_s - 0,85 \cdot f_c' \cdot As' - As \cdot f_y$$

$$= 0,003 \times 1471,875 \times 2E+5 - (0,85 \times 29,18 \times 1471,875) - (2453,125 \times 400)$$

$$= -101792,74$$

$$C = -0,003 \cdot As' \cdot E_s \cdot d' = -0,003 \times 1471,875 \times 2E+5 \times 64,5 = -56961562,5$$

Dengan demikian letak sumbu netral penampang terhadap serat tekan terluar dapat dihitung

dengan rumus ABC :

$$X_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{(B^2 - 4AC)}}{2A}$$

Diperoleh harga $X = 90.762 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 X = 0,81 \times 90,7628 = 72,61 \text{ mm}$$

Dengan demikian :

$$C_c = 0,85 f_c b w a = 720377.724 \text{ N}$$

$$E_s = (90.762 - 64,5) / 90.762 \times 0.003 = 0.00067$$

$$C_s = A_s' (e_s + E_s - 0,85 f_c') = 219125.45 \text{ N}$$

$$M_n = C_s(d-d) + C_c(d-a/2)$$

$$= 219125.45 (685,5 - 64,5) + 720377.724 [685,5 - (90,762/2)]$$

$$= 5,972E+8 \text{ Nmm} > M_{n_{perlu}} = 2,8875E8 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

b. Penulangan Daerah Lapangan

Tulangan bawah (daerah momen positif, $M_u = 1,86E+8 \text{ Nmm}$)

Dengan cara yang sama, didapatkan

$$d = 685,5 \text{ mm} ; b_{\text{eff}} = 1800 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,24$$

$$\rho = 0,0032 < \rho_{\text{min}} = 0,0035 ; \rho' = 0,0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0035 \times 400 \times 685,5 = 959,7 \text{ mm}^2$$

Dipakai 3 D 25 ($A_s = 1471,875 \text{ mm}^2$) Baik untuk tulangan atas maupun bawah.

Kontrol M_u

Dianggap T palsu $T = C_c + C_s$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' b_{\text{eff}} a + A_s' (f_c' - 0,85 f_c)$$

$$a = (1471,875 \times 400 - 1471,875 (400 - 0,85 \times 29,18)) / (0,85 \times 29,18 \times 1800)$$

$$= 81,8 \text{ mm} < t \text{ pelat} = 140 \text{ mm} \quad (\text{Balok T palsu})$$

Dengan cara yang sama dengan cara diatas didapat $X = 80,455 \text{ mm}$

$$M_n = C_s(d-d) + C_c(d-a/2)$$

$$= 234019,1 (685,5 - 64,5) + 747230,917 (685,5 - (80,455/2))$$

$$= 6,33E+8 \text{ Nmm} > M_{n_{perlu}} = 1,86E+8 / 0,8 = 2,33E8 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

Kesimpulan

Penulangan sebelum komposit memerlukan tulangan yang lebih besar bila dibandingkan dengan penulangan setelah komposit, maka penulangan yang dipakai pada tumpuan berdasarkan penulangan setelah komposit yaitu tulangan atas (momen negatif) sebesar 5 ϕ 25 ($A_s = 2453,125 \text{ mm}^2$) dan pada daerah lapangan penulangan bawah sebesar 4 ϕ 25 ($A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$)

6.1.2. PENULANGAN GESER DAN TORSI

Dari data program struktur ETABS, diperoleh gaya-gaya dalam geser dan torsi :

$$V_u = 136620 \text{ N}$$

$$T_u = 1240 \text{ Nm} = 1,24\text{E}+6 \text{ Nmm}$$

a. Torsi maksimum yang mampu dipikul penampang

Dipilih yang terbesar dari :

$$\Sigma x^2 y = (400^2 \times 750) + (140 \times 1800^2) = 5,736\text{E}+8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} T_u \text{ batas} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{20} \Sigma x^2 y \\ &= \frac{0,6 \sqrt{29,18}}{20} 5,736\text{E}+8 \text{ mm}^2 \\ &= 9,295\text{E}+7 \text{ Nmm} > T_u = 1,24\text{E}+6 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Torsi diabaikan.} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan balok induk lainnya, apabila nilai torsi yang terjadi kurang dari nilai torsi batas (maksimum) yang mampu dipikul penampang, maka balok induk tidak memerlukan penulangan torsi.

b. Kebutuhan Tulangan Geser

Karena torsi yang terjadi lebih kecil dari torsi batas sehingga torsi diabaikan maka perhitungan sengkang hanya akibat bahaya geser.

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{6} b_w d \\ &= \frac{0,6 \sqrt{29,18}}{6} \times 400 \times 685,5 = 1,48\text{E}+5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c / 2 = 1,48\text{E}+5 / 2 = 7,4\text{E}+4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c + \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{3} b_w d &= 1,48\text{E}+5 + \left(\frac{0,6 \cdot \sqrt{29,18}}{3} \times 400 \times 685,5 \right) \\ &= 4,44\text{E}+5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s \text{ minimum} &= \phi / 3 \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 / 3 \times 400 \times 685,5 \\ &= 5,484\text{E}+4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c + \phi V_s \text{ min} = 1,48\text{E}+5 + 5,484\text{E}+4 = 20,284\text{E}+4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s \text{ maksimum} &= \frac{2\phi \sqrt{f_c'}}{3} b_w d \\ &= 0,6 \times 2/3 \times \sqrt{29,18} \times 400 \times 685,5 = 5,925\text{E}+5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c + \phi V_s \text{ max} &= 1,48\text{E}+5 + 5,525\text{E}+5 \\ &= 7,405\text{E}+5 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Kategori Desain Dan Syarat-Syarat

Sesuai dengan SKSNI T15-91 bahwa

1. $V_u \leq 0.5 \phi V_c$ → Tidak perlu tulangan geser
2. $0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$ → Perlu tulangan geser minimum

$$\phi V_s = \phi (1/3 \text{ MPa}) b_w d$$

$$A_v = \frac{b_w s}{3 f_y}$$

$$s \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

3. $\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \text{ min}$ Slablike Flexural members juga harus memenuhi persyaratan 2

4. $\phi V_c + \phi V_s \text{ min} \leq V_u \leq \phi V_c + \phi/3 \sqrt{f_c'} b_w d$

harus memenuhi

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$\text{tulangan } \phi V_s = \frac{\phi A_v f_y d}{s}$$

$$\text{untuk } \alpha = 90^\circ, s \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

5. $\phi V_c + \phi/3 \sqrt{f_c'} b_w d \leq V_u \leq \phi V_c + \phi/2/3 \sqrt{f_c'} b_w d$

Perbedaan dengan syarat 4 terdapat pada tegangan V_c dan jarak sengkang s.

6. $V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$

$$\text{tulangan } \phi V_s = \frac{\phi A_v f_y d}{s}$$

$$\text{untuk } \alpha = 90^\circ \rightarrow s \leq \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$$

catatan

$$\frac{\sqrt{f_c'}}{3} b_w d = \frac{\sqrt{29,18}}{3} \times 400 \times 685,5$$

$$= 4,94E+5 \text{ N} > V_s$$

Karena V_u yang terjadi = $13,66E4 \text{ N}$ maka berlaku SK SNI T-15-1991-03 Ayat 3.4.5 butir 2 bahwa balok induk untuk atap hanya memerlukan penulangan geser minimum (Persyaratan no 2)

Luas tulangan yang diperlukan : $A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} \cdot S = \frac{A_v \cdot 3 f_y}{b_w}$

Direncanakan sengkang tertutup $\phi = 12 \text{ mm}$, $A = 226,08 \text{ mm}^2$

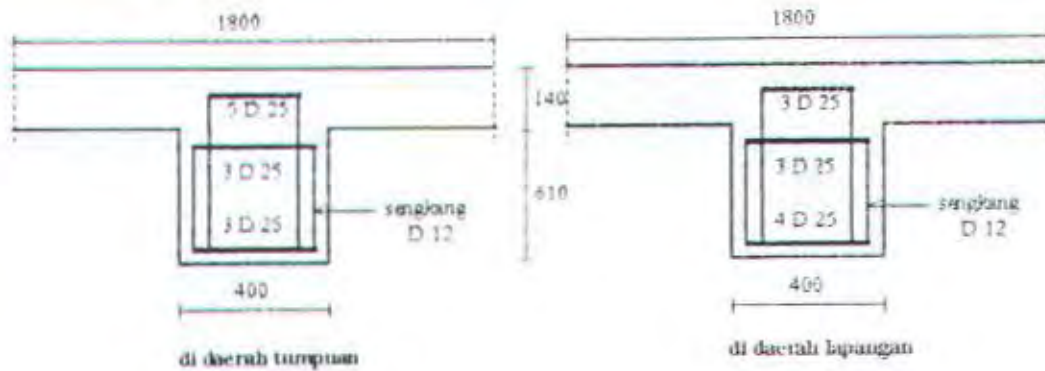
$$S = \frac{226,08 \times 3 \times 400}{400} = 678,24 \text{ mm}$$

jarak sengkang yaitu : $s \cdot \frac{d}{2} = 685,5/2 = 342,75 \text{ mm}$
 $s \leq 600 \text{ mm}$

Maka dipakai sengkang $\phi 12 - 300$

Catatan : jarak sengkang menyesuaikan pemasangan sebelum komposit.

Gambar penulangan :



6.1.3. PANJANG PENYALURAN

Pemutusan tulangan memerlukan panjang penanaman batang yang cukup. Menghitung panjang penyaluran tulangan tergantung kondisi batang tulangan tarik atau tekan. Apabila panjang penyaluran memerlukan ruang yang lebih dari ruang yang tersedia, maka tulangan ditanamkan dengan cara panjang penyaluran dengan kait. Pada perencanaan ini, penyaluran tulangan dengan menggunakan kait dengan sudut pembengkokan tulangan 90°. Penyaluran tulangan dengan kait efektif untuk tulangan yang mengalami tarik tetapi tidak efektif untuk tulangan yang mengalami tekan.

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L_{hb} &= \frac{100 \text{ db}}{\sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 Ayat 3.5.5 butir 2} \\
 &= \frac{100 \times 25}{\sqrt{29,18}} = 462,8 \text{ mm} \\
 L_{dh} &\geq L_{hb} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 Ayat 3.5.5 butir 3-1} \\
 &\geq 462,8 \\
 L_{dh} &\geq 8 \text{ db} = 8 \times 25 \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 Ayat 3.5.5 butir 1} \\
 &\geq 200 \text{ mm} \\
 L_{dh} &\geq 150 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 Ayat 3.5.5 butir 1}
 \end{aligned}$$

Maka

- Dipakai panjang penyaluran = $L_{dh} = 40 \text{ cm}$
- Jan-jan kait = $4 \text{ db} = 4 \times 25 = 100 \text{ mm}$ (ACI 318-83 M)
- Panjang kait lurus = $12 \text{ db} = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$ (ACI 318-83 M)

7.1.4. LENDUTAN

Pada 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 diperhitungkan apabila tebal balok memenuhi persyaratan tebal balok minimum pada tabel 3.2.5(a) SK SNI T-15-1991-03

Untuk balok pada dua tumpuan, tebal minimum yang dinyatakan adalah :

$$h_{min} = \frac{L}{16} \text{ (untuk } f_y \text{ 400 MPa)}$$

dimana :

L = panjang bentang

Diambil bentang terpanjang

- Balok 40 x 75 cm² dengan panjang 720 cm.
- $h_{min} = \frac{720}{16} = 45 \text{ cm} < 75 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK!}$

Maka kontrol terhadap lendutan tidak perlu dilakukan.

7.1.5. GULING

- Beban dari pelat :

- Berat sendiri pelat = $0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup pekerja = 100 kg/m^2

$q_u = 1,2 \times 336 + 1,6 \times 100 = 563,2 \text{ kg/m}^2$

- Berat balok anak = $2400 \times 0,3 \times 0,50 \times 7,2 = 2592 \text{ kg}$

- Beban horisontal :

- Pelat cast in place = $2400 \times 0,09 = 216 \text{ kg/m}^2$

Luas susut = $3,6 \times 7,2 = 25,92 \text{ m}^2$

Beban akibat susut = $0,3 \times 216 \times 25,92 = 1679,62 \text{ kg}$

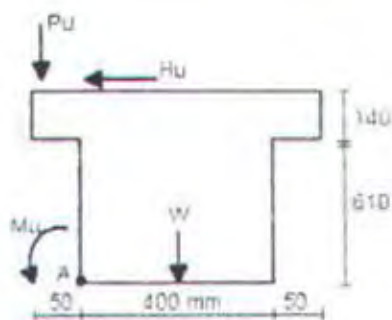
Luas segitiga pelat yang membebani balok = $2 \times 0,5 \times 3,6 \times 1,8 = 6,48 \text{ m}^2$

$M_u = 6,48 \times 563,2 \times 1,8 / 4 = 1642,29 \text{ kgm}$

$P_u = 1,2 \times 2592 = 3110,4 \text{ kg}$

- Untuk balok dengan bentang 7,2 meter :

$W = 2400 \times 0,4 \times 0,75 \times 7,2 = 5184 \text{ kg}$



Kontrol Guling:

$$F_s = \frac{M_{\text{penahan}}}{M_{\text{guling}}} > 1$$

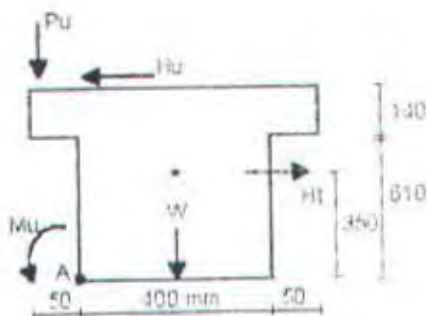
$$\begin{aligned} M_{\text{guling}} &= M_u + P_u (50/2) + H_u (750) \\ &= 1642290 + 3110.4 \times 25 + 1679.62 \times 750 \\ &= 2979765 \text{ kgmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{penahan}} &= (W \times 400) / 2 \\ &= 5184 \times 400 / 2 = 1036800 \text{ kgmm} \\ &= 1360800 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$F_s = 1360800 / 2979765 = 0.46$$

Jadi perlu penahan guling

Dipasang tulangan guling pada ketinggian 350 mm dari dasar balok. Tulangan ini ditahan oleh kolom.



$$\begin{aligned} M_{\text{guling}} &= 2979765 - 1360800 = 1618965 \text{ kgmm} \\ H_t \text{ tulangan} &= (1618965 / 350) / 2 = 2312.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk baja beton dengan U_{sk} :

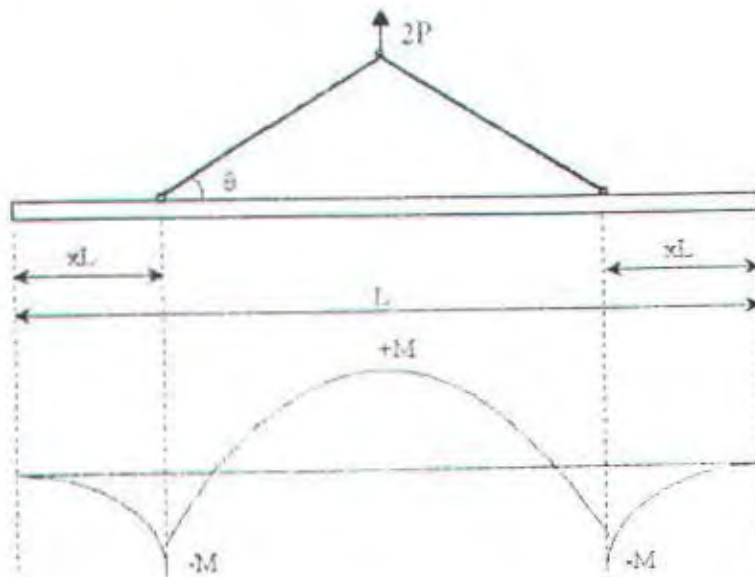
$$\begin{aligned}\sigma_{\text{geser}} &= 0,58 \times 4000 / 1,5 \\ &= 1546,67 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A \text{ tulangan guling} &\geq (2312,8 / 1546,67)^{0,5} \\ &\geq 1,22 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan guling $\phi 14$ ($A_s = 1,54 \text{ cm}^2$).

7.1.6. PENGANGKATAN

Untuk balok induk, pembuatan secara pracetak dilakukan di lokasi. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Tempat pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.

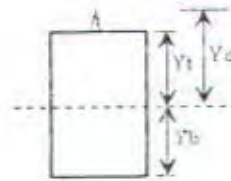


Berdasarkan PCI Design Handbook, dimana

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

$$-M = \frac{wL^2 x^2}{2}$$

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



Ketertipisan titik angkat = 5 cm

Balok Induk 40 x 75 cm (panjang 2 m)

Sebelum komposit $h_{\text{max}} = 750 - 140 = 610 \text{ mm}$

$$Y_t = Y_b = 30,5 \text{ cm}$$

$$I = (1/12) 40 \cdot 61^4 = 756603,33 \text{ cm}^4$$

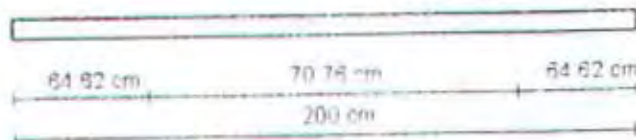
$$Y_c = Y_t + 5 = 35,5 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{(4 \times 35,5)}{(200 \times \tan 45)}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{35,5}{25} \left(1 + \frac{(4 \times 35,5)}{(200 \times \tan 45)} \right)} \right]} = 0,323$$

$$x \cdot L = 0,323 \times 200 = 64,62 \text{ cm}$$

- Beban pada balok induk

1. Berat sendiri : $0,40 \times 0,61 \times 2400 = 585,6 \text{ kg/m}^3$
2. Berat orang pekerja = 100 kg



MOMEN YANG TERJADI :

➤ Momen di Lapangan :

- Akibat beban mati

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

$$+M = 0,125 \times 585,6 \times 2^2 \left[1 - (4 \times 0,323) + \left(\frac{(4 \times 0,355)}{(2 \times \tan 45)} \right) \right]$$

$$= 585,6 \times 2 \times \left[1 - 1,292 + \frac{1,42}{2} \right] = 585,6 \times 2 \times \left[1 - 1,292 + 0,71 \right] = 585,6 \times 2 \times 0,418 = 491,2 \text{ kgm}$$

$$+M = 122.39 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup

$$+M = 0,5 \times P \times (L - (2 \times 646.2))$$

$$= 0,5 \times 100 \times (2 - 1.9) = 35.38 \text{ kgm}$$

- $+M_{\text{max}} = 122.39 + 35.38 = 157.77 \text{ kgm}$

Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = (157.77 \times 6) : (40 \times 61^2)$$

$$= 0.636 \text{ MPa} < \text{Tegangan ijin} = f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3.78 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

➤ Momen di Tumpuan :

$$-M = \frac{w \times L^2}{3}$$

$$= (0,5 \times 585.6 \times 0.6462^2) + (100 \times 0.6462) = 186.89 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = (186.89 \times 6) : (40 \times 61^2)$$

$$= 0.753 \text{ MPa} < \text{Tegangan ijin} = f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3.78 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

TULANGAN ANGKAT :

$$V_u = 1/2 \times [(1,2 \times 585.6 \times 0.7076) + (1,6 \times 100)] = 328.62 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps 2.2.2 , tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U40 adalah = $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi \text{ tulangan angkat} &\geq \sqrt{[(V_u/\sigma_{\text{tarik ijin}}) \times 4/\pi]} \\ &\geq \sqrt{[(328.62/2666.67) \times 4/\pi]} \\ &\geq 0,4 \text{ cm} \approx 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan angkat ϕ 6 mm

7.2. PERENCANAAN KOLOM

Pada subbab ini akan dibahas perencanaan penulangan dan pengontrolan lentur kolom, serta penulangan geser kolom.

Keapun buku referensi yang digunakan pada subbab ini adalah "Kursus Perhitungan Konstruksi Beton Bertulang Berdasarkan PB '89" oleh ITS, "Reinforced Concrete Design" oleh Chu Kai Wang dan Charles J. Salmon edisi 4, PB '89, dan grafik bantu interaksi M-N non dimensi.

7.2.1. 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 kelangsingan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar : $M_0 = P \cdot D$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan pada pasal-pasal dibawah ini.

7.2.2. 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 :

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (unbraced)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (braced)

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari tingkat penjepit ujung atas (m_A) dan tingkat penjepit ujung bawah (m_B) dimana tingkat penjepit ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan :

$$m = \frac{\sum EI / L_u \text{ kolom}}{\sum EI / L_u \text{ balok}}$$

dimana :

m = tingkat penjepit ujung kolom

EI/L_u = faktor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari nomogram atau grafik alignment dari Struktural Stability Research Council Guide dengan memasukkan nilai-nilai m_A dan m_B

tersebut sehingga didapatkan nilai k . Menurut SK SNI '91 psl.3.3.11.2/1, untuk braced frame, nilai k harus diambil sama dengan 1.

7.2.3. PEMBATASAN PENULANGAN KOLOM

SK SNI '91 psl.3.3.9.1 menyebutkan bahwa rasio penulangan kolom disarankan untuk tidak kurang dari 1 % tetapi tidak lebih dari 8 % dari luas bruto penampang kolom.
 $0,01 \leq \rho \leq 0,08$

Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkai (*creep*) yang terjadi pada beton, sedangkan pembatasan rasio tulangan maksimum didasarkan atas pertimbangan kesulitan pemasangan di lapangan.

Jumlah minimum batang tulang memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 6 buah untuk kolom dengan pengikat spiral.

7.2.4. 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 kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k L_n$) terhadap radius girasi (r):

$$\frac{k L_n}{r} < 34 + 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \quad M_2 > M_1$$

dimana

- nilai $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1$ (untuk unbraced frame)

dimana untuk kelengkungan tunggal, perbandingan $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ adalah positif, dan negatif untuk kelengkungan ganda.

- nilai r dapat diambil sebesar $\sqrt{I/A}$ atau,

0,3 h dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi

0,25d untuk kolom bulat (d = diameter kolom)

7.2.5. KOLOM PANJANG

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsingan besar akan menimbulkan lendutan 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 kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang harus diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.

7.2.6. FAKTOR PEMBESARAN MOMEN UNTUK KOLOM PANJANG

Didalam peraturan ACI, perhitungan dari pengaruh kelangsingan dapat didekati dengan menggunakan cara pembesaran momen, dimana jumlah dari momen primer dan sekunder dikalikan dengan suatu faktor pembesaran d.

SK SNI '91 psi.3.3.11.5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = d_b M_{2b} + d_s M_{2s} \dots\dots\dots \text{SKSNI psi.3.3.6}$$

dimana

M_c = Momen rencana kolom setelah diperbesar

M_{2b} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban gravitasi

M_{2s} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping seperti beban gempa, dsb.

$$d_b = \frac{C_m}{1 - P_u / \phi P_c} \geq 1 \quad (\text{SKSNI '91 pers.3.3.7})$$

$$d_s = \frac{C_m}{1 - \sum P_u / \phi P_c} \geq 1 \quad (\text{SKSNI '91 pers.3.3.8})$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 M_{1b} / M_{2b} > 0,4 \quad (\text{SKSNI '91 pers.3.3.12})$$

nilai M_{1b} / M_{2b} negatif untuk momen double curvature untuk unbraced frame $\rightarrow C_m = 1$

Menurut SKSNI '91 psi.3.3.11.5/1 untuk unbraced frame kedua nilai d_b dan d_s harus dihitung, sedangkan untuk braced frame, d_s harus diambil sebesar 1,0.

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k Ln)^2} \quad (\text{SKSNI '91 pers.3.3.8})$$

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta d} \quad (\text{SKSNI '91 pers.3.3.10})$$

$$\approx 0,3 E_c I_g \text{ (pendekatan)}$$

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

= 0,65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat)

Dalam perencanaan gedung ini, kolom dirancang sebagai unbraced frame karena tidak ada pengekangan goyangan ke samping struktur.

7.2.7. 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 dan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, W.C. Vic dan Gideon Kusuma.

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 vertikal dicantumkan nilai $\frac{P_u}{\phi A_{gr} 0,85 f_c'}$ dan pada sumbu horisontal dicantumkan nilai $\frac{P_u}{\phi A_{gr} 0,85 f_c'} \left(\frac{e_t}{h} \right)$.

Dalam et telah diperhitungkan harga eksentrisitas $e_t = M_u/P_u$, demikian pula dengan faktor pembesaran yang berkaitan dengan gejala tekuk. Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan dipetakan dalam bentuk grafik-grafik. Kemudian yang dibaca adalah nilai ρ . Tulangan yang diperlukan A_s tot ditentukan dengan $\beta \cdot \rho$, dimana β tergantung pada mutu beton. Nilai dari β ditunjukkan dalam grafik-grafik. Peralihan tegangan baja dalam tulangan dinyatakan pada daerah-daerah I s/d V. Nilai-nilai c/h dicantumkan dalam grafik-grafik, begitu pula pada peralihan tegangan baja.

Sedangkan untuk nilai-nilai ϕ diantara $P_u = 0,1 f_c' A_{gr}$ dan $P_u = 0$, boleh ditingkatkan dari $\phi = 0,65$ sampai $\phi = 0,80$. Untuk kolom yang dibebani tarik berlaku $\phi = 0,8$.

Tahapan perhitungan lentur dan penulangannya :

- Menentukan momen (M_n) terbesar M_{nox} atau M_{noy} untuk penampang persegi dengan tulangan yang disebar merata ke seluruh sisi.

$$M_{noy} = M_{ny} + M_{nx} \left[\frac{h}{b} \times \frac{(1-\beta)}{\beta} \right] \quad \text{untuk} \quad \frac{M_{ny}}{M_{nx}} > \frac{b}{h}$$

$$M_{nox} = M_{nx} + M_{ny} \left[\frac{b}{h} \times \frac{(1-\beta)}{\beta} \right] \quad \text{untuk} \quad \frac{M_{ny}}{M_{nx}} < \frac{b}{h}$$

β rata-rata untuk semua perencanaan disarankan = 0,65 (Salmon)

- Menentukan P_n terbesar
- Menentukan $e_t = \frac{M_u}{P_u}$
- Menentukan K_x dan K_y

$$K_x = \frac{P_u}{\phi A_{gr} 0,85 f_c'} \left(\frac{e_t}{h} \right) \quad \text{untuk sumbu absis (x)}$$

$$K_y = \frac{P_u}{\phi A_{gr} 0,85 f_c'} \quad \text{untuk sumbu ordnat (y)}$$

- Dengan diagram interaksi M-N akan didapatkan rasio tulangan kolom

- Memilih jumlah tulangan sesuai dengan A_{perlu} , dimana $A_{perlu} = \rho_{perlu} \cdot \beta \cdot h$ yang nantinya akan menghasilkan A_{ada} .
- Pengontrolan membandingkan P_n penampang dengan P_n yang terjadi.

$$P_n \text{ penampang} = 0,8 P_o$$

$$= 0,8 (0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{ada}) + A_{ada} \cdot f_y)$$

Bila P_n penampang > P_n yang terjadi \rightarrow kolom kuat I

Bila P_n penampang < P_n yang terjadi \rightarrow kolom tidak kuat I

7.2.8. PENULANGAN GESER 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 Appendix 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 sejauh d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam ps1.3.4, SKSNI '91.
- 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.

7.2.9. CONTOH PERHITUNGAN

Sebagai contoh dalam perhitungan diambil kolom lantai 1 dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Ukuran kolom $= 700 \times 700 \text{ mm}^2$

- Mutu beton f_c' = 29,18 MPa
- Mutu baja f_y = 400 MPa
- Decking (d) = 50 mm
- Bege = ϕ 12 mm
- Tulangan Utama = D25 \rightarrow $d = 50 + 12 + 0,5 \times 25 = 74,5$ mm
- $\mu = (h - 2 \cdot d) / h = (700 - 2 \cdot 74,5) / 700 = 0,795$
- Jarak-jarak girasi (r) = $0,3 h = 0,3 \times 700 = 210$
- Ukuran balok = 400×750 mm² $f_c' = 29,18$ MPa
- EI balok (EI_b) = $0,5 \times 4700 \sqrt{29,18} (400 \cdot 750^3 / 12)$
 $= 1,785E+14$ Nmm²
- Bentang balok = 7200 mm
- EI kolom (EI_c) = $0,3 E_c I_g$ (pendekatan)
 $= 0,4 \cdot 4700 \cdot \sqrt{29,18} (700 \cdot 700^3 / 12)$
 $= 1,524E+14$ Nmm²
- Panjang kolom = 3960 mm

Dan analisa ETABS didapatkan gaya-gaya pada kolom lantai 1 (kolom penampang persegi) sebagai berikut

➤ Momen Akibat beban gravitasi

arah x	arah y
- M1b = -0.19 kNm	- M1b = 5.07 kNm
- M2b = -5.72 kNm	- M2b = -2.95 kNm

➤ Momen akibat beban gempa

arah x	arah y
- M1s = -49.55 kNm	- M1s = 55.35 kNm
- M2s = 633.63 kNm	- M2s = 680.65 kNm

- Vu = 835.73 kN
- Pu = 5989.16 kN
- Tu = 4.66 kNm

Kontrol Kelangsingan Kolom

Kelangsingan kolom ditinjau dalam arah x dan arah y. Dimana kolom tidak ditahan terhadap goyangan ke samping (unbraced frame).

a. Faktor tekuk

• X- axis

Tingkat penjepitan ujung atas $\psi_A = \frac{2 \times 1.524 \times 10^4 / 3960}{1.785 \times 10^4 / 7200} = 3.105$

Tingkat penjepitan ujung bawah: $\psi_B = 1.0$ (ujung jepit)

• Y- axis

Tingkat penjepitan untuk axis Y sama dengan Axis X karena jenis balok dan kolom yang sama

Dari Diagram diperoleh harga $K = 1.5$

Nilai kelangsingan $= k L_u / r = 1.4 \times 3210 / 210 = 20.4$

Batas kelangsingan $= 22$

Nilai kelangsingan < batas kelangsingan, maka termasuk jenis kolom pendek. Jadi pengaruh tekuk dapat diabaikan.

Harga momen hasil perhitungan ETABS dapat langsung digunakan. Dipilih momen arah x dan arah y yang menentukan

$M_{2x} = 633.63 \text{ kNm}$

$M_{2y} = 680.65 \text{ kNm}$

Perhitungan titik absis dan ordinat pada diagram M - N

$f_c' = 29.18 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

$h = 700 \text{ mm}$

$M_{ux} = 633.63 + 680.65 \times 1 \times (1 - 0.65) / 0.65 = 1000.13 \text{ kNm}$

$M_{uy} = 680.65 + 633.63 \times 1 \times (1 - 0.65) / 0.65 = 1021.84 \text{ kNm}$

Dipilih harga yang menentukan yaitu 1021.84 kNm

$k_y = \frac{P_u}{A_g} = \frac{5.9988}{700^2} = 12.22$

$k_x = \frac{M_u}{A_g h} = \frac{10.2184 \times 10^3}{700^2 \times 700} = 2.98$

Dari diagram interaksi M - N didapat $p = 1.5\%$

Dipakai $p_{perlu} = 0.017$ (Untuk penambahan tulangan torsi longitudinal)

$A_s \text{ perlu} = 0.017 \times 700 \times 700 = 8330 \text{ mm}^2$

Dipasang 20D25 ($A_s = 9812.5 \text{ mm}^2$).

Cek Biaxial Bending Momen dengan Bresler Reciprocal Method

$M_{ux} = 1000.13 \text{ kNm}$

$M_{uy} = 1021.84 \text{ kNm}$

$P_u = 5989.16 \text{ kN}$

Perhitungan Pnx

Rasio tulangan sebenarnya $\rho_{ada} = 9812,5/700^2 = 2 \%$

$M_{ux}/(A_g \cdot h) = 1000,13E6/(700^2 \times 700) = 2,92$

Dengan bantuan diagram interaksi M - N didapat :

$k_x = P_{ux} / A_g = 15$, maka

$P_{ux} = 15 \times 700 \times 700 = 7350 \text{ kN}$

$P_{nx} = P_{ux} / \phi = 11307,7 \text{ kN}$

Perhitungan Pny

$M_{uy}/(A_g \cdot h) = 1021,84E6/(700^2) = 2,98$

Dengan bantuan diagram interaksi M - N didapat :

$k_y = P_{ny} / (A_g) = 15$

$P_{uy} = 15 \times 700 \times 700 = 7350 \text{ kN}$

$P_{ny} = 7350 / 0,65 = 11307,7 \text{ kN}$

$P_{nc} = 0,8 \phi [0,85 f_c' (A_g - A_s) + A_s \cdot f_y]$
 $= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 29,18 \times (700^2 - 9812,5) + 400 \times 9812,5]$
 $= 8234,247 \text{ kN}$

Kontrol : $P_{n \text{ ijin}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{P_{nc}} - \frac{1}{P_{nc}} \geq P_{n \text{ ada}}$
 $P_n = P_u / \phi = 5989,16 / 0,65 = 9214,1 \text{ kN}$
 $P_{nb} = \left(\frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{nc}} \right)^{-1}$
 $= \left(\frac{1}{11307,7} + \frac{1}{11307,7} - \frac{1}{8234,247} \right)^{-1}$
 $= 18041,8 \text{ kN} > P_n = 9214,4 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK!}$

Penulangan Geser dan Torsi

- $V_u = 835,73 \text{ kN}$
- $N_u = 5989,16 \text{ kN}$
- $T_u = 4,1 \text{ kNm}$
- $d = h - 50 - 12 - 0,5 \times 25 = 625,5 \text{ mm}$
- Tulangan geser = $\phi 12 \rightarrow f_y = 400 \text{ MPa}$
- $A_{v \text{ ada}} = 2 \pi / 4 \cdot 12^2 = 226,82 \text{ mm}^2$
- Batas $T_u = \phi 1/20 \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$
 $= 0,6 \cdot 1/20 \sqrt{29,18} \sum 700^3$
 $= 5,56E7 \text{ Nmm} > T_u \rightarrow \text{Torsi dapat diabaikan}$

Tulangan Torsi Longitudinal Minimum

$x_1 = 700 - 2 \times 50 - 12 = 588 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 - y_1 &= 700 - 2 \times 50 - 12 = 588 \text{ mm} \\
 - A_l \text{ min} &= \frac{bw}{3f_y} (x_1 + y_1) \\
 &= \frac{700}{3 \times 400} (588 + 588) = 686 \text{ mm}^2 \\
 \rho &= 686 / 700^2 = 0,0014
 \end{aligned}$$

Luas tulangan torsi yang dibutuhkan ini sudah diambilkan dari kelebihan tulangan utama sebesar $\rho = 0,002$, jadi tidak diperlukan tambahan tulangan longitudinal.

Sumbangan Kekuatan Geser Beton (pada daerah ujung)

$$\begin{aligned}
 0,5 \phi V_c &= 0,5 \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \\
 &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{29,18} \cdot 700 \cdot 625,5 \left(1 + \frac{3.286}{14 \cdot 700^2} \right) \\
 &= 173,42 \text{ kN} < V_u \rightarrow \text{Dibutuhkan tulangan geser} \\
 \phi V_c &= 2 \times 173,42 = 346,84 \text{ kN} \\
 \phi V_s \text{ min} &= 0,6 \times \frac{1}{3} b d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 700 \times 625,5 = 87570 \text{ N} \\
 \phi V_c + \phi V_s \text{ min} &= 346,84 + 87,57 = 434,41 \text{ kN} \\
 \phi \frac{3}{4} \sqrt{f_c'} bw d &= 0,6 \times \frac{3}{4} \sqrt{29,18} \times 700 \times 625,5 = 473,04 \text{ kN} \\
 2\phi \frac{3}{4} \sqrt{f_c'} bw d &= 2 \times 473,04 = 946,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

V_u yang terjadi memenuhi persyaratan :

$$\phi V_c + \phi \frac{3}{4} \sqrt{f_c'} bw d < V_u < \phi V_c + 2\phi \frac{3}{4} \sqrt{f_c'} bw d$$

$$819,88 \text{ kN} < V_u < 1292,92 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c = 835,73 - 346,84 = 488,89 \text{ kN}$$

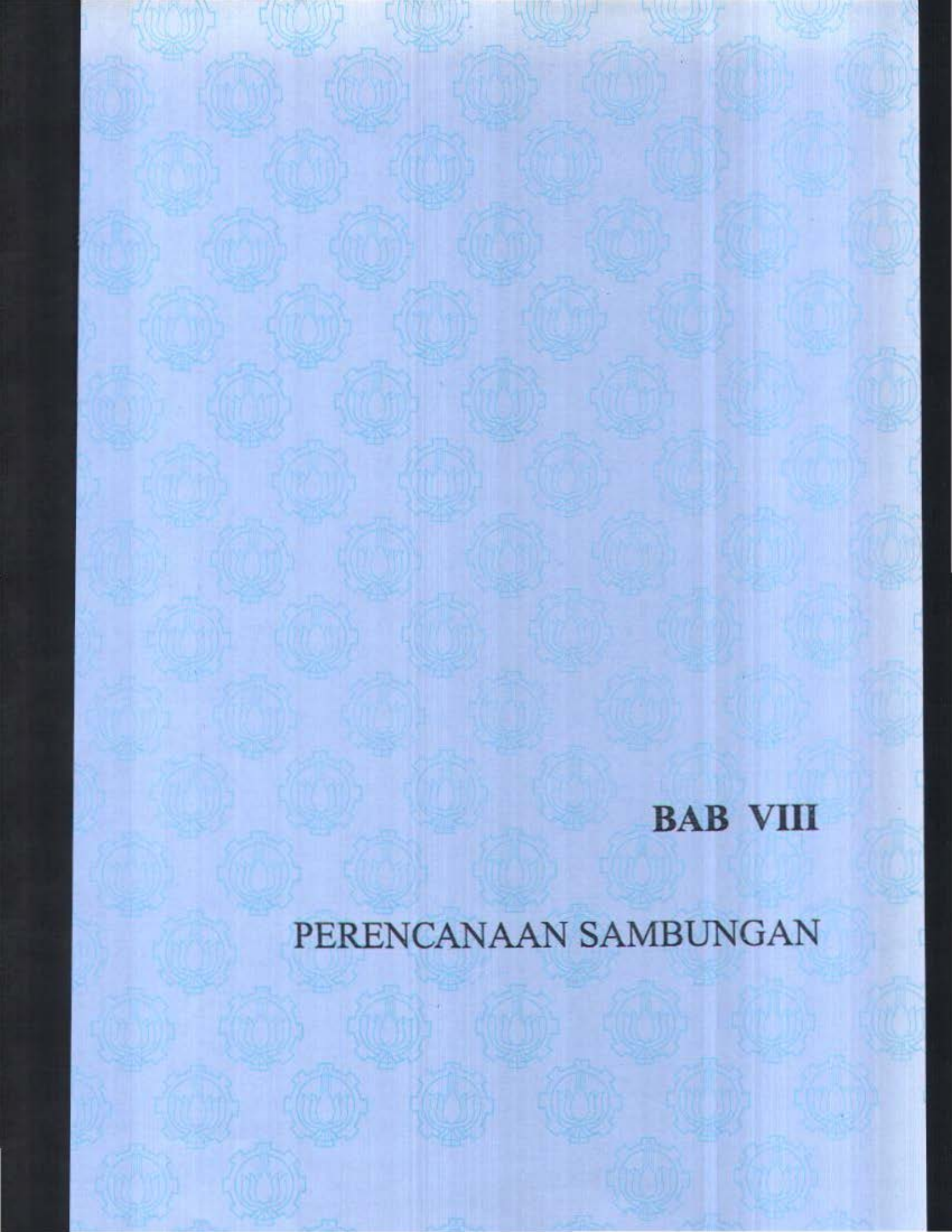
$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{226,82 \times 400 \times 625,5}{488892} = 116,08 \text{ mm}$$

Spasi maksimum :

- $S = (x_1 + y_1) / 4 = (588 + 588) / 4 = 294 \text{ mm}$
- $S = 10 \times \text{dameter tulangan utama} = 10 \times 25 = 250 \text{ mm}$
- $S = 24 \times \text{dameter begel} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$
- $S = d / 4 = 625,5 / 4 = 156,375 \text{ mm}$
- $S < 300 \text{ mm}$

Dipasang tulangan geser $\phi 12 - 100 \text{ mm}$.

Untuk bagian diluar daerah ujung kolom, tulangan geser dipasang $\phi 12 - 150 \text{ mm}$.



BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1. UMUM

Dalam perencanaan elemen pracetak sambungan berfungsi sebagai penghubung antara elemen yang satu dengan yang lainnya dan yang paling penting adalah sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur lainnya, gaya-gaya tersebut selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu, perencanaan sambungan dibuat untuk mendapatkan 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 segi ekonomis, selain itu juga ditinjau beberapa hal yaitu : kekuatan, serviceability dan produksi.

Faktor kekuatan 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 gempa dan kombinasi dan beban-beban tersebut.

8.2. KRITERIA PERENCANAAN SAMBUNGAN

Perencanaan sambungan beton pracetak harus memenuhi kriteria desain yang meliputi kekuatan, daktililitas, perubahan volume, keawetan, kesederhanaan dan ketahanan terhadap kebakaran.

8.2.1. KEKUATAN

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

8.2.2. DAKTILITAS

Duktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relatif struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami keruntuhan. Untuk material struktur, duktilitas diukur dengan deformasi total yang terjadi saat leleh awal terhadap leleh batas (ultimate failure).

Duktilitas pada portal sering digabungkan dengan ketahanan terhadap momen, hal ini dipakai dalam perencanaan gempa. Pada elemen sambungan, momen tegangan tarik lentur biasanya ditahan oleh komponen baja. Dan kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putus (rupture) pada baja, hancurnya beton atau kegagalan dari sambungan baja beton.

8.2.3. PERUBAHAN VOLUME

Kombinasi pemendekan rangkai, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen balok pracetak maupun pertetakan apabila ujung sambungan ditahan dan pergerakannya. Jadi akan lebih baik jika sambungan yang diijinkan untuk perpindahan tempat guna mengurangi tegangan tersebut. Dalam tugas akhir ini, kriteria diatas tidak dibahas.

8.2.4. KEAWETAN (DURABILITY)

Durability yang buruk sering disebabkan oleh korosi dari komponen baja beton pracetak yang terbuka dan tidak terlindung. Dapat juga diakibatkan oleh retak dan spalling beton. Oleh karena itu sambungan yang diperkirakan nantinya akan berhubungan langsung dengan cuaca perlu dilindungi beton atau cat/digalvanis. Dalam tugas akhir ini, kriteria diatas tidak dibahas.

8.2.5. KETAHANAN TERHADAP KEBAKARAN

Beberapa sambungan beton pracetak tidak mudah terpengaruh akibat api. Contohnya perietakan antara pelat dan balok secara umum tidak memerlukan perlindungan khusus terhadap api. Jika pelat diletakkan diatas bearing pads yang terbuat dari bahan yang tidak tahan terhadap kebakaran, maka kondisi terburuk dari pads tidak menyebabkan keruntuhan, jadi sesudah terjadi kebakaran harus diganti. Untuk sambungan yang tidak tahan api memerlukan perlindungan khusus seperti dengan pelapisan beton, gypsum atau bahan lain yang tahan api. Dalam tugas akhir ini, kriteria diatas tidak dibahas.

8.2.6. KESEDERHANAAN SAMBUNGAN

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin tinggi tingkat ke ekonomisan dari komponen beton pracetak tersebut. Kriteria-kriteria dalam penyederhanaan sambungan adalah

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

8.2.7. KESEDERHANAAN PEMASANGAN

Kecederhanaan pemasangan elemen balok pracetak sangat menentukan keberhasilan dalam mencapai tujuan penerapan konstruksi beton pracetak yaitu kecepatan pelaksanaan dan keekonomisan, dimana kecederhanaan pemasangan ini tidak lepas dari bentuk dan type sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin kemudahan dalam pemasangan.

8.3. KONSEP DESAIN SAMBUNGAN

8.3.1. MEKANISME PEMINDAHAN BEBAN

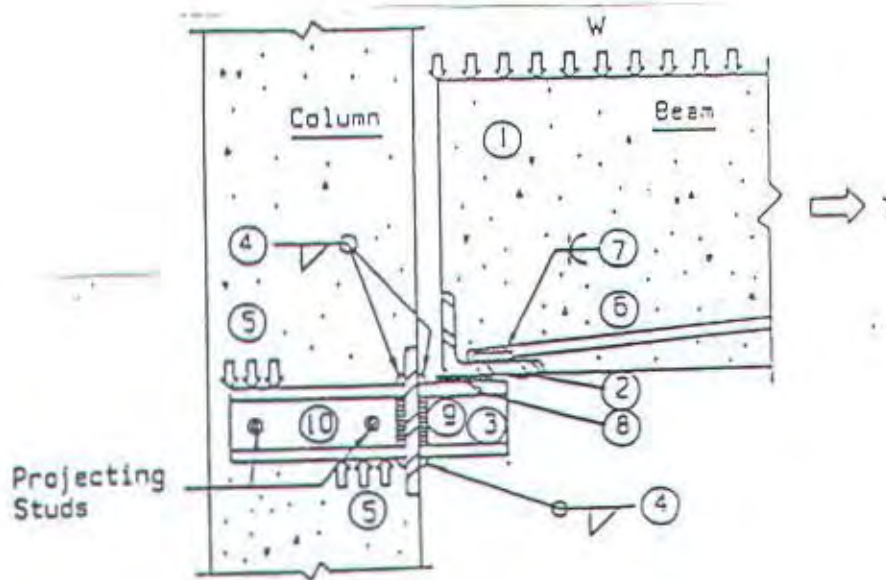
Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya, atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam.

Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti pada gambar 8.1 dimana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui beberapa tahap. Tahap itu adalah

- 1 Beban diserap balok dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser.
- 2 Perletakan ke haunch melalui gaya tekan pads.
- 3 Haunch menyerap gaya vertikal dan perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dan profil baja.
- 4 Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las, profil baja yang tertanam pada kolom beton menyerap gaya geser dan lentur melalui titik las.
- 5 Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik yang disebabkan oleh susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

6. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
7. Tulangan dengan baja siku dujung balok dikat dengan las.
8. Baja siku dujung balok ke haunch melalui gesekan diatas dan dibawah bearing pad
9. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
10. Sebagian kecil dari gaya tarik akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui ikatan / lekatan



Gambar 8.1. Mekanisme Pemindahan Beban

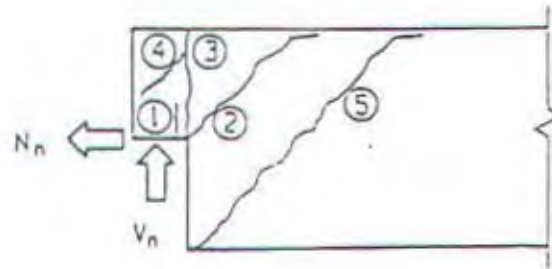
8.3.2. ANALISA DARI POLA KEHANCURAN

Dalam mempertimbangkan mekanisme transfer beban, setiap perancang perlu menguji pola-pola kehancuran yang akan terjadi. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata.

PCI Design Handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan dapped-end dan balok, yaitu :

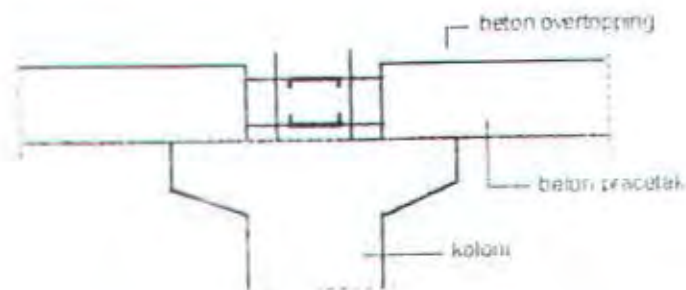
1. Lendur dan gaya tarik aksial pada ujung.
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung.

3. Geser langsung antara tonjolan dengan bagian utama balok.
4. Tank diagonal pada ujung akhir.
5. Penetakan pada ujung / tonjolan.



Gambar 8.2. Pola-pola kehancuran pada ujung balok.

Dalam tugas akhir ini, penulis merencanakan sistem balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pancapaian kekuatan penyambungan sebelum komposit (seperti gambar 8.3), sehingga mencapai kekuatan sambungan yang benar-benar monolith.



Gambar 8.3 Balok pracetak menumpu pada konsol pendek.

8.3.3. STABILITAS DAN KESEIMBANGAN

Beberapa masalah utama pada struktur beton pracetak biasanya disebabkan oleh kesalahan perancang 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 memperhitungkan kondisi pada saat pemasangan balok tersebut.

Pada kenyataannya struktur balok pracetak, diinginkan agar stabilitas lateral diptakan oleh shearwall atau bracing atau lebih jauh lagi oleh portal tahan momen. Gaya lateral didistribusikan kesetiap bagian struktur lateral melalui aksi diafragma dari pelat lantai.

8.4. PROSEDUR DESAIN SAMBUNGAN

8.4.1. TRANSFER GAYA GESER HORIZONTAL

Mekanisme dan transfer gaya geser horisontal dihiung berdasarkan besarnya gaya geser yang dipindahkan melalui permukaan temu. ACI 318.83 mengusulkan dua metode alternatif untuk merencanakan transfer gaya horisontal, yaitu :

- 1 Perencanaan berdasarkan pada gaya geser berfaktor vertikal pada penampang yang ditinjau.
- 2 Perencanaan berdasarkan pada kekuatan geser friksi pada bidang temu dimana kekuatan geser tersebut mampu menjamin perubahan aktual gaya tekan / tarik yang terjadi pada penampang yang ditinjau.

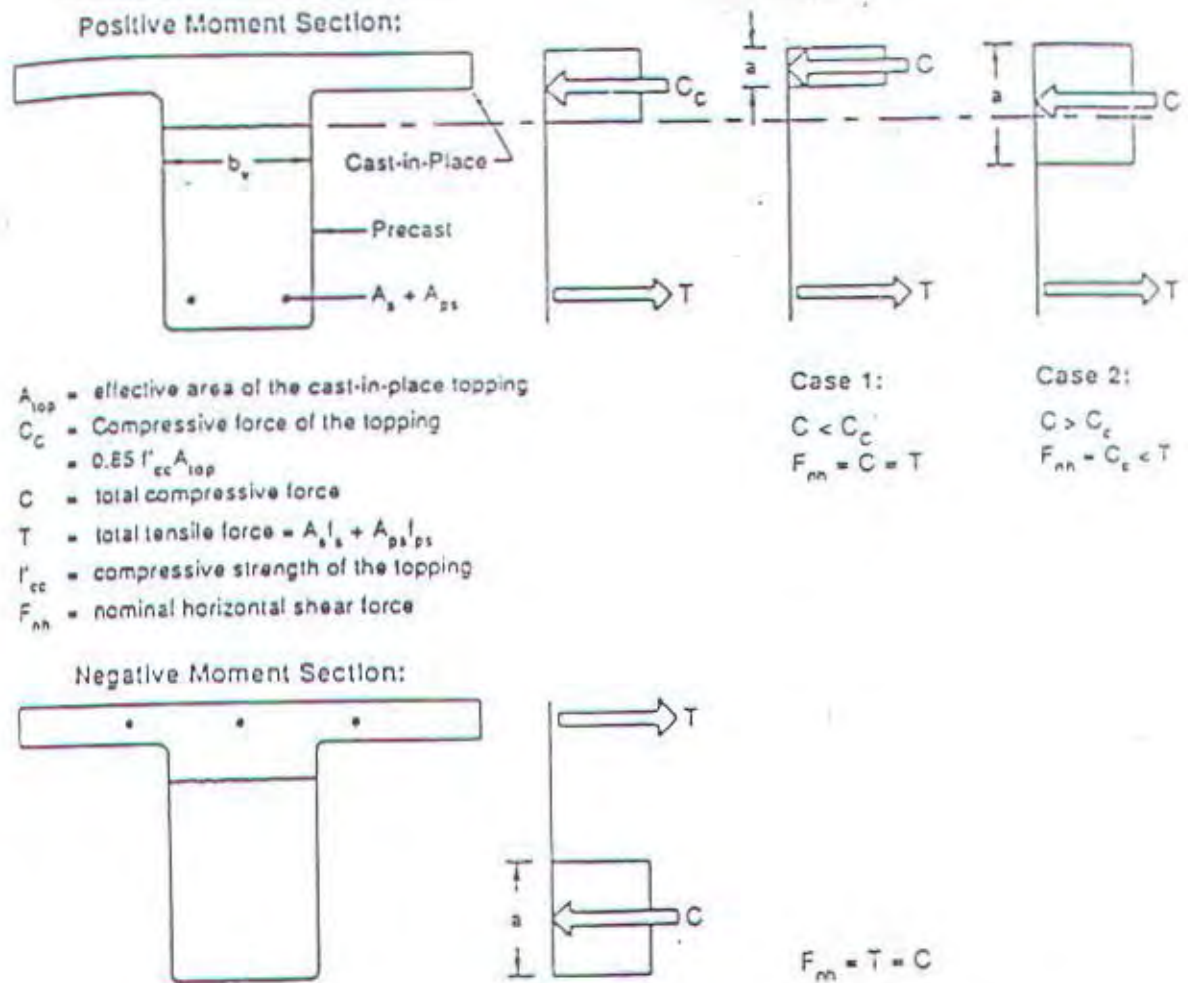
Dalam perencanaan ini dipakai metoda yang kedua, karena lebih mendekati kenyataan, dimana dasar desain :

$$F_{uh} \leq \phi F_{nh}$$

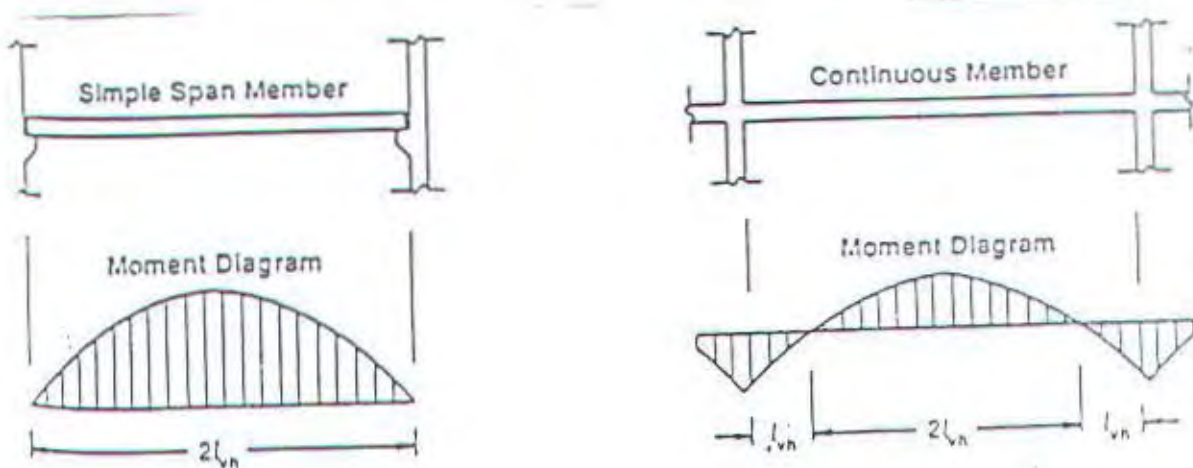
dimana : F_{uh} = gaya geser horisontal berfaktor

F_{nh} = kekuatan geser horisontal

$$\phi = 0,65$$



Gambar 8.4. Horizontal Shear In Composite Member



Gambar 8.5. Shear Transfer Length

Menurut SK SNI 1991 pasal 3.10.5 ada tiga kasus yang mungkin terjadi, yaitu :

1 $V_{nh} \leq 0,6 b_v \cdot l_{vh}$

Permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna dan cengaja dikasarkan. Atau tidak cengaja dikasarkan tetapi diberi sengkang pengikat minimum sesuai SK SNI T-15-1991 3.10.6.

2 $0,6 b_v \cdot l_{vh} \leq V_{nh} \leq 2,5 b_v \cdot l_{vh}$

Permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna dan cengaja dikasarkan sehingga mencapai tingkat kekasaran dengan amplitudo ± 5 mm diberi sengkang minimum sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 3.10.6

3 $V_{nh} \leq 2,5 b_v \cdot l_{vh}$

Permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna perencanaan untuk geser horisontal harus dikerjakan sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 3.10.6 yaitu :

- kuat geser nominal maksimum yang didasarkan pada beton adalah :

$1,2 f_c' b_v l_{vh}$ atau $5,5 b_v l_{vh}$ dalam Newton. Jadi dengan kata lain :

$$F_{nh \max} = 1,2 f_c' b_v l_{vh}$$

- Luas tulangan geser horisontal dapat dihitung dengan persamaan : $A_{vf} = \frac{V_{nh}}{\mu f}$

dimana

A_{vf} = Luas Tulangan geser horisontal

V_{nh} = Gaya geser horisontal nominal

m = 1 x l untuk komposit

μ = 1,0 untuk beton normal

= 0,95 untuk beton pasir ringan

= 0,75 untuk beton ringan

f_y = tegangan leleh tulangan

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

$$S = L_{vh} \cdot A_{be} / A_{vf}$$

$S_{\max} = 4 \times$ dimensi terkecil elemen yang didukung

$$= 600 \text{ mm}$$

Penulangan geser minimum :

$$A_{vf} (\min) = b_v l_{vh} / 3 f_y$$

8.4.2. 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 beban, maka perlu dilakukan pememsaan bearing on plain concrete. Menurut SK SNI T-15-1991, daya dukung dari plain concrete adalah :

$$\phi V_n = \phi C_r (0,85 f_c' A_1) \sqrt{A_2/A_1} \leq 2 f_c' A_1$$

dimana :

$$\phi = 0,7$$

$$C_r = 1 s \leq 200 (kN/m^2)$$

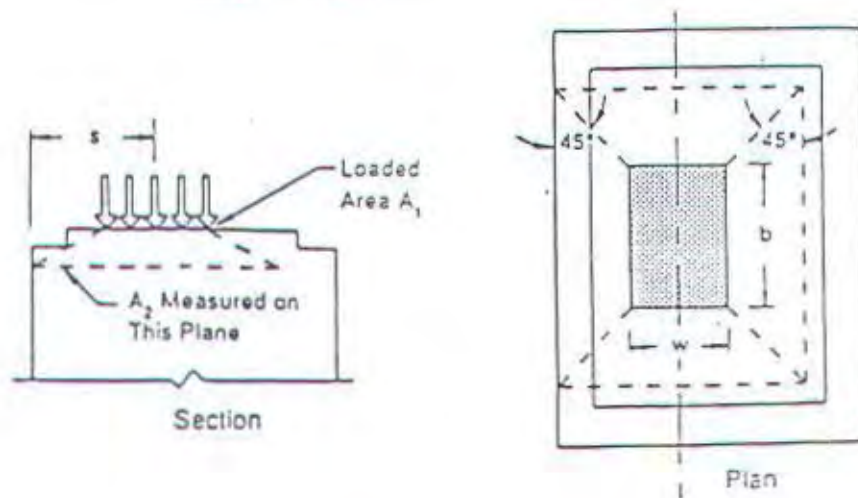
= 1,0 bila tidak ada gaya horisontal yang berarti

A_1 = Luas permukaan beton yang mendukung beton

A_2 = Luas proyeksi permukaan A_1

Batas bearing strength adalah ,

$$\phi V_c = 0,85 f_c' b w$$



Gambar 8.6. Bearing On Plain Concrete

8.4.3. 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 vertikal $\theta = 0^\circ$

2. Hitung tulangan horisontal

$$A_t = A_vf + A_n = V_u / (f_m f_y) + f_l u (f f_y)$$

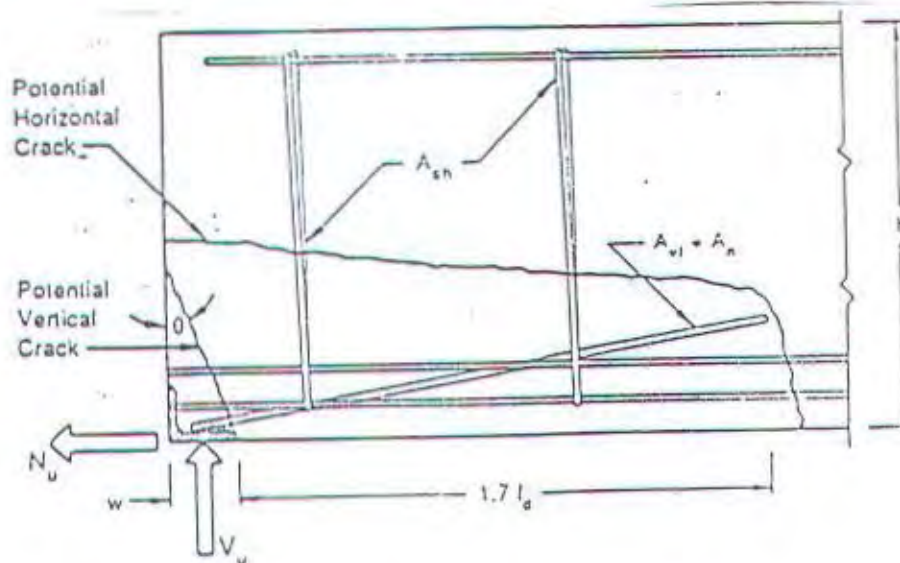
Catatan :

Bila A_t ditanamkan seperti gambar 8.6, maka sudut penanaman adalah 15° , seperti yang disarankan pada referensi. Sedangkan nilai m diambil secara konservatif

$$m = 1,4 \lambda = 1,4 \times 1,0 = 1,4$$

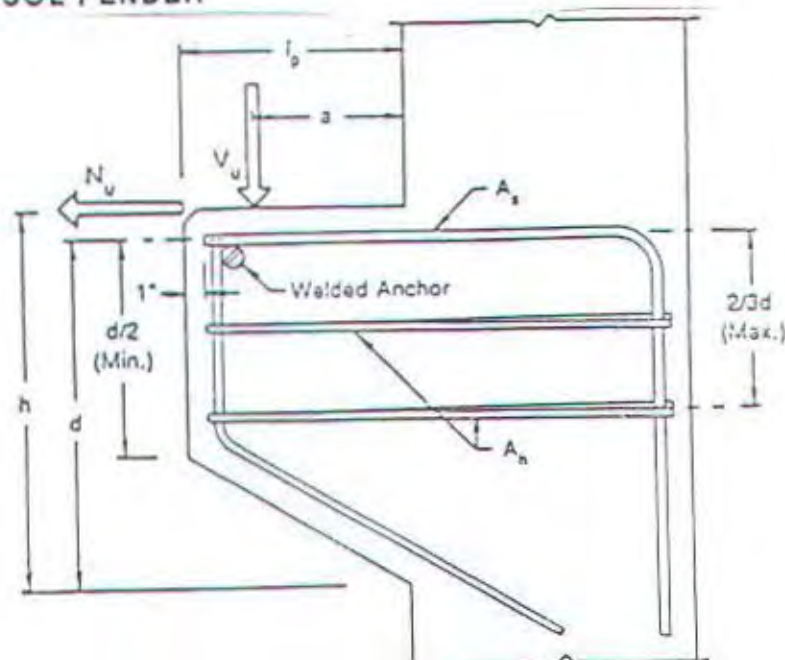
Sedangkan nilai $\phi = 0,6$ untuk A_{vf} , dan $\phi = 0,8$ untuk A_n

Hitungan tulangan sengkang A_{sh} untuk retak horisontal, $A_{sh} = (A_t \cdot f_y) / (m \cdot f_y)$



Gambar 8.7 Reinforced Concrete Bearing

3.4.4. KONSOL PENDEK



Gambar 8.8. Desain Korbel

Desain penulangan korbel harus diadakan pengecekan terhadap lentur, aksial tarik, geser langsung dan bearing seperti pada dapped end. Luas tulangan utama A_s (SKSNI T-15-1991-03 3.4.9) harus diambil yang lebih besar antara :

$$A_s = A_f + A_n = (1/\phi, f_y) \times [2 V_u/(a/d) + N_u (h/d)] \text{ atau}$$

$$A_s = (2/3) A_{vf} + A_n = (1/\phi, f_y) \times [2 V_u/(3m_e) + N_u]$$

dan tidak boleh lebih dari

$$A_s (\text{min}) = 0,04 (f_c' / f_y) b \cdot d$$

Sebagai tambahan, sejumlah sengkang ikat dengan luas total A_h harus disebarikan secara merata dalam batas $2/3$ tebal efektif

$$A_h (\text{min}) = 0,5 (A_s - A_n)$$

dimana : $A_n = N_u / (\phi, f_y)$

Menurut PB 89 pasal 11.9.3.2.1 untuk beton normal beban geser V_u tidak boleh diambil lebih dari

$$V_u (\text{max}) = \phi 0,2 f_c' b_w d \quad \text{ataupun}$$

$$V_u (\text{max}) = \phi 5,5 b_w d$$

8.4.5. PENULANGAN STUD BALOK INDUK

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

Sebagai pendekatan, panjang balok yang mentransfer gaya geser permukaan ditentukan seperti pada gambar 8.5. Sebagai contoh, perhitungan diambil dari contoh balok dengan bentang 7.2 m. Pada bentang tersebut panjang permukaan geser horisontal $L_{vh} = 7200/4 = 1800 \text{ mm}$

Penulangan geser didaerah tumpuan

Sejarak 0 $L_{vh} = 1800 \text{ mm}$

Tulangan atas = 5 ϕ 25 ($A_s = 2453,13 \text{ mm}^2$)

Tulangan bawah = 3 ϕ 25 ($A_s = 1742,6 \text{ mm}^2$)

$$F_{nh} = T = A_s \times f_y = 2453,13 \times 400 = 981250 \text{ N}$$



$$0,6 \cdot b_v \cdot L_v h = 0,6 \times 400 \times 1800 = 432000 \text{ N} < F_{nh} (981250 \text{ N})$$

$$2,5 \cdot b_v \cdot L_v h = 2,5 \times 400 \times 1800 = 1800000 \text{ N} > F_{nh} (942477,8 \text{ N})$$

Jadi termasuk kasus dua, dengan syarat yang diminta adalah permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan beton yang tidak berguna dan pengaja dikasarkan dengan amplitudo $\pm 5 \text{ mm}$ dan harus dipasang pengkang minimum :

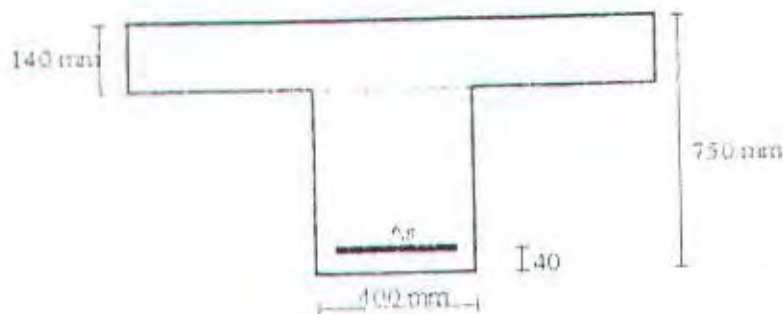
$$\begin{aligned} A_{vf} (\text{min}) &= b_v \cdot L_v h / 3f_y \\ &= (400 \times 1800) / (3 \times 400) \\ &= 600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai pengkang pengikat $\phi 8$ ($A_{tie} = 2 \times 50,2 = 100,4 \text{ mm}^2$) dengan jarak

$$\begin{aligned} S &= L_v h \cdot A_{tie} / A_{vf} \\ &= 1800 \times 100,4 / 600 = 301,2 \text{ mm} \\ S_{\text{max}} &= 4 \times 1 \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm (SNI T-15-1991 3 10 6 1)} \\ &= 4 \times 140 = 560 \text{ mm} > 301,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang pengkang pengikat $\phi 8 - 300 \text{ mm}$.

Penulangan geser didaerah lapangan



Jarak = 1500 mm

Tulangan atas = 3 D 25 ($A_p = 1472,5 \text{ mm}^2$)

Tulangan bawah = 4 D 25 ($A_b = 1962,5 \text{ mm}^2$)

$$F_{bh} = T = A_b \cdot f_y = 1962,5 \times 400 = 785000 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot \rho_v \cdot L_v h = 0,6 \times 400 \times 1800 = 432000 \text{ N} < F_{bh} (785000 \text{ N})$$

$$2,5 \cdot \rho_v \cdot L_v h = 2,5 \times 400 \times 1800 = 1800000 \text{ N} > F_{bh} (785000 \text{ N})$$

Jadi termasuk kasus dua, dengan syarat yang diminta adalah permukaan temunya berdin dan bebas pancerpinan beton yang tidak berguna dan sengaja dkasarkan dengan amplitudo $\pm 5 \text{ mm}$ dan harus dipasang bengkok minimum :

$$\begin{aligned} A_{vf} (\text{mm}^2) &= \rho_v \cdot L_v h / 3f_y \\ &= (400 \times 1800) / (3 \times 400) \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai bengkok pengikat $\phi 8 \cdot e_{be} = 2 \times 50,2 = 100,4 \text{ mm}^2$

dengan jarak

$$\begin{aligned} S &= L_v h \cdot A_{be} / A_{vf} \\ &= 1800 \times 100,4 / 600 = 301,2 \text{ mm} \\ S_{\text{maks}} &= 4 \times 1 \text{ pelat} = 600 \text{ mm (SK SNI T-15-1991)} \\ &= 4 \times 140 = 560 \text{ mm} < 301,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipasang bengkok pengikat $\phi 8 \cdot 300 \text{ mm}$

8.5. JENIS SAMBUNGAN

Dalam modifikasi struktur gedung perkuliahan dan studio U.K. Petra Surabaya ini penuta merencanakan berbagai macam sambungan sebagai berikut :

1. Sambungan kolom dengan pondasi
2. Sambungan kolom dengan kolom
3. Sambungan balok induk dengan balok anak
4. Sambungan kolom dengan balok induk
5. Sambungan balok induk dengan pelat

8.6.1. SAMBUNGAN KOLOM DENGAN PONDASI

Gaya-gaya maksimum yang bekerja :

$$M = 6806500 \text{ kg cm}$$

$$P = 601400 \text{ kg}$$

Bahan pondasi dan beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$, Tegangan ijin beton = 11.67 MPa

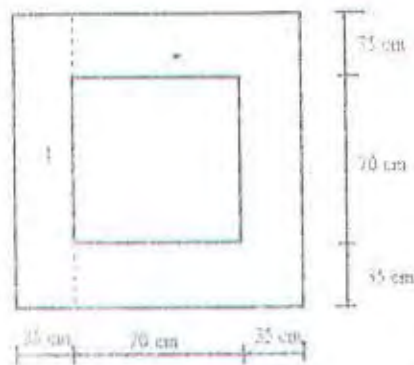
Dimensi kolom : $70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$

Beda plate yang digunakan

$$\text{panjang} = 140 \text{ cm}$$

$$\text{lebar} = 140 \text{ cm}$$

$$\text{mutu } (f_y) = 400 \text{ MPa } (f_s = 400/1.5 = 266.67 \text{ MPa})$$



Kontrol terhadap σ_{beton}

$$P/A = M/W < \sigma_{beton}$$

$$\frac{601400}{(140 \times 140)} = \frac{6806500}{\frac{1}{4} \times 140 \times 140^2} = 45.57 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{beton} = 116.7 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Menentukan tebal pelat :

Daerah 1

Dititung sebagai kantilever

$$M = 0.5 q l^2 = 0.5 \times 50 \times 35^2 = 30625 \text{ kg.cm}$$

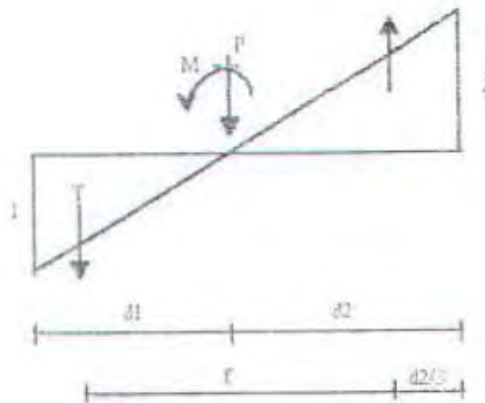
Tegangan pada pelat baja

$$\sigma = \frac{6M}{t^2} < \sigma_{pelat}$$

$$t = \sqrt{\frac{6M}{\sigma_{pelat}}} = \sqrt{\frac{6 \times 30625}{36067}} = 8.3$$

Dipakai pelat dengan tebal 9 cm.

Menentukan jumlah baut :



$$\sigma_1 = -P/A + M/W$$

$$= \frac{-601400}{140 \times 140} + \frac{6806500}{\frac{1}{8} \times 140 \times 140^2} = 15.8$$

$$d_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2} \times (d_1 + d_2)$$

$$= \frac{15.8}{15.8 + 45.57} \times 140 = 36.04 \text{ cm}$$

$$\sigma_2 = P/A + M/W$$

$$= \frac{601400}{140 \times 140} + \frac{6806500}{\frac{1}{8} \times 140 \times 140^2} = 45.57$$

$$d_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} \times (d_1 + d_2)$$

$$= \frac{45.57}{15.8 + 45.57} \times 140 = 103.96 \text{ cm}$$

$$f = (d_1 + d_2) \cdot d_1/3 - d_2/3$$

$$= 140 - 36.04/3 - 103.96/3 = 93.33 \text{ cm}$$

$$C = (d_1 + d_2)/2 - d_2/3$$

$$= 140/2 - 103.96/3 = 18.02 \text{ cm}$$

$$T = (M + P \cdot c)/f$$

$$= \frac{6806500 + 601400 \times 18.02}{93.33} = 189046.695 \text{ kg}$$

Dipasang 5 baut untuk satu sisi, gaya 1 baut $189046.695 / 5 = 37809.339 \text{ kg}$

Dengan mutu baut $f_y = 400 \text{ MPa}$ maka diameter Baut $\frac{37809.339}{0.25 \times \pi \times d^2} \leq 2666.7$; $d = 4.24 \text{ cm}$

Dipakai baut diameter 45 mm.

Kontrol terhadap cacub :

$$\frac{f}{A} < T_{\text{baut}} \quad A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L = 2 \times 3.14 \times (4.5/2) \times L = 14.44L$$

Menurut SNI T 15 - 1991-3 5.5 untuk angker dengan kait standart memerlukan panjang penanaman sebesar :

$$L_{hb} = 100 \text{ db} / \sqrt{f_c}$$

$$= 100 \times 45 / \sqrt{35} = 760.63 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penanaman 77 cm.

Jadi untuk base plate $140 \text{ cm} \times 140 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$, dipasang 5 baut pada tiap sisi dengan jarak antar baut 24.5 cm.

8.5.2. PERENCANAAN SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

Perencanaan sambungan antar kolom direncanakan berdasarkan kekuatan beban aksial serta geser yang terjadi pada kolom.

Gaya-gaya yang diperhitungkan:

$$P = 6014000 \text{ N}$$

$$V_x = 520190 \text{ N}$$

$$V_y = 840240 \text{ N}$$

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d = b \times d \times \left(1 + \frac{N_u}{144b} \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{29,18} \times 700 \times 625,5 \times \left(1 + \frac{6014000}{14 \times 700^2} \right) \\ &= 1471,293 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi \frac{V_c}{2} = 0,6 \times 1471,293 / 2 = 441,387 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 1471,293 = 882,776 \text{ kN}$$

Karena $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

Untuk penyambungan geser kolom digunakan sengkang diameter 12

$$s = \frac{A_v \times s \times V}{b \times w} = \frac{376,16 \times 1 \times 400}{700} = 387,57 \text{ mm}$$

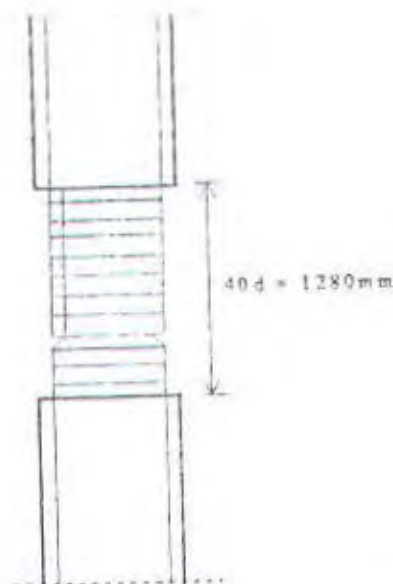
Jarak sengkang maximum yang disyaratkan seperti dalam SKSNI 3-14.9.6

$$s_{\text{max } 1} = h/2 = 700/2 = 350 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max } 2} = 10 \phi_{\text{long}} = 10 \times 32 = 320 \text{ mm}$$

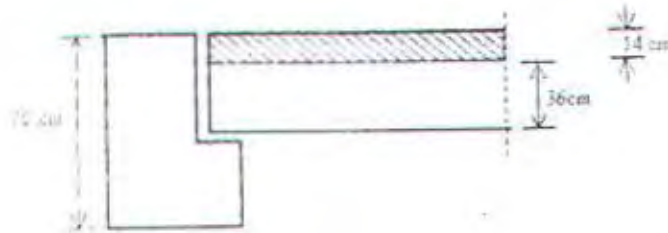
$$s_{\text{max } 3} = 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan geser $\phi 12 - 200 \text{ mm}$



8.5.3. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN BALOK ANAK

Perthitungan sambungan balok anak dan balok induk :



Gambar 8.9. Tumpuan balok anak pada balok induk

Desain geser

Diketahui :

- $\phi = 0,65$
- $\lambda = 1$ (beton normal)
- $f_c' = 29,18$ MPa
- $f_y = 400$ MPa

Dimensi konsol :

- $h = 450$ mm
- $d = 410$ mm
- $l = 300$ mm
- $b = 350$ mm
- $a = 10$ cm

Gaya - gaya yang terjadi pada penempatan antara balok anak dan balok induk adalah berat sendiri dari balok anak dan beban plat yang menumpu pada balok anak .

Untuk balok anak pada atap

- Berat balok anak = $0,3 \times 0,36 \times 2400 \times 1,2 = 311,68$ kg/m'
- Berat plat = $2 \times 774,4 = 1548,8$ kg/m' +
 Beban mati = $1860,48$ kg/m'
- Beban hidup plat = $165 \times 2 = 330$ kg/m'

Maka V_u yang terjadi

$$V_u = (1860,48 + 330) \times 7,2/2 = 7885,8 \text{ kg}$$

$$M_u = 0.2 \times V_u$$

$$= 0.2 \times 7885.8 = 1577.2 \text{ kg}$$

$$M_u = V_u a + M_u (h - d)$$

$$= 7885.8 \times 10 + 1577.2 \times 41$$

$$= 142523.2 \text{ kgm}$$

Perhitungan Penulangan Geser

$$A_{vf} \text{ perlu} = V_u / (\phi \mu f_y)$$

$$= 78858 / (0.65 \times 1 \times 400) = 303.3 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Penulangan Tambahan

$$A_n \text{ perlu} = M_{uc} / (\phi f_y)$$

$$= 15772 / (0.65 \times 400) = 60.67 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Penulangan Momen

$$A_f \text{ perlu} = M_u / (0.85 \phi f_y d)$$

$$= 14252320 / (0.85 \times 0.65 \times 400 \times 410) = 158.4 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik utama total

$$A_{s1} = A_f + A_n = 158.4 + 60.67 = 219.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2/3 A_{vf} + A_n = 2/3 \times 303.3 + 60.67 = 262.87 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Digunakan 3 D 12 ($A_s = 339.12 \text{ mm}^2$)

Persyaratan sengkang :

$$A_h = 1/3 A_{vf} = 1/3 \times 303.3 = 101.1 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2 D 10 ($A_s = 157.1 \text{ mm}^2$)

PERKUATAN PADA BALOK ANAK

$$A_t = A_{vf} + A_n$$

$$= \frac{V_u}{\phi \mu} + \frac{M_u}{\phi A_s}$$

$$\text{Dipakai } \phi \text{ untuk } A_{vf} = 0.6$$

$$\phi \text{ untuk } A_n = 0.8$$

$$\mu = 1$$

Maka :

$$A_t = \frac{78858}{0.6 \times 400} + \frac{15772}{0.8 \times 400} = 360.7 \text{ mm}^2$$

Dipakai 4 D 12 ($A_s = 454.2 \text{ mm}^2$)

8.5.4. PERENCANAAN SAMBUNGAN PELAT DIAFRAGMA

Seperti telah direncanakan pada sambungan pelat dengan balok, kekuatan sambungan pelat diafragma didasarkan pada kemampuan sambungan dalam memindahkan gaya geser horisontal. Gaya geser tersebut diperoleh dari kekuatan yang dihasilkan oleh sambungan antara pelat dengan balok. Pada sambungan pelat diafragma perlu diperkuat oleh tulangan memanjang yang diletakkan sepanjang bidang temu pelat.

Gaya geser yang diperoleh dari sambungan pelat dan balok.

$$\begin{aligned} V_u &= \phi V_n \\ &= \phi T = 0,6 \times 1742,6 \times 400 = 418.224 \text{ KN} \end{aligned}$$

Menurut PB'89 pasal 11.7.4.2.

$$A_{s_v} = V_u / [\phi f_y (\mu \sin \alpha_s + \cos \alpha_s)]$$

dimana

$$\alpha_s = 0$$

$$\phi = 0,6$$

maka

$$\begin{aligned} A_{s_v} (\text{min}) &= V_u / \phi f_y \\ &= 418224 / (0,6 \times 400) \\ &= 1742,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

di pakai tulangan memanjang 4 ϕ 25 ($A_{s_v} = 1962,5 \text{ mm}^2$)

8.5.5. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK KOLOM

Perencanaan sambungan pada pertemuan balok kolom meliputi :

- 1 Perencanaan konsol pendek pada kolom.
- 2 Perencanaan bearing on plain concrete pada kolom dan balok.
- 3 Perencanaan reinforced concrete bearing pada balok.

8.5.5.1. PERENCANAAN KONSOL PENDEK PADA KOLOM

Untuk contoh perhitungan digunakan balok no 3 pada lantai 1..

Data perencanaan :

$$V_u = 413550 \text{ N}$$

$$\mu_{uc} = 0,2 \quad V_u = 82710 \text{ N} \quad (\text{SKSNI T-15-1991-03 / 3.4.9.4})$$

$$f_c' = 29,18 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \phi &= 0,65 \\
 a &= 100 \text{ mm} \\
 b_w &= 600 \text{ mm} \\
 \mu &= 1,0 \\
 (h - d)_{\max} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Tinggi konsol untuk geser

$$\begin{aligned}
 V_n (\text{max}) &= 0,2 f_c' b_w d \\
 d (\text{min}) &= (413550 / 0,65) / (0,2 \times 29,18 \times 600) \\
 &= 181,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b. Tinggi konsol untuk lentur

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_u c (h - d) \\
 &= (413550 \times 100) + (82710 \times 50) \\
 &= 4,55 \times 10^7 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} &= 0,04 f_c' / f_y \\
 &= 0,04 \times 29,18 / 400 = 0,00292 \\
 m &= f_y / (0,85 f_c') \\
 &= 400 / (0,85 \times 29,18) = 16,1271 \\
 R_n &= \rho f_y (1 - 0,5 \rho m) \\
 &= 0,00292 \times 400 (1 - 0,5 \times 0,00292 \times 16,1271) = 1,14 \text{ MPa} \\
 d_{\text{perlu}} &= \sqrt{(M_u) / (R_n \cdot b_w \cdot \phi)} \\
 &= \sqrt{(4,55 \times 10^7) / (1,14 \cdot 600 \cdot 0,85)} \\
 &= 279,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka diambil d yang terbesar, dimana syarat $a/d < 1$
 dipakai $d = 300 \text{ mm}$

c. Penulangan geser A_{vf}

$$\begin{aligned}
 A_{vf \text{ perlu}} &= V_u / (\phi \mu f_y) \\
 &= 413550 / (0,65 \times 400 \times 1,0) \\
 &= 1590,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

d. Penulangan lentur Af

$$\begin{aligned} Rn \text{ perlu} &= Mu / (\phi \cdot bw \cdot d^2) \\ &= 455E+7 / (0,65 \times 600 \times 300^2) \\ &= 1,296 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= (1/m) (1 - \sqrt{1 - 2m \cdot Rn / fy}) \\ &= (1/16.1271) (1 - \sqrt{1 - 2 \times 16.1271 \times 1,296/400}) \\ &= 0,0033 > \rho \text{ min} \end{aligned}$$

$$Af \text{ perlu} = 0,0033 \times 600 \times 300 = 594 \text{ mm}^2$$

e. Tulangan tambahan An (untuk tarik aksial)

$$\begin{aligned} An &= Nuc / (fy \cdot \phi) \\ &= 82710 / (400 \times 0,65) = 318,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

f. Tulangan tarik utama total As

Pilih yang terbesar dari

$$Af + An = 318,12 + 594 = 912,12 \text{ mm}^2$$

$$2/3 Avf + An = 2/3 \times 1590,6 + 318,12 = 1378,52 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ perlu} = 1378,52 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 5 D 19 (As = 1416,93 mm²)

g. Persyaratan sengkang

$$\begin{aligned} Ah \text{ min} &= 0,5 (As - An) \\ &= 0,5 (1416 - 318,12) \\ &= 549,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai 5 D 12 (As = 565,2 mm²)

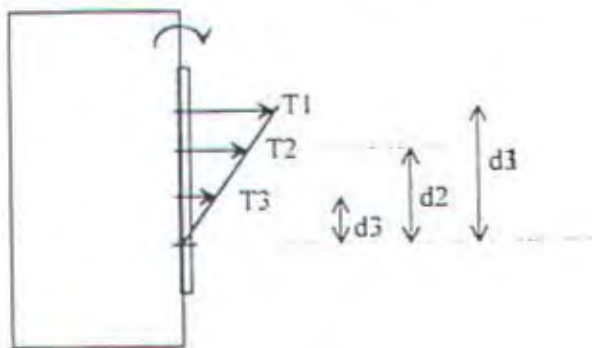
Sengkang ikat harus disebar merata sepanjang 2/3 d.

h. Panjang penanaman As

$$\begin{aligned} Ld \text{ ada} &= b \cdot selimut + 0,5 \text{ diameter tulangan As} \\ &= 600 - 50 + (0,5 \times 19) \\ &= 540,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Untuk Sambungan Lentur

Dipakai metode pendekatan, dimana diambil anggapan bahwa sambungan yang kena beban lentur tersebut akan berputar dengan titik putar pada baut terbawah, sehingga baut - baut akan menerima beban tarik sedemikian rupa sehingga besarnya sebanding dengan jarak paku terhadap titik putarnya.



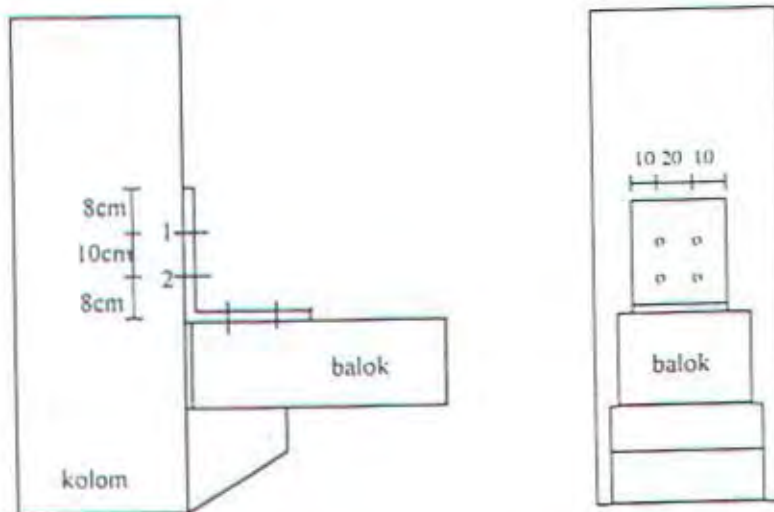
$$M = T1 \cdot d1 + T2 \cdot d2 + T3 \cdot d3$$

Beban tarik maksimum akan diterima oleh baut yang terjauh dari titik putar.

$$T1 = \frac{M \cdot d1}{\sum d^2}$$

Kontrol : $\sigma_t = \frac{T}{A} \leq \sigma_{t-ijin}$

Perhitungan :



Gambar 7.9. Detail Sambungan

$M_u = 681300 \text{ kgcm}$

Dipakai baut diameter 5 cm

$T1 = \frac{681300 \times 13}{2 \cdot 13^2} = 26203,85 \text{ kg}$

$\sigma_t = \frac{T1}{A} = \frac{26203,85}{3,14 \times 25 \cdot 5^2} = 1335,23 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{t-ijin \text{ tarik}} = 0,7 \times 2400 = 1680 \text{ kg/cm}^2$

Maka untuk sambungan lentur dipakai Profil WF 300 x 300 dengan 4 D 5 cm

8.5.5.2. PERENCANAAN BEARING ON PLAIN CONCRETE

Seperti halnya pada kolom, bila pada ujung elemen balok beton pracetak tidak diberi kekuatan maka harus dikontrol sebagai berikut :

Data perencanaan

$$\phi V_n = \phi C_r (0,85 f_c' A_1) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} < 2 f_c' A_1$$

$$V_u = 4.14 \times 10^5 \text{ N}$$

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

$$s = (50 + 0.5 \times 400) = 250 \text{ mm}$$

$$\text{dimana } \phi = 0,7$$

$$\begin{aligned} C_r &= (s \cdot w / 200)^{1,4} \\ &= (250 \times 400 / 200)^{1,4} \\ &= 3.465 \end{aligned}$$

$$A_1 = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 541.42 \times 741.42 = 401419.62 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,7 \times 3.465 \times (0,85 \times 29,18 \times 240000 \times \sqrt{(240000/401419.62)}) \\ &= 11164083,01 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2 f_c' A_1 = 2 \times 29,18 \times 240000 = 14006400 \text{ N} > \phi V_n (413550 \text{ N})$$

karena $\phi V_n > V_u$, maka beton perlu diberi perkuatan.

8.5.5.3. PERENCANAAN REINFORCED CONCRETE BEARING PADA BALOK

Bagian ujung pada balok perlu diberi perkuatan tulangan Horizontal A_t . Tulangan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$A_t = A_{vf} + A_n = V_u / (\phi \cdot f_y \cdot m) + N_u / (\phi \cdot f_y)$$

$$V_u = 413550 \text{ N}$$

$$N_u = 0,2 V_u = 82710 \text{ N}$$

Bila A_t ditanamkan, seperti pada gambar 8.7, maka sudut penanamannya adalah 15° , seperti yang disarankan oleh referensi.

$$\text{Nilai m diambil : } \mu = 1,0 \mid = 1,0 \times 1,0 = 1,0$$

$$\phi = 0,6 \quad \text{untuk } A_{vf}$$

$$\phi = 0,8 \quad \text{untuk } A_n$$

$$A_t = 413550 / (0,6 \times 400 \times 1,0) + 82710 / (0,8 \times 400)$$

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DAN STUDIO SURABAYA DENGAN METODEB PRACESTAK

$$= 1981.6 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 7 D 20 ($A_s = 2198 \text{ mm}^2$)

Untuk mencegah retak horisontal maka perlu diberi tulangan sengkang Ash

$$\begin{aligned} A_{sh} &= A_t \cdot f_y / (\mu \cdot f_y) \\ &= 1981.6 \times 400 / (1,0 \times 400) \\ &= 1981.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

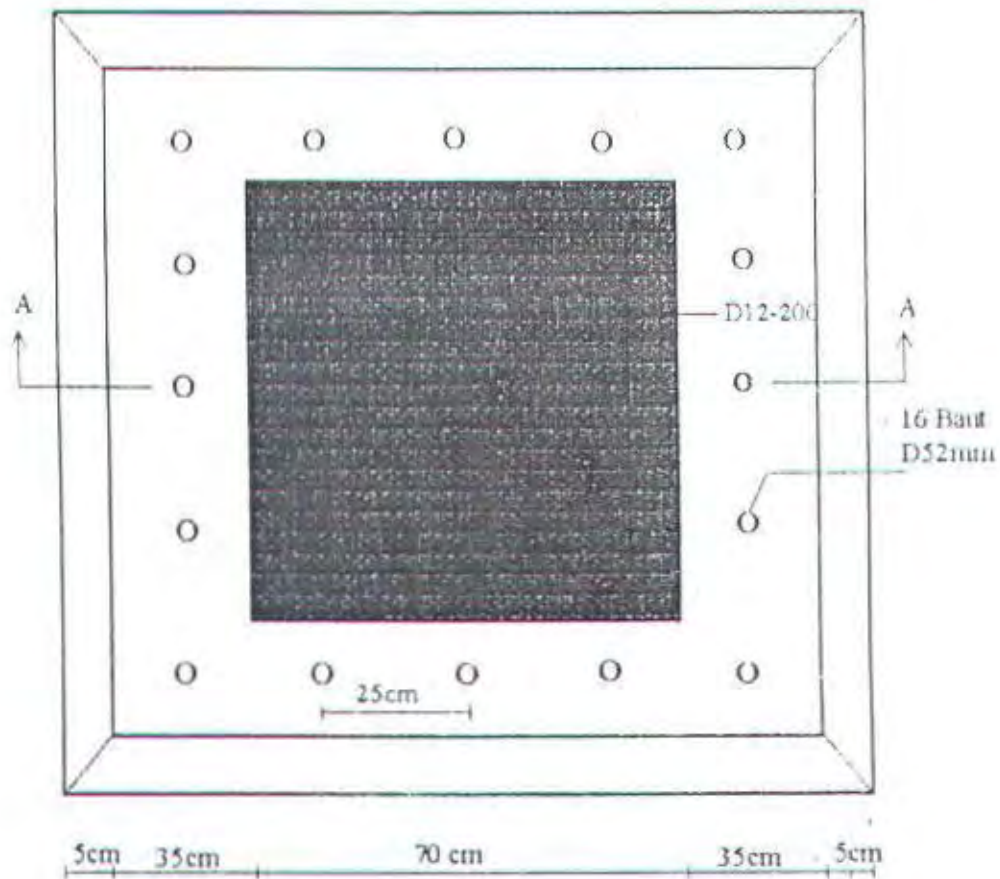
Maka dipakai tulangan 5 D 16 ($A_s = 2009.6 \text{ mm}^2$)

Tulangan pengikat lambahan :

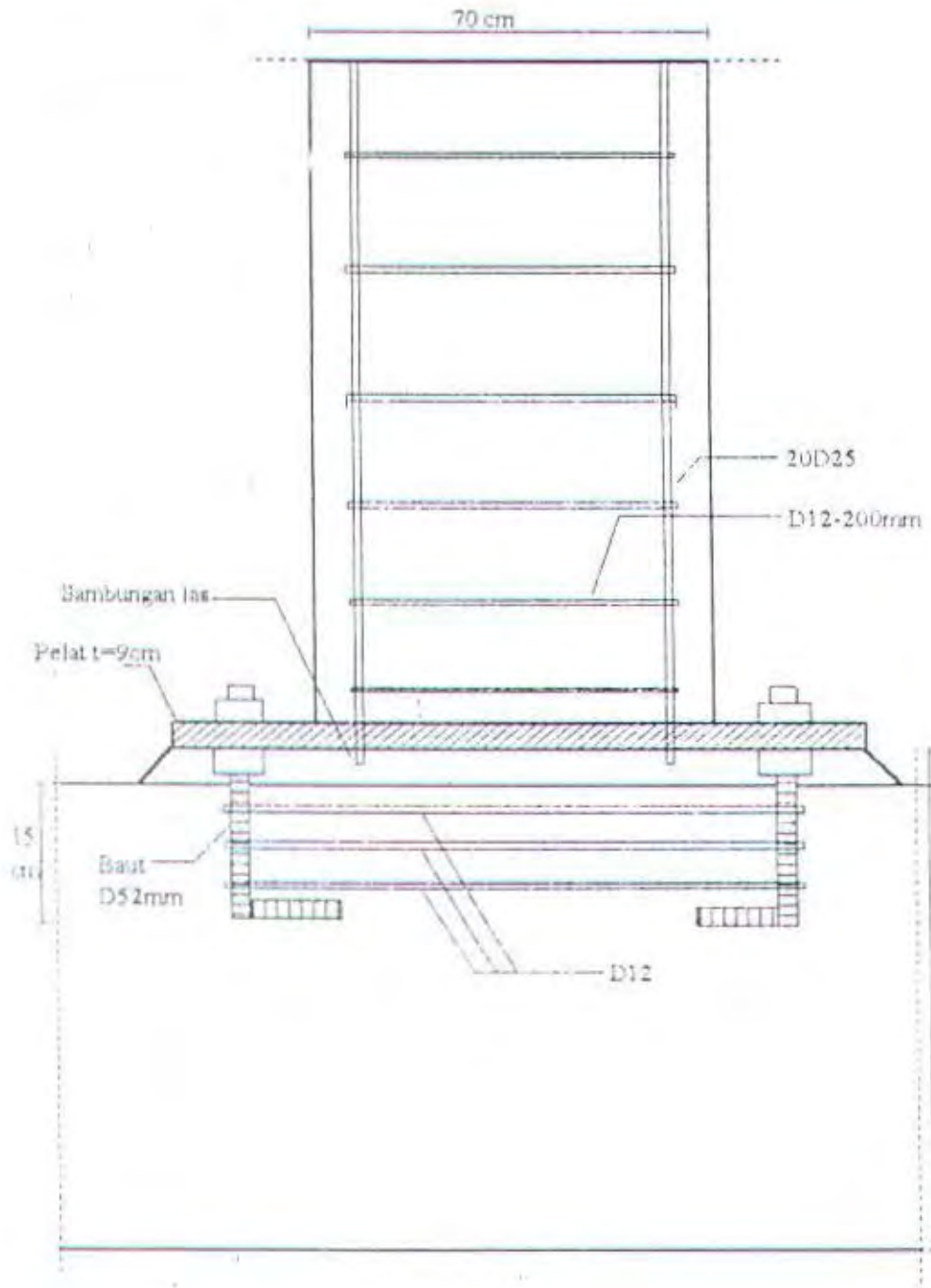
$$\begin{aligned} A_{cv} &= A_{ch} = V_u / (8 \cdot f_y) \\ &= 413550 / (8 \times 400) \\ &= 129.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 2 D 10 ($A_s = 157 \text{ mm}^2$)

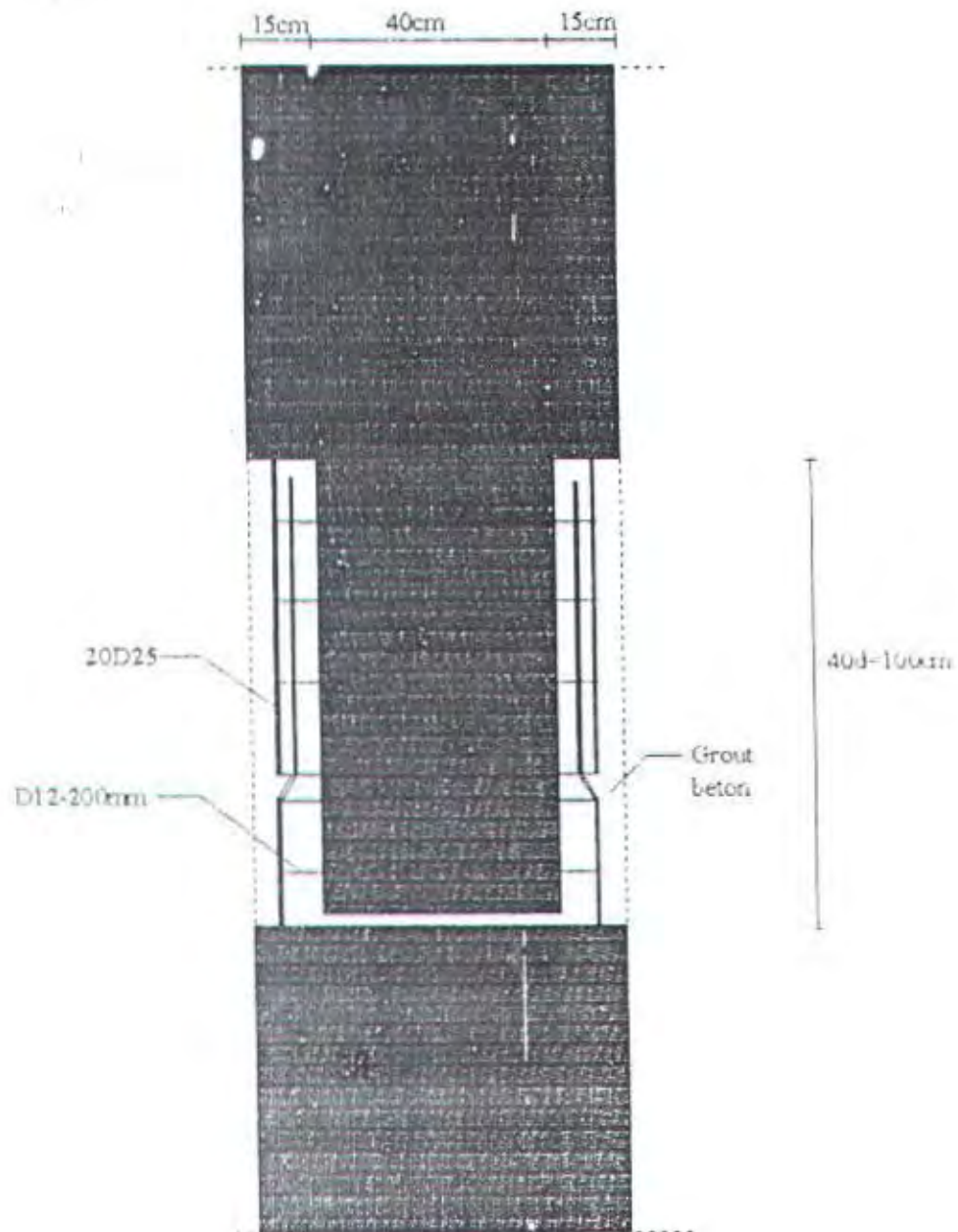
DENAH SAMBUNGAN KOLOM DAN PONDASI



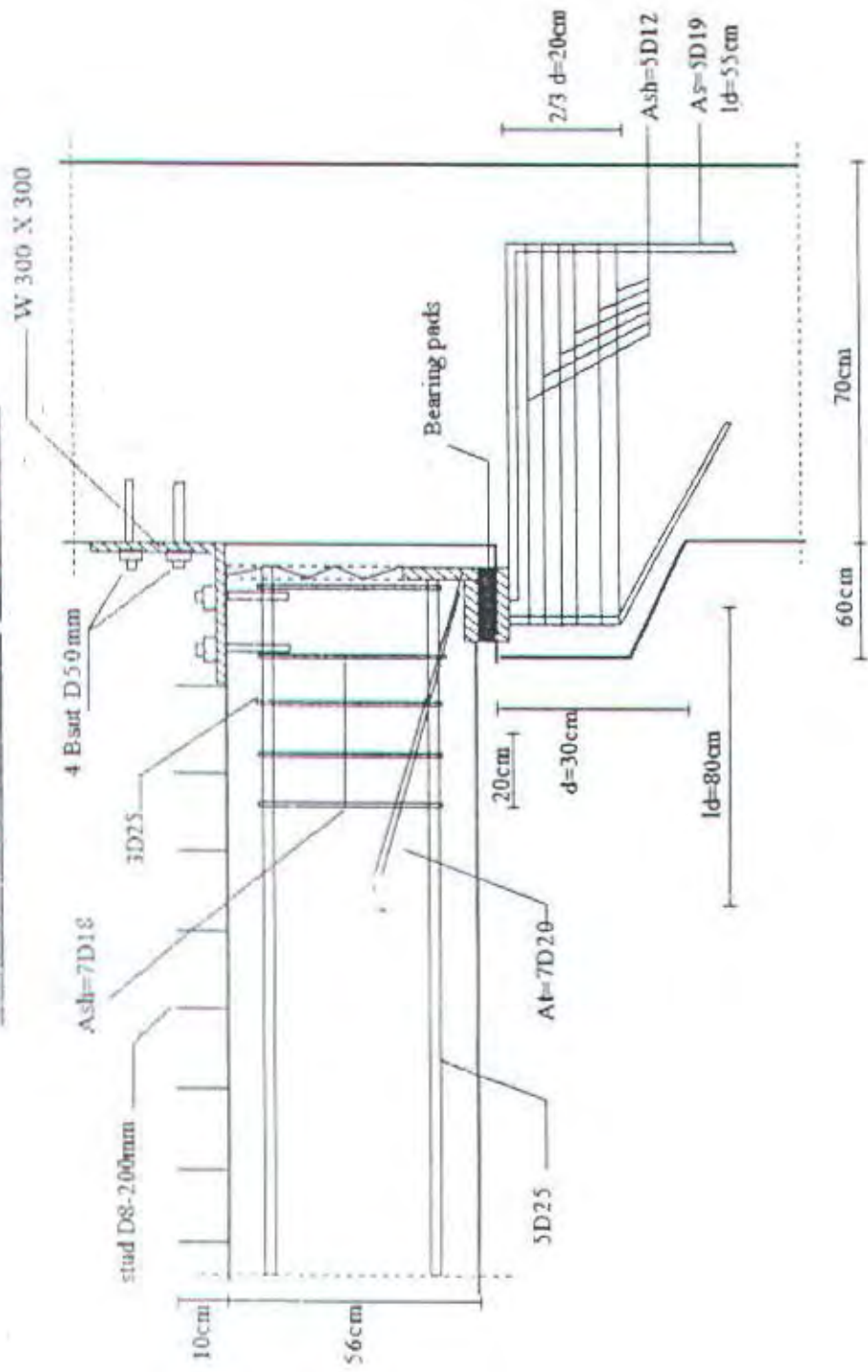
SAMBUNGAN KOLOM DAN PONDASI (POTONGAN A-A)



SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM



SAMBUNGAN KOLOM DAN BALOK INDUK

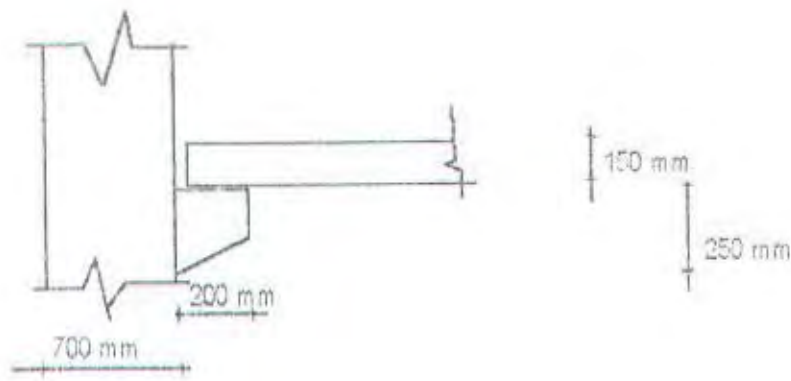


8.5.6. PERENCANAAN SAMBUNGAN TANGGA

Untuk perencanaan sambungan tangga digunakan konsol pada kolom untuk perletakan pelat tangga dengan asumsi perletakan tangga sendi rol.

Data - data perencanaan :

Beban merata pelat tangga $q_u = 3540.86 \text{ kg/m}^2$



$$V_u = \frac{q_u \cdot l^2}{2} = \frac{3540.86 \cdot 2}{2} = 3540.86 \text{ kg} = 35408.6 \text{ N}$$

$$N_u = 0.2 \times V_u = 0.2 \times 35408.6 = 7081.72 \text{ N}$$

Direncanakan $b = 200 \text{ mm}$

$$h - d = 50 \text{ mm}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

a. Tinggi konsol untuk geser

$$V_n \text{ max} = 0.2 \times f_c' \times b \times d$$

$$d = \frac{V_n \text{ max}}{0.2 \times f_c' \times b} = \frac{35408.6}{0.2 \times 29.18 \times 200} = 46.67 \text{ mm}$$

b. Tinggi konsol untuk Lentur

$$M_u = V_u \cdot a + N_u (h - d)$$

$$= 35408.6 \times 100 + 7081.72 \times 50$$

$$= 3.9 \text{ E}6 \text{ Nmm}$$

$$\rho \text{ min} = 0.04 f_c' / f_y$$

$$= 0.00292$$

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 16.1271$$

$$R_n = \rho f_y (1 + 0.5 \rho m)$$

$$= 0.00292 \times 400 (1 + 0.5 \times 0.00292 \times 16.1271) = 1.14 \text{ MPa}$$

$$d \text{ perlu} = \sqrt{\frac{Mu}{Rn \cdot b \cdot \phi}}$$
$$= \sqrt{\frac{3945}{1.14 \cdot 200 \cdot 0.65}} = 141.86 \text{ mm}$$

Dipakai $d = 200 \text{ mm}$

c. Penulangan Geser A_v

$$A_v \text{ perlu} = Vu / (\phi \cdot \mu \cdot fy)$$
$$= 35408.6 / (0.65 \times 400 \times 1.0) = 136.2 \text{ mm}^2$$

d. Penulangan Lentur A_f

$$Rn \text{ perlu} = Mu / (\phi \cdot b \cdot d^2)$$
$$= 3.95E6 / (0.65 \times 200 \times 200^2) = 0.75 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = (1/m) \{ 1 - \sqrt{1 - 2mRn/fy} \}$$
$$= (1/16.1271) \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times 16.1271 \times 0.75}{400}} \right) = 0.0019 < \rho \text{ min} = 0.00292$$

Dipakai $\rho = 0.003$

$$A_f \text{ perlu} = 0.003 \times 200 \times 200 = 120 \text{ mm}^2$$

e. Penulangan Tambahan A_n (untuk tarik aksial)

$$A_n = N_{ud} / (\phi \cdot fy)$$
$$= 7081.72 / (400 \times 0.65) = 27.24 \text{ mm}^2$$

f. Tulangan tarik utama total A_s

Pilih yang terbesar dari :

$$A_{s1} = A_f + A_n = 120 + 27.24 = 147.24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2/3 A_v + A_n = 2/3 \times 136.2 + 27.24 = 118.04 \text{ mm}^2$$

Dipakai 2 D 14 ($A_s \text{ ada} = 307.72 \text{ mm}^2$)

g. Pereyaratan Sengkan

$$A_h \text{ min} = 0.5 (A_s - A_n)$$
$$= 0.5 (307.72 - 27.24) = 140.24 \text{ mm}^2$$

Dipakai 3 D 10

h. Panjang penanaman A_s

$$L_d \text{ ada} = b - selimut - 0.5 \text{ diameter tulangan } A_s$$
$$= 200 - 50 - 0.5 \times 14 = 143 \text{ mm}$$

i. Perkuatan pada bordes

Bagian ujung dan bordes perlu diberi perkuatan tulangan. Adapun tulangan yang dibutuhkan adalah :

$$A_t = A_v + A_n = Vu / (\phi \cdot \mu \cdot fy) + N_{ud} / (\phi \cdot fy)$$

$$\text{Dengan } Vu = 35408.6 \text{ N}$$

$$Nu = 7081.72 \text{ N}$$

Bila A_t ditanamkan dengan sudut penanamannya 15° seperti yang disarankan oleh referensi maka besarnya tulangan A_t yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_t &= 35408.6 / (0.6 \times 400 \times 1.0) + 7081.72 (0.8 \times 400) \\ &= 169.67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai 2 D 12 (} A_t = 226.08 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Untuk persyaratan sengkang dibutuhkan :

$$A_{sh} = A_t f_y (\mu_v f_y)$$

$$= 169.67 \times 400 (1.0 \times 400)$$

$$= 169.67 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai 2 D 12 (} A_{sh} = 226.08 \text{ mm}^2 \text{)}$$



BAB IX

PERENCANAAN PONDASI

BAB IX

PERENCANAAN PONDASI

IX. UMUM

Pondasi sebagai struktur bawah mempunyai fungsi sebagai pemikul beban - beban yang bekerja diatasnya. Secara garis besar jenis pondasi yang sering dipakai ada 2 macam yaitu pondasi dangkal yang dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk struktur dengan beban yang cukup besar dipakai jenis pondasi dalam. Macam - macam pondasi dalam adalah pondasi tiang pancang, tiang bor (pondasi sumuran), pondasi Caisson dan lain - lainnya.

Didalam tugas akhir ini akan dibahas perencanaan pondasi yang akan digunakan dalam struktur gedung perkuliahan dan studio U.K. Petra Surabaya, meliputi : perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam). Pondasi pada gedung ini direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang yaitu tiang pancang produksi dari PT. WIJAYA KARYA (WIKI). Dalam perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji dari Standard Penetration Test (SPT).

IX.2. DATA TANAH

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data yang telah tersedia di lapangan meliputi : data penyelidikan tanah hasil uji SPT dan Boring. Dengan demikian dapat diketahui jenis tanah yang ada dan jumlah pukulan pada hammer SPT (Data tanah dan besarnya daya dukung tanah terlampir).

IX.3. PERENCANAAN JUMLAH TIANG PANCANG

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan jenis pondasi tiang pancang sebab jenis tanah dibawahnya adalah lempung lemoek yang sangat kohesif, sehingga daya dukung berdasarkan kekuatan decak tanah saja tidak bisa diharapkan.

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal yaitu daya dukung decak pada ujung tiang (Q_p) dan pengaruh lekatan di sekeliling tiang (Q_s) dimana untuk keadaan tanah lempung lembek yang sangat kohesif, pengaruh lekatan lebih dominan dari pada harga daya dukung ujung tiang pancang.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dari nilai Q_u ini bisa ditentukan jumlah tiang pancang yang digunakan.

IX.3.1. DAYA DUKUNG PONDASI

Daya dukung pada pondasi tiang pancang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat pondasi ditanam. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tanah dilakukan berdasarkan hasil uji SPT (Standard Penetration Test) Sedangkan perhitungan daya dukung tiang pancang ditinjau dari 2 keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang dalam kelompok

IX.3.2. DAYA DUKUNG TIANG PANCANG YANG BERDIRI SENDIRI BERDASARKAN UJI SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

Menurut Luciano Decourt (1962)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dengan :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

dimana :

N_p = harga rata-rata di dekat ujung tiang pancang

$$= (N_1 + N_2 + N_3) / 3$$

K = koefisien karakteristik tanah

$$= 12 \text{ t/m}^2 \text{ , untuk tanah lempung}$$

$$= 20 \text{ t/m}^2 \text{ , untuk tanah lanau berlempung}$$

= 25 t/m² , untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m² , untuk tanah pasir

Ap = luas penampang ujung tiang

qp = tegangan di ujung tiang

$$Qs = qs \cdot As = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot As$$

dimana :

- qp = tegangan akibat frottement lateral dalam t/m²

- Ns = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan balasan
3 < N < 50

- As = keliling x panjang tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (safety factor)

$$\bar{P} \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Qp}{SF1} + \frac{Qs}{SF2}$$

dimana

SF1 = safety factor terhadap perlawanan ujung, = 2

SF2 = safety factor terhadap hambatan lekat, = 3

Jadi daya dukung ijin 1 tiang, berdasarkan Hasil Uji SPT :

$$\bar{P} \text{ ijin 1 tiang} = \frac{(\bar{N}p \cdot K) \cdot Ap}{2} + \frac{(\bar{N}s/3 + 1) \cdot As}{3}$$

IX.3.3. DAYA DUKUNG TIANG DALAM KELOMPOK

$$\bar{P} \text{ ult} = \bar{P} \text{ ijin 1 tiang} \times \text{Eff}$$

Agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1, maka jarak minimum dari ac ke ac pondasi tiang pancang kelompok adalah :

$$S \geq \frac{1,57 \times D \times m \times n - 2 \times D}{m + n - 2}$$

dimana :

D = diameter tiang (m)

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

IX.3.4. BEBAN MAKSIMUM PADA TIANG AKIBAT M DAN P

$$P \text{ maks} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{Mx \cdot X \text{ maks}}{\sum X^2} + \frac{My \cdot Y \text{ maks}}{\sum Y^2} \leq \bar{P} \text{ ult}$$

dimana :

P_{ult} = Daya dukung ijin tiang dalam kelompok

P_{maks} = Beban maksimum 1 tiang pancang

$\sum P_{ui}$ = Jumlah total beban aksial

M_x = Momen yang terjadi pada arah X

M_y = Momen yang terjadi pada arah Y

x_{maks} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{maks} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum X^2$ = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

$\sum Y^2$ = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

Contoh Perhitungan :

Sebagai contoh perhitungan pondasi tiang pancang, diambil pondasi pada kolom corner nomor B - 1 dengan data sebagai berikut :

$$P_u = 6014,1 \text{ KN}$$

$$M_x = -680,65 \text{ KNm}$$

$$M_y = 1033,63 \text{ KNm}$$

$$H_x = 1520,19 \text{ KN}$$

$$H_y = 1840,24 \text{ KN}$$

> Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WJKA) tipe 400 A2 dengan spesifikasi bahan sebagai berikut

$$A_s = 15,27 \text{ cm}^2 \quad M_{crack} = 25 \text{ tm}$$

$$A_c = 1570,8 \text{ cm}^2 \quad M_{ult} = 45 \text{ tm}$$

$$W = 17490,53 \text{ cm}^3 \quad P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 221,12 \text{ ton}$$

$$D = 600 \text{ cm}$$

Berdasarkan Hasil Uji SPT (Standard Penetration Test)

Menurut Luciano Decourt :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (q_p \cdot K) \cdot A_p$$

dimana

$$A_p = 1/4 \cdot \pi \cdot B^2 = 1/4 \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$Q_s = q_p \cdot A_s = (N_s / 3 + 1) \cdot A_s$$

$$A_s = \pi \cdot B \cdot L = 3,14 \times 0,6 \times L = 1,884 L$$

maka :

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{(N_p \cdot K) \cdot A_p}{2} + \frac{(N_s / 3 + 1) \cdot A_s}{3}$$

Nilai K = 12 t/m² untuk tanah lempung

= 20 t/m² untuk tanah lanau

= 40 t/m² untuk tanah pasir

Dari grafik perhitungan daya dukung ijin 1 tiang pancang hasil SPT, maka direncanakan kedalaman pemancangan tiang pancang (z) = 32 meter, dimana :

P_{ijin 1 tiang} = 104,19 ton < P_{ijin bahan tiang type 600 C} = 221,12 ton.....OK

> Perencanaan Jumlah Tiang Pancang

$$\text{Rencana jumlah tiang pancang} = \frac{P_u}{P_{\text{ijin 1 tiang}}} = \frac{6014,1}{1041,9} = 5,77 \approx 6$$

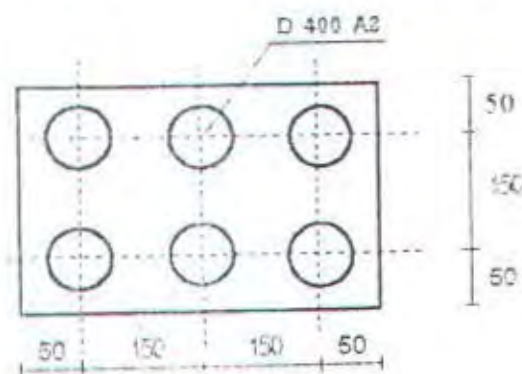
Dengan memperhitungkan berat poer dan gaya momen pada tiang pancang, maka direncanakan jumlah tiang pancang = 6 buah

Rencana jarak as ke as tiang pancang :

Direncanakan jarak tiang pancang (S) = 1,50 m

$$S_{\text{min}} = \frac{1,57 \times 0,6 \times 2 \times 3 - 2 \times 0,6}{2 + 3 - 2} \\ = 1,48 \text{ m} < S_{\text{rencana}} = 1,5 \text{ m}$$

Karena S = 1,5 m maka tidak perlu memperhitungkan efisiensi, sehingga Eff = 1



Gambar IX.1 Denah penempatan tiang pancang

Ukuran poer (pile cap) = 250x400x100 cm (Berat jenis beton = 2400 kg/m³)

Gaya Normal Rencana

- beban bangunan + gempa	= 601.41 ton
- berat poer = $2.5 \times 4.0 \times 1.0 \times 2400$	= 21.6 ton
Berat total	= 623.01 ton

> Beban Maksimum Tiang

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_y \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq \bar{P}_u \text{ ijin 1 tiang}$$

dimana :

$$P_{\max} = \frac{623.01}{6} + \frac{68.065 \times 1.5}{4 \times (1.5)^2} + \frac{63.363 \times 0.75}{6 \times (0.75)^2}$$

$$= 129.26 \text{ ton} < P_{\text{ijin 1 tiang}} = 221.12 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

IX.4. KONTROL TIANG TERHADAP GAYA HORIZONTAL

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen yang terjadi akibat gaya horizontal ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horizontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku *Pedoman Perencanaan Untuk Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung tahun 1983* atau *Pile Foundation Analysis and Design by H.G.Poulos and E.H.Davis*.

PPUBBSTBG83 menyebutkan bahwa tiang pancang dapat dibedakan antara tiang pendek dan tiang panjang. Tiang disebut tiang panjang jika panjang tiang yang ada lebih dari panjang penunjang, yaitu panjang yang diperlukan oleh tiang untuk menyalurkan momen luar M dan beban horizontal H akibat beban kerja dari atas tiang ke tanah sekelilingnya tanpa melampaui tegangan lateral yang diijinkan.

Panjang penunjang L dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = 1.68 \sqrt{\frac{M_0}{R}}$$

atau dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar B-2 (khusus untuk tiang pendek) buku *Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983*, dimana :

- L = panjang penunjang tiang
 M_0 = momen luar pada ujung tiang dalam kg m/m
 R = tegangan tanah lateral yang diijinkan
 = 3500 kg/cm/m (untuk tanah lempung pasir)

kategori tiang panjang jika : Panjang tiang > L_2

dimana : $L_2 = 2.2 L_1$

$$L_1 = f + 1.5 D$$

$$f = \frac{H}{9CrD}$$

L_1 = kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum

L_2 = kedalaman dimana momen lentur adalah nol

Untuk single pile, D = diameter tiang

Untuk pile group, D = lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban

Contoh perhitungan

- Berdasarkan jumlah kemampuan masing-masing tiang :

Gaya lateral yang bekerja pada tiang kolom B - 2 yaitu :

$$H_x = 52.019 \text{ ton}$$

$$H_y = 84.024 \text{ ton}$$

$$H_{total} = \sqrt{52.0^2 + 84.02^2} = 98.823 \text{ ton}$$

Momen leleh bahan Mult = 45 tonm (brosur WIKA I60 type B) , checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga C_r , yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$C_r = 0.5 \times C_u$$

C_u = kekuatan kohesi tanah

$$= 2.69 \text{ t/m}^2 \text{ (dari hasil tes triaxial tanah)}$$

$$C_r = 0.5 \times 2.69 = 1.345 \text{ t/m}^2$$

dalam satu titik terdapat 6 tiang, sehingga harga $H = \frac{98.823}{6} = 16.471 \text{ ton}$

sehingga kategori panjang tiang dapat dihitung

$$f = \frac{H}{9 C_r D} = \frac{16.471}{9 \times 1.345 \times 0.6}$$

$$= 2.268 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1.5 D = 2.268 + 1.5 \times 0.6 = 3.17 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 3.17 = 6.97$$

Panjang tiang yang ada $20 \text{ m} > 1.98 \text{ m}$, jadi tiang termasuk dalam kategori tiang panjang.

Untuk restraint pile yaitu tiang pancang yang ujungnya tertahan (Pile Foundation Analysis and Design by H.G. Poulos and H. Darvis, Bab 7) didapatkan harga

Kuat Geser tanah

$$\begin{aligned} H_{\text{geser tanah}} &= 9 C_u D (L_1 - 1,5D) \\ &= 9 \times 2,69 \times 0,6 \times (3,17 - 1,5 \times 0,6) \\ &= 32,97 \text{ ton} > H \text{ yang terjadi} = 16,471 \text{ ton} \quad \text{..... OK} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} H_u &= 16,471 \text{ ton} \\ M_{\text{yield terjadi}} &= H_u \times (1,5D + 0,5f) \\ &= 16,471 \times (1,5 \times 0,6 + 0,5 \times 2,27) \\ &= 33,5 < M_{\text{yield tiang}} = 1,45 \text{ tm} \quad \text{..... OK} \end{aligned}$$

IX.5. PERENCANAAN POER (PILE CAP)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Untuk kolom dengan tulangan D25, panjang penyaluran l_d diambil yang menentukan dbawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_d &= 0,02 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} \\ &= 0,02 \times 1256 \times \frac{400}{\sqrt{29,18}} \\ &= 726 \text{ mm (menentukan)} \end{aligned}$$

tetapi tidak kurang dari

$$\begin{aligned} l_d &= 0,06 d_b \cdot f_y \\ &= 0,06 \times 25 \times 400 \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan panjang penyaluran dari batang tulangan kolom tersebut diatas maka perencanaan tebal pile cap sebesar 100cm. Pertimbangan lain dalam menentukan tebal poer adalah geser pons yang terjadi.

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dan geser pons yang terjadi. Berdasar SKSNI 1991 pasal 3.4.11 butir 2.

Harga V_n tidak boleh lebih besar dari V_c

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot b_o \cdot d$$

atau

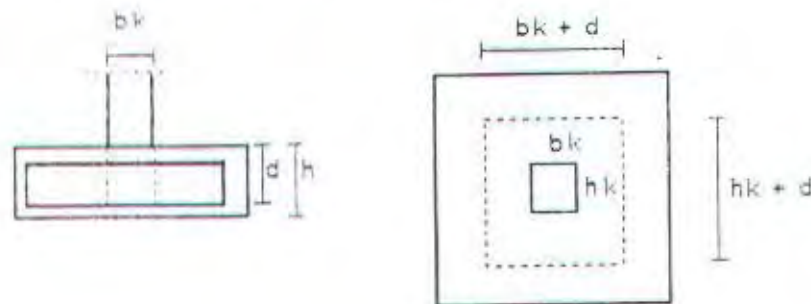
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana

β_c = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat

$$\beta_c = \frac{700}{700} = 1,0 \text{ (kolom bujur sangkar)}$$

b_o = keliling dari penampang kritis poer = $2(b_k + d) + 2(h_k + d)$



Gambar IX.2. Penampang kritis poer

➤ Contoh Perhitungan Geser Pons Pada Poer

Data-data poer dan gaya dalam yang bekerja

$$\text{Beban Pu} = 623,01 \text{ ton}$$

$$\text{Mutu beton } f_c' = 29,18 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal poer } h = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{D tul. utama} = D 32$$

$$\text{decking} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi efektif } d = 1000 - 70 - 32 - 0,50 \times 32 = 882 \text{ mm}$$

$$b_o = 2(700 + 700 + 2 \times 882) = 6328 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{1,0}\right) \times \frac{\sqrt{29,18}}{6} \times 6328 \times 882$$

$$= 15074,67 \text{ KN}$$

$$A_g = 4 \times 2,5 = 10 \text{ m}^2$$

$$A_p = (0,7 + 0,882)^2 = 2,503 \text{ m}^2$$

$$A_g - A_p = 7,497 \text{ m}^2$$

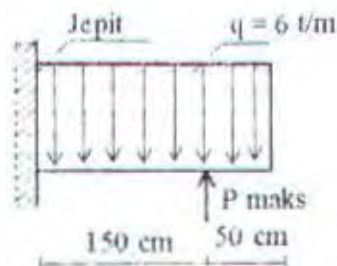
$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u / A_g \times (A_g - A_p) \\
 &= (623.01/10) \times 7.497 = 467.1 \text{ kN} \\
 V_{c2} &= \frac{1}{3} \sqrt{29,18} \times 6328 \times 882 \\
 &= 10049.78 \text{ kN} \\
 &= 1004.9 \text{ ton (menentukan)} \\
 \phi V_c &= 0,6 \times 1004.978 \text{ ton} = 602.99 \text{ ton} > V_u = 467.1 \text{ ton} \dots \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pond.

IX.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 x



Gambar IX.3. Asumsi Perencanaan poer

dimana :

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= 129.26 \text{ ton} \\
 q &= 1.0 \times 2.5 \times 2.4 = 6.0 \text{ t/m} \\
 M_u &= (2 \times P_{maks}) \times 1.3 - 1/2 \times q \times l^2 \\
 &= (2 \times 129.26) \times 1.3 - 1/2 \times 6 \times (2.0)^2 \\
 &= 375.01 \text{ tm} = 3.75E9 \text{ Nmm} \\
 d_x &= 1000 - 70 - 32 - 0.5 \times 32 - 25 = 857 \text{ mm} \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{3.75E9}{0.8 \times 2500 \times 857^2} = 2.55 \\
 m &= \frac{\gamma_y}{0.85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 29.18} = 16.1271
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{1}{16,127} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,55}{0,85 \times 29,18}} \right) \\ &= 0,0066 > \rho_{\min} = 0,0035 \end{aligned}$$

Jadi dipakai $\rho = 0,0066$

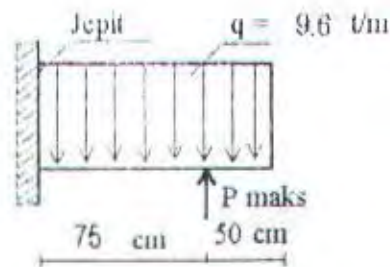
$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0066 \times 2500 \times 857 \\ &= 14140,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 18D32 (As ada = 14460,12 mm²)

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{250 - (2 \times 7)}{18} = 13,11 \text{ cm}$$

dpakai jarak pemasangan tulangan = 12 cm

> Penulangan Aras Y



Gambar IX.3 Acumul Perencanaan poer

$$P \text{ maks} = 44,5 \text{ ton}$$

$$q = 1 \times 4 \times 2,4 = 9,6 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (3 \times P \text{ maks}) \times 0,75 - \frac{1}{2} \times q \times l^2 \\ &= (3 \times 129,26) \times 0,75 - 0,5 \times 9,6 \times 1,25^2 \\ &= 275,26 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 0,5 \times 32 - 25 = 889 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{2,75 \times 10^6}{0,8 \times 4000 \times 889^2} \\ &= 1,09 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{16,1271} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,09}{0,85 \times 29,18}} \right) \\ &= 0,0028 < \rho_{\min} = 0,0035 \end{aligned}$$

Jadi dipakai $\rho = 0,0035$

$$A_c \text{ perlu} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ = 0,0035 \times 4000 \times 887 = 12416 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 16 D 32 ($A_s = 13661,4 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak pemadangan} = \frac{100 - (2 \times 7)}{16} = 24,125 \text{ cm}$$

dipakai jarak pemadangan tulangan = 20 cm

IX.5.3 PERHITUNGAN GESER PADA PENAMPANG KRITIS

Geser yang terjadi pada daerah kritis tiang pancang juga harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang dibenarkan pada daerah seluas daerah kritis pada tiang

Contoh perhitungan :

$$\text{Tulangan geser} = D/25$$

$$\text{Luas tulangan geser, } A_v = 2 \times 490,87 = 981,74 \text{ mm}^2 \quad (2 \text{ kaki})$$

$$P_{\text{max}} \text{ 1 tiang} = 129,26 \text{ ton}$$

➤ Penulangan Arah X

$$\text{Panjang Penampang kritis} = 4 \times (600 + 200 + 500) \\ = 1300 \times 4$$

$$= 5200 \text{ mm}$$

$$\text{deking (dc)} = 7 \text{ cm}$$

$$d^* = \text{deking} + 2D \text{ tul utama} + \text{bangkang}$$

$$= 159 \text{ cm}$$

$$V_u = P_{\text{max}} \cdot qL$$

$$= 129,26 \cdot 2,4 \times 1,3 \times 1,3 \times 1$$

$$= 125,204 \text{ ton} = 1252,04 \text{ KN}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,6 \times \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= 0,5 \times 0,6 \times \frac{1}{3} \cdot \sqrt{29,18} \times 5200 \times 857$$

$$= 1203,64 \text{ KN} < V_u \text{ -----} > \text{ perlu tulangan geser}$$

$$\phi V_c = 2407,281 \text{ KN}$$

Karena $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka sesuai dengan persyaratan dalam SKSNI T15 1991 diperlukan tulangan geser minimum.

Dimana besarnya luas tulangan geser yang dibutuhkan

$$A_v = \frac{3V_u}{f_y}$$

$$\text{Dan } S \text{ perlu} = \frac{3V_u}{f_y}$$

$$\text{Jarak sengkang } S \leq \frac{3,98174 \times 400}{1300} = 906,194 \text{ mm}$$

$$S \leq d/4 = 857/4 = 214,25 \text{ mm}$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

$$S \leq 10 \phi \text{ tul utama} = 320 \text{ mm}$$

Maka dibatang sengkang tertutup $\phi 25$ dengan $s = 200 \text{ mm}$

➤ Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned} \text{Panjang Penampang kritis} &= 4 \times (600+200+500) = 1300 \times 4 \\ &= 5200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{decking (dc)} = 7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d' &= 7 + 2 \phi \text{ tul utama} + \text{sengkang} \\ &= 15,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_{\max} - qL \\ &= 129,26 - 2,4 \times 1,3 \times 1,3 \times 1 \\ &= 125,204 \text{ ton} = 1252,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \phi V_c &= 0,5 \times 0,6 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= 0,5 \times 0,6 \times \frac{1}{3} \times \sqrt{29,18} \times 5200 \times 889 \\ &= 1248,593 \text{ kN} < V_u \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 2497,166 \text{ kN}$$

Karena $0.5\phi V_c > V_u < \phi V_c$ maka sesuai dengan persyaratan dalam SIKSNI T15 1991 diperlukan tulangan geser minimum.

Dimana besarnya luas tulangan geser yang dibutuhkan

$$A_v = \frac{b \cdot s}{s}$$

Dan s perlu $= \frac{b \cdot A_v}{A_v}$

Jarak bengkang $s \leq \frac{481.74 \cdot 400^2}{1300} = 906.23 \text{ mm}$

$$s \leq 885/4 = 222.5 \text{ mm}$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

$$s \leq 320 \text{ mm}$$

Dipakai bengkang #25 dengan $s = 200 \text{ mm}$

IX.6. PERENCANAAN SLOOF (TIE BEAM)

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi, atau sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antara pondasi satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu diperlukan adanya perencanaan sloof dengan benar sehingga sloof dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Adapun beban-beban yang diterima oleh sloof antara lain adalah berat sendiri dari sloof, berat sendiri tembok, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10 % beban aksial kolom (Buku PPSBBST AUG' 83 - 6.9.2)

IX.6.1. DIMENSI SLOOF

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan persyaratan yang ditetapkan bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar

$$f_t = f_{ot} = 0.70 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{PB '89 pdl. 9.5.2.3})$$

Contoh perhitungan untuk sloof :

Data Perencanaan

Beban aksial

$$P_u = 6014.1 \times 10\% = 601.41 \text{ KN} = 6.014 \text{E5 N}$$

$$\begin{aligned} f_c' &= 29,18 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ b &= 400 \text{ mm} \\ h &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tegangan Tarik Ijin

$$\begin{aligned} f_r &= 0,70 \sqrt{29,18} \\ &= 3,78 \text{ Mpa} \\ f_{r \text{ ada}} &= \frac{6,01E+05}{0,8 \times 400 \times 600} \\ &= 3,1 \text{ MPa} < 3,78 \text{ MPa} \dots\dots \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Berarti ukuran sloof telah memenuhi syarat.

IX.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 :

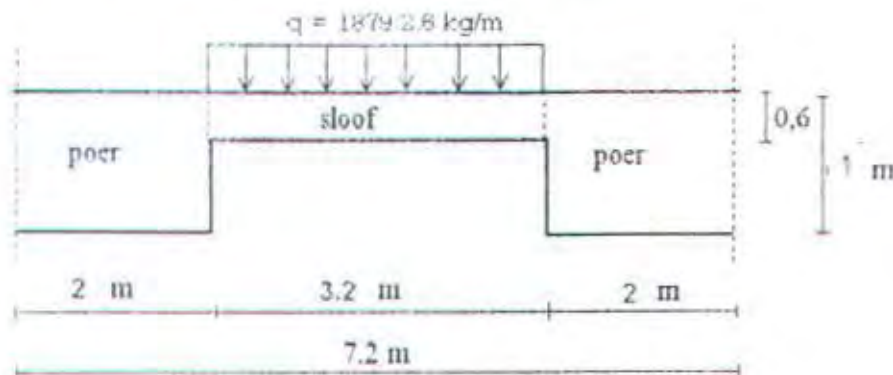
Sebagai contoh diambil sloof eksterior melintang yang menghubungkan kolom as B1 dan B2

- ukuran sloof = 40 x 60 cm
- mutu beton, f_c' = 29,18 MPa
- mutu tulangan, f_y = 400 MPa
- decking (dc) = 50 mm PB 89 pasal.7.7.1
- tulangan utama = D18
- tulangan sengkang = ϕ 12

Beban yang diterima sloof :

- Berat aksial N_u = 6014,1 KN
- Berat sendiri sloof = $0,4 \times 0,6 \times 2400 \times 1,2 = 691,2 \text{ kg/m}$
- Berat tembok = $250 \times 3,96 \times 1,2 = 1188 \text{ kg/m}$

$$- q_u = 691,2 + 1198 = 1879,2 \text{ kg/m} = 18792 \text{ N/m}$$



Gambar IX.5 Pembebanan pada sloof

$$\begin{aligned} M_u \text{ tump} = M_u \text{ lap} &= \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 187926 \times 3.2^2 = 160363.52 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$d = 600 - 50 - 12 \cdot 18/2 = 529 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1.60E+07}{0.85 \times 400 \times 529^2} \\ &= 0.213 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16.127} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.213 \times 16.127}{410}} \right) = 0.00054 < \rho_{\min} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot A_g = 0.0035 \times 600 \times 400 \\ &= 840 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 4D18 ($A_s \text{ ada} = 1017.36 \text{ mm}^2$)

IX.6.3. PENULANGAN GESER DAN TORSI

Besarnya gaya geser pada sloof

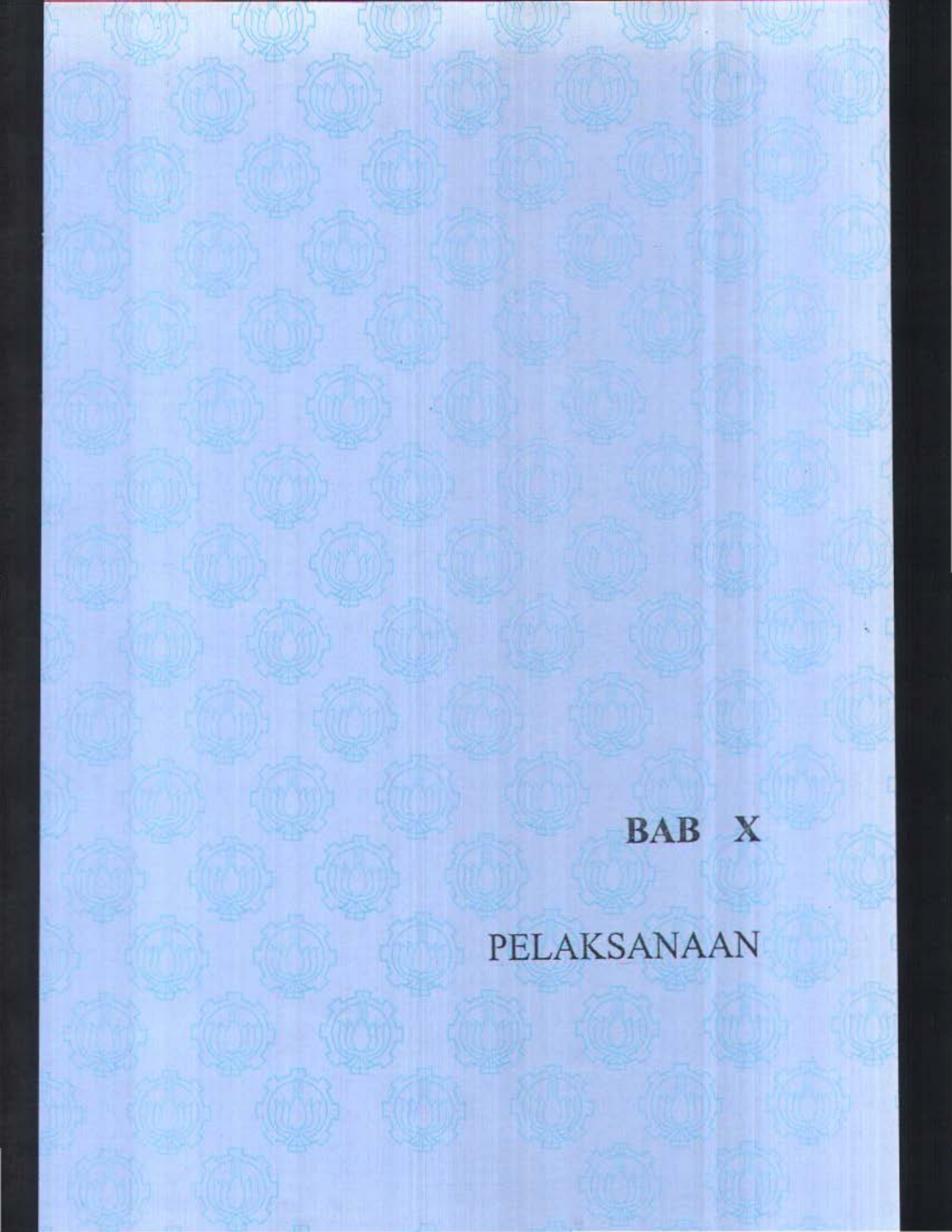
$$- q_u = 1879,2 \text{ kg/m}$$

$$- V_u = 1879,2 \times 3.2/2 = 30.067 \text{ KN}$$

$$- d = 600 - 50 - 12 \cdot \frac{18}{2} = 529 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b_w \cdot d \cdot \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right]$$



BAB X

PELAKSANAAN

BAB X

PELAKSANAAN

10.1. UMUM

Dalam bab pelaksanaan ini akan dibahas mengenai item pekerjaan konstruksi secara gans besar. Dan selain itu akan 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 :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat dipakai secara umum di masyarakat
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen disebabkan harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul
- c. 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 :

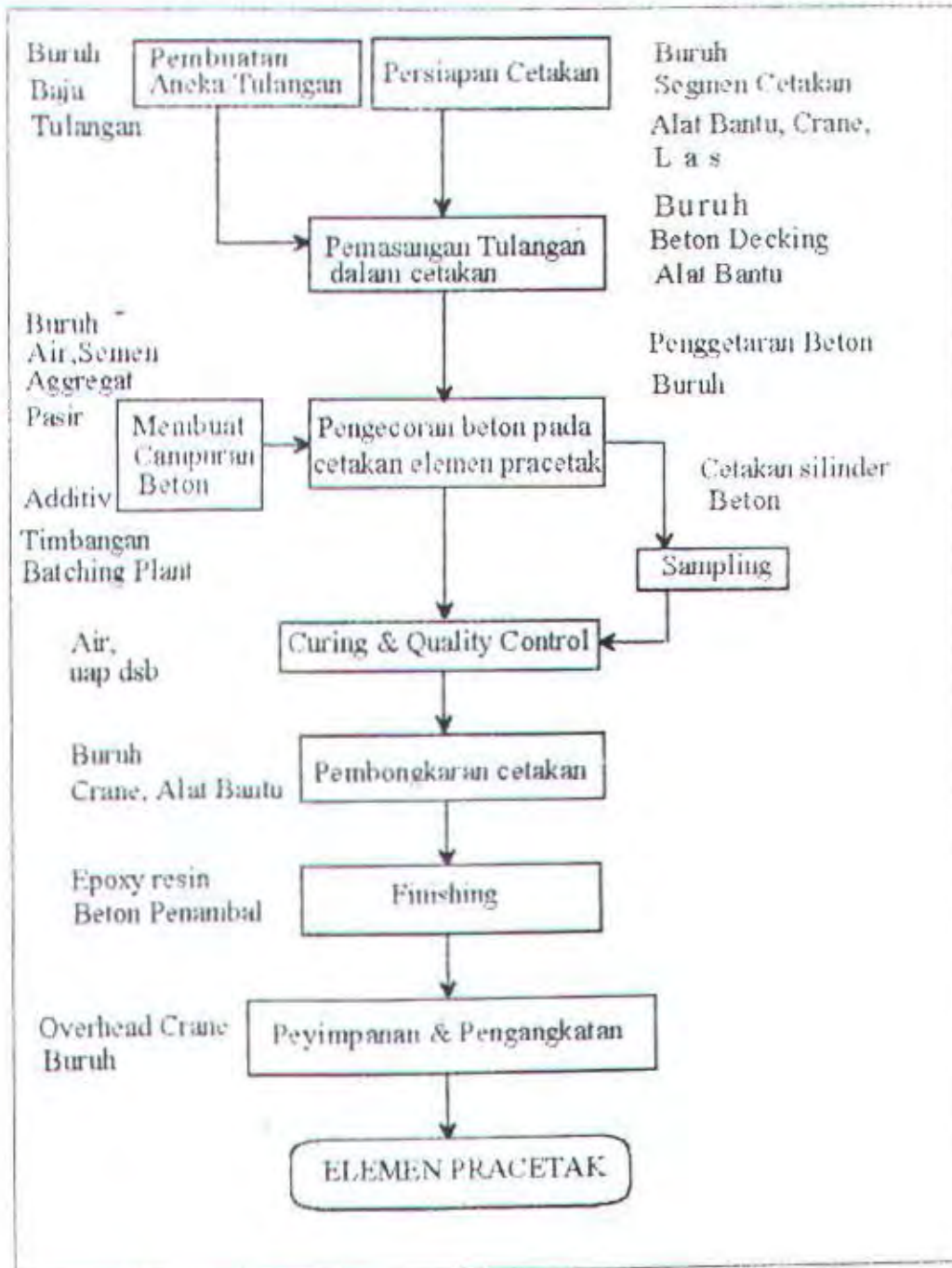
- a. Proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek lokal
- b. Umur dan pada proses produksi pencetakan disesuaikan dengan usia proyek
- c. Proses ini lebih disukai bila dimungkinkan untuk dilaksanakan dikarenakan standarisasi hasil pencetakan disesuaikan dengan keperluan proyek.

10.2. PROSES PRODUKSI ELEMEN BETONPRACEK

Setelah pengecoran, terhadap beton pracetak dilakukan curing untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan terpenuhi.

Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20% - 60% dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih pada umur 3 - 7 hari pada suhu kamar. Dan setelah pembongkaran bekisting, dilakukan finishing elemen beton pracetak.

Skematis proses produksi elemen beton pracetak



Syarat cetakan :

- volume stabil untuk pencetakan berulang
- mudah ditangani dan tidak bocor
- mudah untuk dipindah khusus untuk pelaksanaan di proyek

10.3. 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

10.4. PENEMPATAN CRANE

Dalam perencanaan ini penulis memakai peralatan crane untuk mengangkat elemen precast di lapangan.

Data-data crane yang digunakan :

Jenis crane : UNIMAC UG 55.25

Jarak jangkauan minimum : 17 m, dengan beban maksimum 10 ton.

Jarak jangkauan maksimum : 44 m, dengan beban maksimum 3,5 ton.

Elemen struktur yang dpracetak.

1. Balok induk 40/75	Berat = $0.4 \times 0.61 \times 7.2 \times 2400$	= 4217 kg
2. Balok induk 40/75	Berat = $0.4 \times 0.61 \times 5.7 \times 2400$	= 3338 kg
3. Balok induk 40/75	Berat = $0.4 \times 0.61 \times 3.6 \times 2400$	= 2106 kg
4. Balok induk 40/75	Berat = $0.4 \times 0.61 \times 2 \times 2400$	= 1172 kg
5. Balok induk 40/75	Berat = $0.4 \times 0.61 \times 10 \times 2400$	= 5856 kg
6. Balok anak 30/50	Berat = $0.3 \times 0.36 \times 7.2 \times 2400$	= 1867 kg
7. Balok anak 30/50	Berat = $0.3 \times 0.36 \times 5.7 \times 2400$	= 1478 kg

8. Kolom interior 70x70	Berat = $0,7 \times 0,7 \times 3,96 \times 2400$	= 4657 kg
9. Kolom interior 65x65	Berat = $0,65 \times 0,65 \times 3,96 \times 2400$	= 4016 kg
10. Kolom interior 50x50	Berat = $0,5 \times 0,5 \times 3,96 \times 2400$	= 2376 kg
11. Pelat type A&C	Berat = $0,09 \times 3,6 \times 7,2 \times 2400$	= 5599 kg
12. Pelat type B	Berat = $0,09 \times 2 \times 7,2 \times 2400$	= 3111 kg
13. Pelat type D	Berat = $0,09 \times 3,6 \times 5,7 \times 2400$	= 4433 kg
14. Pelat type E	Berat = $0,09 \times 2 \times 2 \times 2400$	= 864 kg

Luas gedung = 32,8m x 52,4m

Elemen struktur terberat adalah balok induk = 5856 kg.

Untuk beban maksimum 5856 kg, maka jangkauan lengan crane maksimum adalah 29 m.

Agar crane dapat menjangkau seluruh areal konstruksi, maka direncanakan digunakan 2 crane dengan penempatan seperti lampak pada gambar berikut.

10.5. PROSES PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

Urutan / proses pemasangan elemen beton pracetak adalah :

1. Pekerjaan tiang pancang

Spesifikasi tiang pancang PT Wijaya Karya

- Type 500 C
- Diameter 50 cm

Alat pemancang

1. Crane
2. Mesin Pemancang
3. Theodolit

2. Pekerjaan poer

Tahapan pengerjaan poer

1. Penggalian Poer
2. Pembuatan lantai kerja poer
3. Pemasangan batako sebagai bekisting poer
4. Pemasangan tulangan poer dan anchor untuk sambungan base plate.
5. Pengecoran.

3. Pekerjaan sloof

Tahapan pekerjaan sebagai berikut :

1. Penggalian lubang untuk sloof
2. Pembuatan lantai kerja dan pemasangan batako untuk bekisting
3. Pemasangan tulangan
4. Pengecoran

4. Pemasangan elemen kolom

Pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer, sloof dan tulangan anchor telah terpasang pada poer. Pada saat pemasangan baut pada sambungan kolom - pondasi diperlukan penahan untuk menyokong elemen kolom tersebut.

5. Pemasangan elemen balok

Pemasangan balok dikerjakan setelah pemasangan kolom dan sambungan kolom - pondasi selesai. Diperlukan peralatan crane untuk mengangkat dan framework untuk mendukung elemen balok. Kemudian sambungan baut antara kolom dan balok induk dipasang. Pekerjaan selanjutnya adalah pemasangan balok anak yang menumpu pada balok induk.

6. Pemasangan elemen tangga

7. Pemasangan elemen pelat

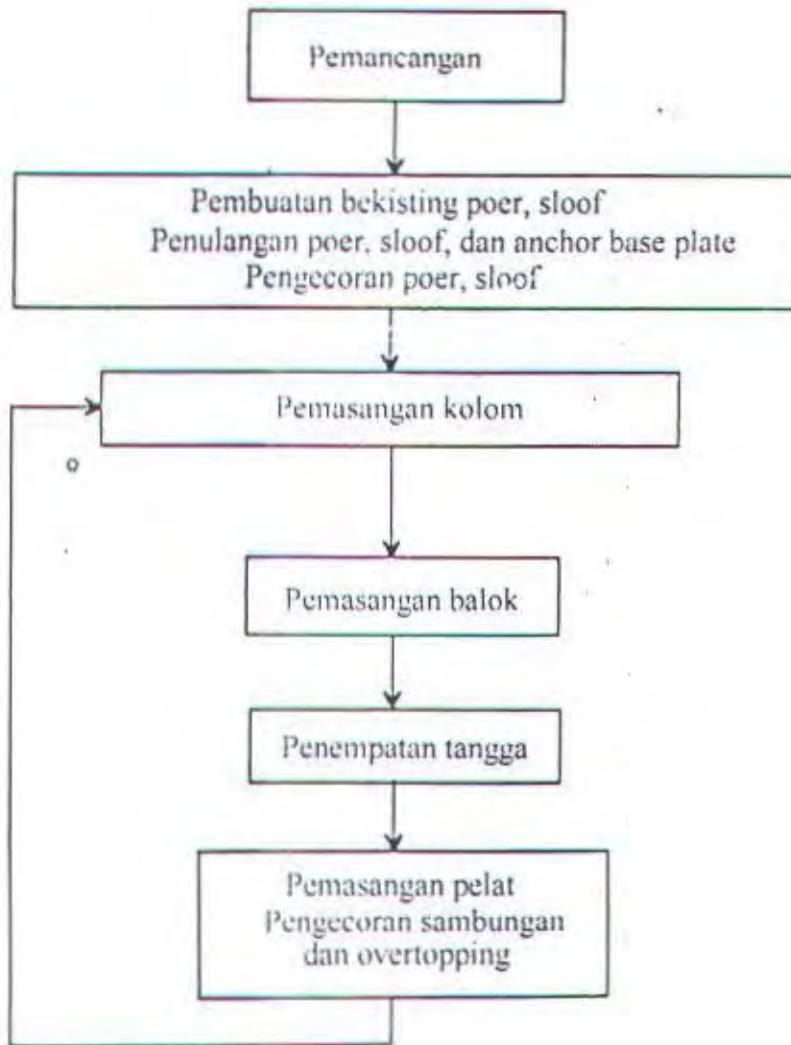
8. Pemasangan besi jaring pada pelat

9. Pengecoran sambungan antara elemen pracetak dan overtopping

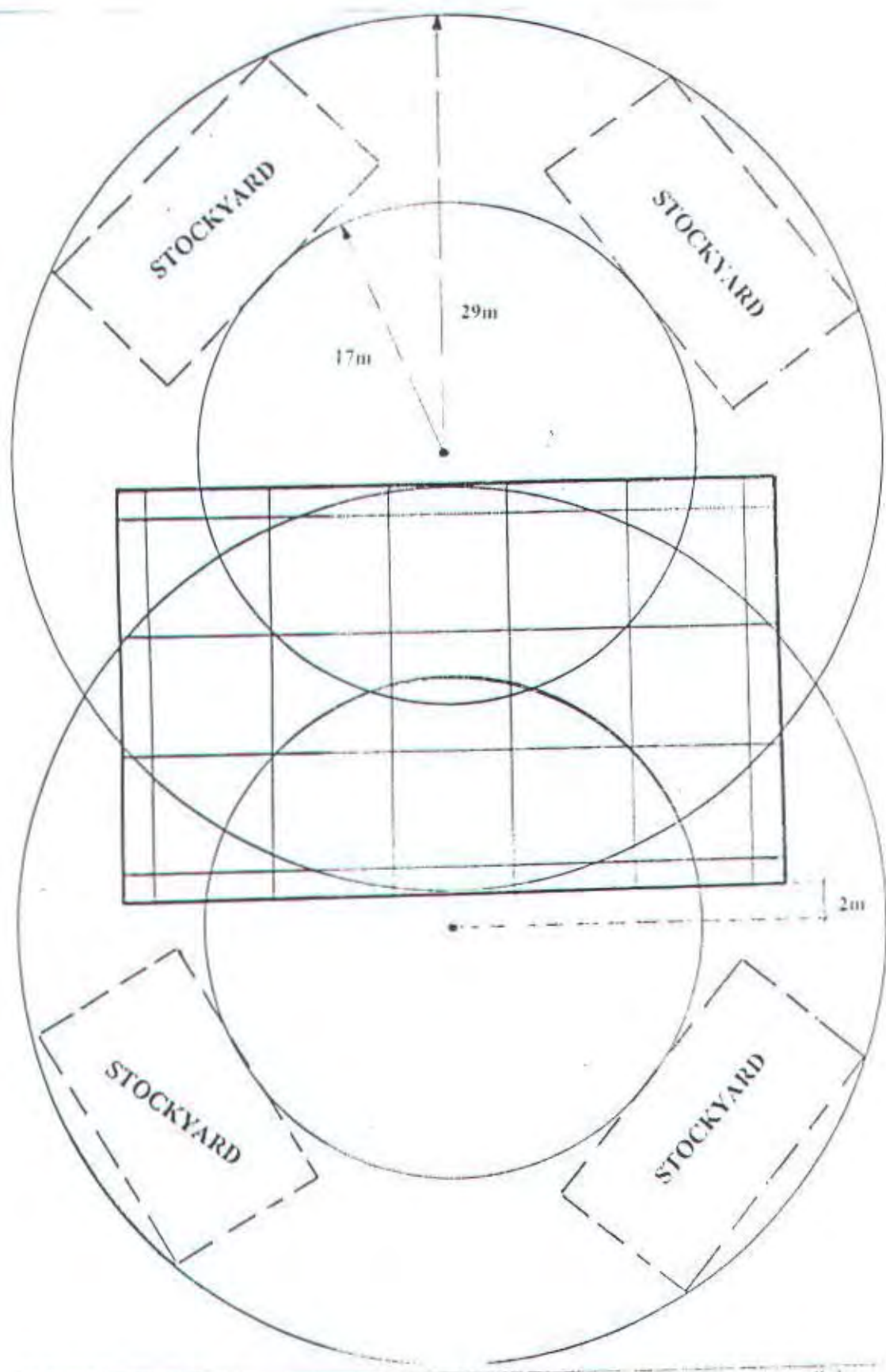
10. Untuk pekerjaan pada level-level berikutnya adalah berulang (langkah nomor 4 hingga nomor 9).

Keberhasilan pelaksanaan metode pracetak tergantung pada organisasi pelaksanaan, koordinasi yang baik, technical skill personil yang terlibat, kerjasama, dan kontrol kualitas yang baik dalam organisasi tersebut.

SKEMA PEMASANGAN DAN PERAKITAN ELEMEN PRACETAK



DENAH PENEMPATAN CRANE
SKALA 1 : 400



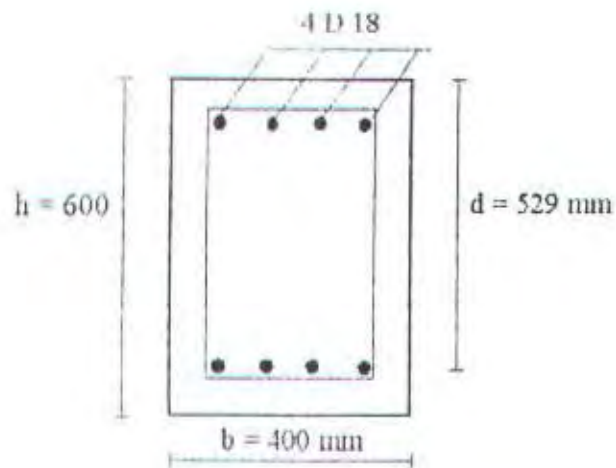
$$= 0.6 \times \frac{\sqrt{29.18}}{6} \times 400 \times 529 \times \left[1 + \frac{6014100}{14 \times 400 \times 600} \right]$$

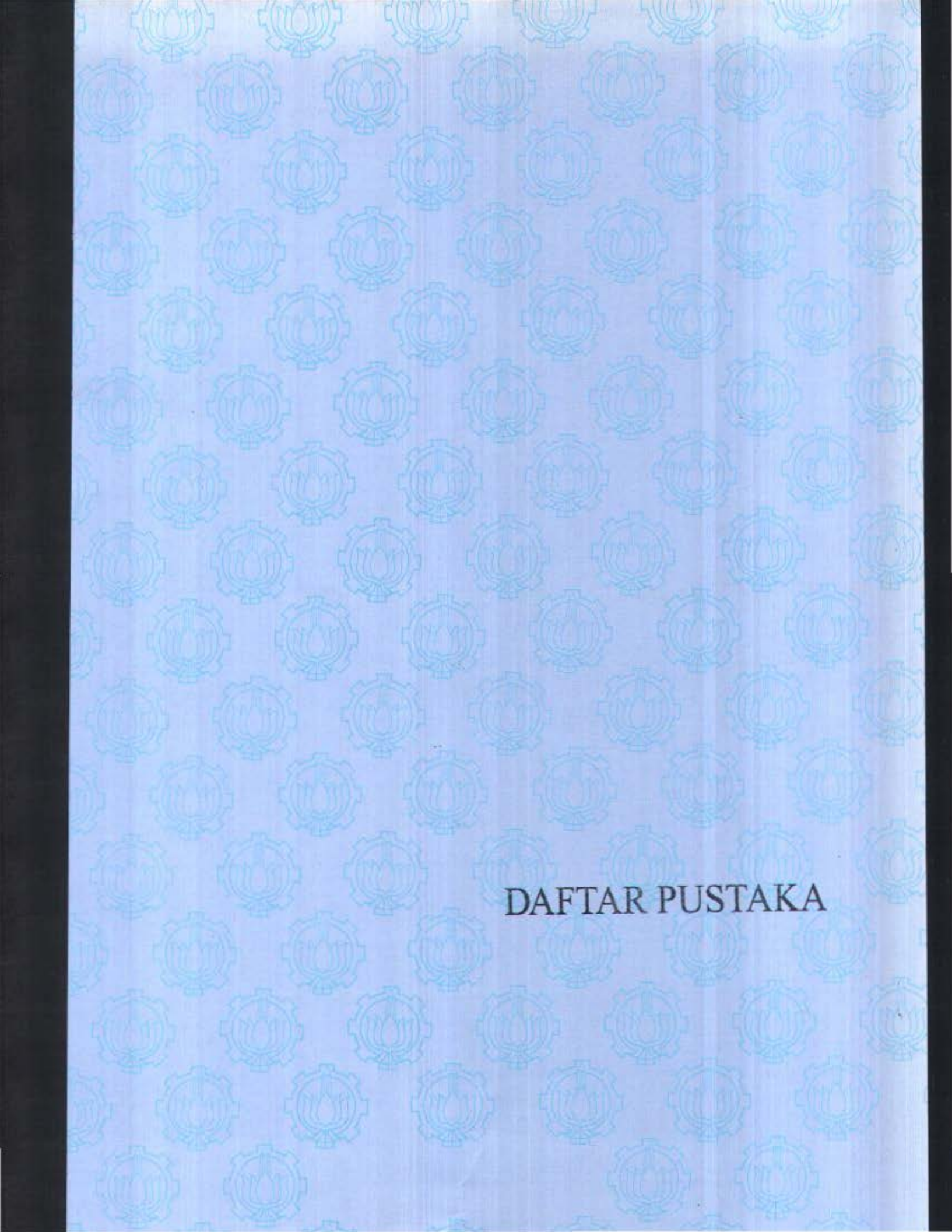
$$= 318.895 \text{ KN}$$

$$0.5 \phi V_c = 159.445 \text{ KN} \quad V_u = 30.067 \text{ KN}$$

Tidak diperlukan tulangan geser, hanya dipasang praktis saja.

Jadi dipasang tulangan geser praktis ϕ 12 - 300 mm





DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG (SK SNI T-15-1991-03)
- PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG, 1983.
- PERATURAN PERENCANAAN TAHAN GEMPA INDONESIA UNTUK GEDUNG, 1983
- PERATURAN MUATAN INDONESIA 1970 N.I. - 18.
- PCI DESIGN HAND BOOK - PRECAST AND PRESTRESS CONCRETE, FOURTH EDITION, PCI, CHICAGO, ILLINOIS, 1992.
- DESIGN AND TYPICAL DETAILS OF CONNECTIONS FOR PRECAST AND PRESTRESS CONCRETE. SECOND EDITION, PCI, CHICAGO, ILLINOIS, 1988.
- PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA ,1971 N.I. - 2.
- TABEL, GRAFIK DAN DIAGRAM INTERAKSI UNTUK PERHITUNGAN KONSTRUKSI BETON BERDASARKAN SNI 1993, KURSUS SINGKAT, JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS, 1997, SURABAYA.
- CHU-KIA WANG AND CHARLES G. SALMON, *DESAIN BETON BERTULANG*, 1990, JILID I DAN II, EDISI KEEMPAT, AIRLANGGA
- ISTIMAWAN DIPOHUSODO, *STRUKTUR BETON BERTULANG*, 1996 CETAKAN KEDUA, GRAMEDIA, JAKARTA.
- MARWAN IBRAHIM, ISDARMANU, *KONSTRUKSI BAJA I*, JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS, SURABAYA.
- PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA, 1984.
- ROBERT PARK, Ph.D, *A PERSPECTIVE ON THE SEISMIC DESIGN OF PRECAST CONCRETE STRUCTURES IN NEW ZEALAND*, PCI JOURNAL MAY - JUNE 1995.

- JAY E. OCHS, PE. MOHAMMAD R. EHSANI, Ph.D, *MOMENT RESISTANT CONNECTIONS IN PRECAST CONCRETE FRAMES FOR SEISMIC REGIONS* PCI JOURNAL SEPT - OCT 1993.
- SUZANNE DOW NAKAKI, S.E., ROBERT E. ENGLEKIRK, Ph.D., S.E., JUERGEN L. PLAETH, P.E., *DUCTILE CONNECTORS FOR A PRECAST CONCRETE FRAME*, PCI JOURNAL SEPT - OCT 1994.
- ROBERT E. ENGLEKIRK, *CONCEPTS FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE RESISTANT DUCTILE FRAMES OF PRECAST CONCRETE*, PCI JOURNAL JAN - FEB 1987.

The image shows a white background with a repeating pattern of a light blue emblem. The emblem is a circular gear-like shape with a central vertical element and horizontal lines. The word "LAMPIRAN" is printed in a black, serif font in the lower right quadrant of the page.

LAMPIRAN

KONTROL TEBAL PLAT

U	β	b_w (mm)	h (mm)	t (mm)	I (mm ⁴)	I_n (mm ⁴)	b_{e1} (mm)	b_{e2} (mm)	b_{e3} (mm)	$b_{e\text{ paka}}$ (mm)	k	i_s 10^4 mm^4	i_b 10^4 mm^4	α	α_{adm}	$t_{\text{min}1}$ (mm)	$t_{\text{min}2}$ (mm)	t_{max} (mm)
	2	400	750	140	3600	3250	812.5	2640	2000	812.5	1.56	82320	2197123.26	26.69	21.31	29.33142	134.321	201.481
	2	300	500	140	7200	6800	1700	2640	3700	1700	4.27	164640	1333677.42	8.10				
	2	400	750	140	3600	3250	812.5	2640	2000	812.5	1.56	82320	2197123.26	26.69				
	2	400	750	140	7200	6800	1700	2640	3800	1700	2.78	164640	3911010.64	23.75				
	3.6	400	750	140	2000	1600	400	2640	1200	400	1.00	45735.33	1406250.00	30.75	23.35	15.99106	106.0425	201.481
	3.6	400	750	140	7200	6800	1700	2640	3800	1700	2.78	164640	3911010.64	23.75				
	3.6	400	750	140	2000	1600	400	2640	1200	400	1.00	45735.33	1406250.00	30.75				
	3.6	150	500	140	7200	6800	1700	2390	3550	1700	8.60	164640	1343076.04	8.16				
	2	400	750	140	3600	3200	800	2640	2000	800	1.55	82320	2173104.04	26.40	25.08	25.45334	134.321	201.481
	2	400	750	140	7200	6800	1700	2640	3800	1700	2.78	164640	3911010.64	23.75				
	2	400	750	140	3600	3200	800	2640	2000	800	1.55	82320	2173104.04	26.40				
	2	400	750	140	7200	6800	1700	2640	3800	1700	2.78	164640	3911010.64	23.75				
	1.7	400	750	140	3600	3200	800	2640	2000	800	1.55	82320	2173104.04	26.40	25.42	23.00146	112.2807	160.00
	1.7	400	750	140	5700	5300	1325	2640	3050	1325	2.26	130340	3184782.14	24.43				
	1.7	400	750	140	3600	3200	800	2640	2000	800	1.55	82320	2173104.04	26.40				
	1.7	400	750	140	5700	5300	1325	2640	3050	1325	2.26	130340	3184782.14	24.43				

PEMBEBANAN YANG TERJADI PADA PELAT ATAP

SEBELUM KOMPOSIT

Beban Mati = 336 Kg/m²
 Beban Hidup = 100 Kg/m²

SESUDAH KOMPOSIT

Beban Mati = 475 Kg/m²
 Beban Hidup = 100 Kg/m²

TYPE PLAT	KONDISI	Lx mm	Ly mm	BEBAN SEGITIGA		BEBAN TRAPESIUM	
				MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²	MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²
A & C	SBL	3.6	7.2	403.20	120.00	554.40	185.00
	SSDH	3.6	7.2	570.00	120.00	783.75	185.00
B	SBL	2	7.2	224.00	66.67	327.36	97.43
	SSDH	2	7.2	316.67	66.67	462.78	97.43
D	SBL	3.6	5.7	403.20	120.00	524.38	156.07
	SSDH	3.6	5.7	570.00	120.00	741.32	156.07
E	SBL	2	2	224.00	66.67	-	-
	SSDH	2	2	316.67	66.67	-	-

PEMBEBANAN YANG TERJADI PADA PELAT LANTAI 2-4 dan 6-9

* SEBELUM KOMPOSIT

Beban Mati = 336 Kg/m²
 Beban Hidup = 250 Kg/m²

* SESUDAH KOMPOSIT

Beban Mati = 495 Kg/m²
 Beban Hidup = 250 Kg/m²

TYPE PLAT	KONDISI	Lx mm	Ly mm	BEBAN SEGITIGA		BEBAN TRAPESIUM	
				MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²	MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²
A & C	SBL	3.6	7.2	403.20	300.00	554.40	412.50
	SSDH	3.6	7.2	594.00	300.00	816.75	412.50
B	SBL	2	7.2	224.00	166.67	327.36	243.57
	SSDH	2	7.2	330.00	166.67	482.27	243.57
D	SBL	3.6	5.7	403.20	300.00	524.38	390.17
	SSDH	3.6	5.7	594.00	300.00	772.53	390.17
E	SBL	2	2	224.00	166.67	-	-
	SSDH	2	2	330.00	166.67	-	-

PEMBEBANAN YANG TERJADI PADA PELAT LANTAI 1 dan 5

* SEBELUM KOMPOSIT

Beban Mati = 336 Kg/m²
 Beban Hidup = 400 Kg/m²

* SESUDAH KOMPOSIT

Beban Mati = 495 Kg/m²
 Beban Hidup = 400 Kg/m²

TYPE PLAT	KONDISI	Lx mm	Ly mm	BEBAN SEGITIGA		BEBAN TRAPESIUM	
				MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²	MATI kg/m ²	HIDUP kg/m ²
A & C	SBL	3.6	7.2	403.20	460.00	554.40	660.00
	SSDH	3.6	7.2	594.00	460.00	816.75	660.00
B	SBL	2	7.2	224.00	266.67	327.36	369.71
	SSDH	2	7.2	330.00	266.67	482.27	369.71
D	SBL	3.6	5.7	403.20	460.00	524.38	624.27
	SSDH	3.6	5.7	594.00	460.00	772.53	624.27
E	SBL	2	2	224.00	266.67	-	-
	SSDH	2	2	330.00	266.67	-	-

TABEL MOMEN - MOMEN PLAT SEBELUM KOMPOSIT

LAT		q (kgm ²)	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	μ_{Lx}	μ_{Ly}	Mlx kgm	Mly kgm
A & C (arah)	Atap	563.2	3.6	7.2	2	100	37	729.907	270.096
	L1 2-9	803.2	3.6	7.2	2	100	37	1040.947	385.150
	L1 1 & 5	1043.2	3.6	7.2	2	100	37	1351.987	500.235
B (arah)	Atap	563.2	2	7.2	3.6	-	90.91	-	2664.208
	L1 2-9	803.2	2	7.2	3.6	-	90.91	-	3785.263
	L1 1 & 5	1043.2	2	7.2	3.6	-	90.91	-	4916.317
D (arah)	Atap	563.2	3.6	5.7	1.58	84	41	613.122	299.252
	L1 2-9	803.2	3.6	5.7	1.58	84	41	874.396	426.788
	L1 1 & 5	1043.2	3.6	5.7	1.58	84	41	1135.659	554.315

TABEL MOMEN - MOMEN PLAT SESUDAH KOMPOSIT

	q kgm ²	Lx m	Ly m	Lx/Ly	μ_{Lx}	μ_{Ly}	μ_{bc}	μ_{ty}	Mlx kgm	Mly kgm	Mlx kgm	Mly kgm
Atap	730	3.6	7.2	2	80	35	62	3.5	686.570	331.128	686.570	331.128
L1 2-9	994	3.6	7.2	2	62	35	62	3.5	798.899	450.878	798.899	450.878
L1 1 & 5	1234	3.6	7.2	2	62	35	62	3.5	991.544	559.742	991.544	559.742
Atap	730	2	7.2	3.6	-	71.43	-	100	-	2703.066	-	3784.320
L1 2-9	994	2	7.2	3.6	-	71.43	-	100	-	3630.640	-	5152.896
L1 1 & 5	1234	2	7.2	3.6	-	71.43	-	100	-	4539.326	-	6397.056
Atap	730	3.6	5.7	1.58	59	36	58	3.6	648.726	340.529	648.726	340.529
L1 2-9	994	3.6	5.7	1.58	59	36	58	3.6	747.170	463.761	747.170	463.761
L1 1 & 5	1234	3.6	5.7	1.58	59	36	58	3.6	927.573	575.736	927.573	575.736

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 1 DAN 5 SESUDAH KOMPOSIT

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 $\rho_{min} \leq \rho_{ada} \leq \rho_{max}$	a	Mu ada Nmm
A & C (dua arah)	Lap	X	114	991.544	0.954	0.0024	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	559.742	0.673	0.0017	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
	Tump	X	114	991.544	0.954	0.0024	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	559.742	0.673	0.0017	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
B (satu arah)	Lap	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	4569.33	3.328	0.0090	0.0090	1174.99	D18 - 200	1271.7	0.0097	OK	20.509	49136696
	Tump	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	6397.05	4.660	0.0130	0.0130	1704.94	D18 - 100	2543.4	0.0194	OK	41.018	89927454
D (dua arah)	Lap	X	114	927.573	0.892	0.0023	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	575.735	0.692	0.0018	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
	Tump	X	114	927.573	0.892	0.0023	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	575.735	0.692	0.0018	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957

TABEL PENULANGAN PLAT ATAP SESUDAH KOMPOSIT

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1	a	Mu ada Nmm
A & C (dua arah)	Lap	X	114	586.57	0.564	0.0014	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	331.128	0.398	0.0010	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
	Tump	X	114	586.57	0.564	0.0014	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	331.128	0.398	0.0010	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
B (satu arah)	Lap	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	2703.09	1.969	0.0051	0.0096	1257.6	D18 - 200	1271.7	0.0097	OK	20.509	49136696
	Tump	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	3784.32	2.755	0.0073	0.014	1834	D18 - 150	1695,6	0.0194	OK	41.018	89927454
D (dua arah)	Lap	X	114	548.726	0.528	0.0013	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	340.569	0.409	0.0010	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957
	Tump	X	114	548.726	0.528	0.0013	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	15967251
		Y	102	340.569	0.409	0.0010	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	14230957

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 2-4 DAN 6-9 SESUDAH KOMPOSIT

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0.0226 & f_c' &= 29.18 \text{ Mpa} \\ \rho_{\min} &= 0.0035 & m &= 16.127 \\ f_{ck}' &= 35 \text{ Mpa} & f_y &= 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Pn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{ada}} \leq \rho_{\max}$	a	Mu ada 10 ⁴ Nmm
A & C (dua arah)	Lac	X	114	798.899	0.768	0.0020	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.725
		Y	102	450.878	0.542	0.0014	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.095
	Tump	X	114	798.899	0.768	0.0020	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.725
		Y	102	450.878	0.542	0.0014	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.095
B (satu arah)	Lac	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	3680.64	3.142	0.0084	0.0084	1019.9	D18 - 200	1271.7	0.0105	OK	20.509	4506.725
	Tump	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	111	5152.9	4.399	0.0122	0.0122	1475.99	D18 - 150	1695.6	0.0140	OK	27.345	5823.502
D (dua arah)	Lap	X	114	747.17	0.719	0.0018	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.725
		Y	102	463.761	0.557	0.0014	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.095
	Tump	X	114	747.17	0.719	0.0018	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.725
		Y	102	463.761	0.557	0.0014	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.095

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 2 - 4 DAN 6 - 9 SEBELUM KOMPOSIT

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol $\rho_{min} \leq \rho_{ada} \leq \rho_{max}$	a mm	Mu ada Nmm
A & C (dua arah)	Lap	X	64	1040.947	3.177	0.0085	0.0085	544	D12 - 200	565.2	0.0088	OK	9.115	10751005
		Y	52	385.15	1.780	0.0046	0.0046	239.2	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7
B (satu arah)	Lap	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	61	3065.263	5.978	0.0170	0.0170	1379.84	D18 - 150	1695.6	0.0209	OK	27.345	36531341
D (dua arah)	Lap	X	64	874.396	2.668	0.0071	0.0071	454.4	D12 - 200	565.2	0.0089	OK	9.115	10751005
		Y	52	426.788	1.973	0.0051	0.0051	265.2	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 1 DAN 5 SEBELUM KOMPOSIT

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 $\rho_{min} \leq \rho_{ada} \leq \rho_{max}$	a mm	Mu ada Nmm
A & C (dua arah)	Lap	X	64	1351.987	4.126	0.0114	0.0114	726.683	D12 - 150	753.6	0.0118	OK	12.153	13968323
		Y	52	500.235	2.312	0.0061	0.0061	316.118	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7
B (satu arah)	Lap	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	61	3562.621	6.788	0.0203	0.0203	1643.41	D18 - 150	1695.6	0.0209	OK	27.345	36531341
D (dua arah)	Lap	X	64	1135.969	3.466	0.0094	0.0094	599.863	D12 - 200	452.16	0.0071	OK	7.292	8732691.1
		Y	52	554.315	2.562	0.0068	0.0068	352.377	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7

TABEL PENULANGAN PLAT ATAP

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 $\rho_{min} \leq \rho_{ada} \leq \rho_{max}$	a mm	Mu ada Nmm
A & C (dua arah)	Lap	X	64	729.907	2.227	0.0058	0.0035	234.00	D12 - 250	452.16	0.0071	OK	7.292	8732691.1
		Y	52	270.066	1.248	0.0032	0.0035	182.00	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7
B (satu arah)	Lap	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y	61	2654.208	5.057	0.0143	0.0143	1157.34	D18 - 200	1271.7	0.0157	OK	20.509	28789495
D (dua arah)	Lap	X	64	613.122	1.871	0.0049	0.0035	234.00	D12 - 250	452.16	0.0071	OK	7.292	8732691.1
		Y	52	299.262	1.363	0.0036	0.0035	182.00	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	6996396.7

TABEL MOMEN - MOMEN PLAT SESUDAH KOMPOSIT

PLAT		q kg/m ²	Lx m	Ly m	Lx/Ly	μ_{Lx}	μ_{Ly}	μ_{Bx}	μ_{By}	Mlx kgm	Mly kgm	Mlx kgm	Mly kgm
E	Atap	730	2	2	1	48	48	48	48	140.160	140.160	140.160	140.160
	L12-9	994	2	2	1	48	48	48	48	190.848	190.848	190.848	190.848
	L11&5	1234	2	2	1	48	48	48	48	236.928	236.928	236.928	236.928

TABEL MOMEN - MOMEN PLAT SEBELUM KOMPOSIT

PLAT		q (kg/m ²)	Lx (m)	Ly (m)	Lx/Ly	μ_{Lx}	μ_{Ly}	Mlx kgm	Mly kgm
E	Atap	563.2	2	2	1	44	44	99.123	99.123
	L12-9	803.2	2	2	1	44	44	141.363	141.363
	L11 & 5	1043.2	2	2	1	44	44	183.603	183.603

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 2-4 DAN 6-9 SESUDAH KOMPOSIT

AT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmincpada cpmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ N/mm	Kontrol 2 M<Muada
E arah)	Lap	X	114	190.85	0.184	0.0005	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.73	OK
		Y	102	190.85	0.229	0.0006	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.10	OK
	Tump	X	114	190.85	0.184	0.0005	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.73	OK
		Y	102	190.85	0.229	0.0006	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.10	OK

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 2-4 DAN 6-9 SEBELUM KOMPOSIT

PLAT			d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmincpada cpmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ N/mm	Kontrol 2 M<Muada
E arah)	Lap	X	62	141.363	0.653	0.0017	0.0035	182	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	699.63968	OK
		Y	64	141.363	0.431	0.0011	0.0035	224	D12 - 250	452.16	0.0071	OK	7.292	673.26912	OK

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 1 DAN 5 SESUDAH KOMPOSIT

		d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmin<pada <pmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ Nmm	Kontrol 2 M<Muada	
n)	Lap	X	114	236.928	0.228	0.0006	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.7251	OK
		Y	102	236.928	0.285	0.0007	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.0957	OK
n)	Tump	X	114	236.928	0.228	0.0006	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.7251	OK
		Y	102	236.928	0.285	0.0007	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.0957	OK

TABEL PENULANGAN PLAT LANTAI 1 DAN 5 SEBELUM KOMPOSIT

		d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmin<pada <pmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ Nmm	Kontrol 2 M<Muada	
sh)	Lap	X	52	183.603	0.849	0.0022	0.0035	182	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	699.63968	OK
		Y	64	183.603	0.560	0.0014	0.0035	224	D12 - 250	452.16	0.0071	OK	7.292	873.26912	OK

TABEL PENULANGAN PLAT ATAP SESUDAH KOMPOSIT

		d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmin<pada <pmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ Nmm	Kontrol 2 M<Muada	
rah)	Lap	X	114	140.160	0.135	0.0003	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.7251	OK
		Y	102	140.160	0.168	0.0004	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.0957	OK
rah)	Tump	X	114	140.160	0.135	0.0003	0.0035	399	D12 - 250	452.16	0.0040	OK	7.292	1596.7251	OK
		Y	102	140.160	0.168	0.0004	0.0035	357	D12 - 250	452.16	0.0044	OK	7.292	1423.0957	OK

TABEL PENULANGAN PLAT ATAP SEBELUM KOMPOSIT

		d mm	M 10 ⁴ Nmm	Rn	ρ	ρ pakai	As perlu mm ²	Dipasang	As ada mm ²	ρ ada	Kontrol 1 pmin<pada <pmax	a mm	Mu ada 10 ⁴ Nmm	Kontrol 2 M<Muada	
rah)	Lap	X	52	99.123	0.458	0.0012	0.0035	182	D12 - 250	452.16	0.0087	OK	7.292	699.63968	OK
		Y	64	99.123	0.303	0.0008	0.0035	224	D12 - 250	452.16	0.0071	OK	7.292	873.26912	OK

TABEL KONTROL LENDUTAN SEBELUM KOMPOSIT

bx = 2000 mm	fc' = 29,18 Mpa	b = 1000 mm
ly = 7200 mm	fy = 400,00 Mpa	Ec = 25388,70 Mpa
L = 5400 mm	fr = 3,78 MPa	n = 6

JENIS PLAT	h mm	Ig x 10 ⁶ mm ⁴	yt mm	d mm	Mcr x 10 ⁶ Nmm	Mmax x 10 ⁶ Nmm	As mm	Mcr/Mmax	X mm	Icr x 10 ⁶ mm ⁴	Ie x 10 ⁶ mm ⁴	Lendutan ijin max mm	S _(DL) mm	M ₀ x 10 ⁶ Nmm ⁴	Mcr/M ₀	I _{eq} x 10 ⁶ mm ⁴	δ ₀ mm	δ _L mm	K ₀
Lantai 2-4 dan 6-9	90	60,75	45	61	5,105	6,12	1695,6	0,629	29,32	13,624	25,333	20,00	36,35	6,95	0,734	32,297	25,74	12,6	
Lantai 1 dan 5	90	60,75	45	61	5,105	8,53	1695,6	0,598	29,32	13,624	23,724	20,00	43,02	6,95	0,734	32,297	25,74	17,27	
Atap	90	60,75	45	61	5,105	7,45	1271,7	0,665	26,50	12,116	27,763	40,00	32,1	6,95	0,734	31,386	26,49	5,614	

TABEL KONTROL LENDUTAN SESUDAH KOMPOSIT

JENIS PLAT	h mm	Ig x 10 ⁶ mm ⁴	yt mm	d mm	Mcr x 10 ⁶ Nmm	Mmax x 10 ⁶ Nmm	As mm	Mcr/Mmax	X mm	Icr x 10 ⁶ mm ⁴	Ie x 10 ⁶ mm ⁴	Lendutan ijin max mm	S _(DL) mm	M ₀ x 10 ⁶ Nmm ⁴	Mcr/M ₀	I _{eq} x 10 ⁶ mm ⁴	δ ₀ mm	δ _L mm	K ₀
Lantai 2-4 dan 6-9	140	228,67	70	111	12,352	10,96	1695,6	1,127	29,32	90,509	228,667	15,00	5,734	7,28	1,697	228,667	3,809	1,925	
Lantai 1 dan 5	140	228,67	70	111	12,352	13,16	1695,6	0,939	33,47	81,548	203,205	15,00	7,746	7,28	1,697	228,667	3,809	3,939	
Atap	140	228,67	70	111	12,352	8,75	1271,7	1,412	33,47	61,164	228,667	15,00	4,578	6,98	1,770	228,667	3,652	0,926	

TABEL PEMASANGAN TULANGAN PLAT

PLAT	LANTAI	STUD PLAT	SEBELUM KOMP		SESUDAH KOMP		DIPASANG	
			LAP	TUM	LAP	TUM	LAP	TUM
A & C	Lt 2 - 9	D8-200	D12-200	-	D12-250	D12-250	D12-200	D12-200
	Lt 1 & 5	D8-200	D12-150	-	D12-250	D12-250	D12-150	D12-150
	ATAP	D8-200	D12-250	-	D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
B	Lt 2 - 9	D8-200	D18-150	-	D18-200	D18-150	D18-150	D18-150
	Lt 1 & 5	D8-200	D18-150	-	D18-200	D18-100	D18-150	D18-100
	ATAP	D8-200	D18-200	-	D18-200	D18-150	D18-200	D18-150
D	Lt 2 - 9	D8-200	D12-200	-	D12-250	D12-250	D12-200	D12-200
	Lt 1 & 5	D8-200	D12-200	-	D12-250	D12-250	D12-200	D12-200
	ATAP	D8-200	D12-250	-	D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
E	Lt 2 - 9	D8-200	D12-250	-	D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
	Lt 1 & 5	D8-200	D12-250	-	D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
	ATAP	D8-200	D12-250	-	D12-250	D12-250	D12-250	D12-250

TABEL PENULANGAN LENTUR BALOK ANAK

bw = 300 mm	fc' = 29.18 MPa	m = 16.127
h _x = 500 mm	fy = 400 MPa	p _{min} = 0.004
sehrut = 40 mm	φ = 0.65 (aksial tekan dengan lentur)	p _b = 0.030
d = 443 mm	φ = 0.60 (aksial tarik dengan lentur)	p _{max} = 0.023

Lantai	M_u 10^6 Nm	M_n 10^6 Nm	R_n	ρ perlu	ρ pakai	Kontrol perlu \leq ρ max	As perlu (mm ²)	Dipasang	As pakai (mm ²)
2-4 DAN 6-9	160.37	200.46	3.405	0.0092	0.0092	OK	1221.86	8 D14	1230.88
1 DAN 5	194.58	243.23	4.131	0.0114	0.0114	OK	1511.16	10 D14	1538.6
ATAP	122.73	153.41	2.606	0.0069	0.0069	OK	915.75	6 D14	923.16

TABEL PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK ANAK

diameter = 10 mm	V _c = 119.66 KN	V _s max = 239.302 KN	φ(V _c +V _s min) = 89.76 KN
φ = 0.6	V _s min = 30.00 KN	0.5φV _c = 35.8963 KN	φ(V _c +V _s max) = 215.37 KN

Lantai	q kg/m ²	M _b Kgm	T _u Kgm ²	V _u KN	Σx ² y	φ20(fc') ^{0.85} Σx ² y	Pemeriksaan Torsi T _u < φ20(fc') ^{0.5} Σx ² y Torsi diabaikan	Kontrol φ(V _c +V _s min) < V _u < φ(V _c +V _s max)	S _{perlu} mm	S _{max1} mm	S _{max2} mm	Dipasang	
												Lapangan	Tum
2-4 DAN 6-9	250	200.88	361.584	133.639	92640000	15012926.78		OK	270.0271	221.50	600	D10-300	D10-300
1 DAN 5	400	321.408	578.534	192.152	92640000	15012926.78		OK	184.8217	221.50	600	D10-300	D10-300
ATAP	100	80.350	144.534	102.275	92640000	15012926.78		OK	547.8277	221.50	600	D10-400	D10-400

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK ATAP SESUDAH KOMPOSIT

$f_c = 25.15 \text{ Mpa}$ $n = 16.127$ $f_{tul} = 25 \text{ mm}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $o_{cring} = 40 \text{ mm}$ $f_{sepsi} = 12 \text{ mm}$
 $p_{maks} = 0.0226$ $p_{maks} = 0.0226$ $A_{e \# 25} = 490.625 \text{ mm}^2$

No	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p' perlu	p' pakai	p' perlu	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tar Pakai
							lump (Nmm)	laji (Nmm)										
g	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 21755400 laji + 20649500	1.5445 1.1774	0.0039	0.0047	0.0019	0.0022	1090.87 980.87	959.70	959.70	1451.11	1471.88	5 D-25
ig	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 21755400 laji + 20649500	1.5445 1.1774	0.0039	0.0047	0.0019	0.0022	1090.87 980.87	959.70	959.70	1451.11	1471.88	5 D-25
y	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 21755400 laji + 20649500	1.5445 1.1774	0.0039	0.0047	0.0019	0.0022	1090.87 980.87	959.70	959.70	1451.11	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 21755400 laji + 20649500	1.5445 1.1774	0.0039	0.0047	0.0019	0.0022	1090.87 980.87	959.70	959.70	1451.11	1471.88	5 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 9 SESUDAH KOMPOSIT

No	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p' perlu	p' pakai	p' perlu	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tar Pakai
							lump (Nmm)	laji (Nmm)										
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 371072100 laji + 21998500	2.4580 1.4321	0.0062	0.0076	0.0036	0.0045	1909.72 959.70	959.70	959.70	1471.88	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 534715000 laji + 270243000	3.5580 1.7372	0.0064	0.0082	0.0037	0.0046	2659.74 1298.74	1343.88	2943.75	1471.88	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 504662500 laji + 21668100	3.3384 0.1441	0.0063	0.0080	0.0036	0.0045	2488.89 959.70	1233.90	2943.75	1471.88	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 380757000 laji + 23276800	2.6320 1.5481	0.0061	0.0075	0.0036	0.0044	1934.65 1096.80	959.70	2450.13	1471.88	1471.88	5 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 8 SESUDAH KOMPOSIT

No	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p' perlu	p' pakai	p' perlu	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tar Pakai
							lump (Nmm)	laji (Nmm)										
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 528694400 laji + 21258100	3.9214 1.4137	0.0061	0.0084	0.0110	0.0055	3016.30 1014.54	1506.10	3434.24	1471.88	1471.88	7 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 318508000 laji + 23175000	3.4509 1.5414	0.0063	0.0086	0.0064	0.0070	2577.48 1096.80	1288.74	2943.75	1471.88	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 73420800 laji + 48208500	4.8645 2.8961	0.0132	0.0067	0.0140	0.0060	3030.80 2221.01	1091.98	3029.00	1471.88	1471.88	5 D-25
ng	400	750	1800	635.5	64.5	7200	lump - 68988500 laji + 36163500	4.5787 2.6175	0.0126	0.0066	0.0130	0.0060	3594.60 1919.40	1754.98	3029.00	1471.88	1471.88	5 D-25

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI ATAP SESUDAH KOMPOSIT

$f_c = 29.16 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $\rho_{min} = 0.0035$

$m = 16.127$
 $d_{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\rho_{maks} = 0.0226$

$Rumus ABC = Ax^2 + Bx + C = 0$
 $A = 0.85 f_c' \beta_{ow}$
 $B = 0.003 A_s' E_s - 0.85 f_c' A_s' \cdot A_s' f_y$
 $C = -0.003 A_s' E_s d'$
 $\downarrow \text{ tul} = 25 \text{ mm}$
 $\downarrow \text{ sengk} = 12 \text{ mm}$
 $A_s \downarrow 25 = 490.625 \text{ mm}^2$

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol Tul tekan leleh / belum	A	B	C	Letak garis netral "X" (mm)	Cc (balanced) (N)	cs'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn per
Melintang	290320500	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	23911250	1962.500	1471.875	232756.92	23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	61619.084	-56961563	80.445	646466.46	0.000595	139534	509120175	
Memanjang	268750000	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	232530000	1962.500	1471.875	232756.92	23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	61619.084	-56961563	80.445	646466.46	0.000595	139534	509120175	
Melintang	343529125	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	23911250	1962.500	1471.875	232756.92	23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	61619.084	-56961563	80.445	646466.46	0.000595	139534	509120175	
Memanjang	374497500	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	230203375	1962.500	1471.875	232756.92	23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	61619.084	-56961563	80.445	646466.46	0.000595	139534	509120175	

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 9 SESUDAH KOMPOSIT

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral "X" (mm)	Cc (balanced) (N)	cs'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn per
Melintang	464090125	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	26944375	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	
Memanjang	663395125	2443.750	1471.875	625256.92	63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-330881.916	-56961563	107.259	801949.12	0.001196	315551	749380354	
	269725875	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	
Melintang	627115625	2443.750	1471.875	625256.92	63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-330881.916	-56961563	107.259	801949.12	0.001196	315551	749380354	
	27035125	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	
Memanjang	475922125	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
	290633375	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 8 SESUDAH KOMPOSIT

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral "X" (mm)	Cc (balanced) (N)	cs'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn per
Melintang	748368700	3434.375	1962.500	637425.89	64.249	TUL BLM LELEH	8036.172	-244925.389	-75948750	113.642	913343.82	0.001297	460506	869971051	
	265695125	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	
Memanjang	648632625	2443.750	1471.875	625256.92	63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-330881.916	-56961563	107.259	801949.12	0.001196	315551	749380354	
	269725875	1471.875	1471.875	36506.92	3.680	TUL BLM LELEH	8036.172	257969.084	-56961563	69.662	559916.2	0.000222	28933.8	365927728	
Melintang	918159125	3925.000	1962.500	893675.89	84.030	TUL BLM LELEH	8036.172	-441175.889	-75948750	128.466	1032373.8	0.001494	527626	967845369	
	563260525	2453.125	1471.875	429006.92	43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-134631.916	-56961563	92.983	747230.92	0.000919	234019	629413203	
Memanjang	860820525	3925.000	1962.500	893675.89	84.030	TUL BLM LELEH	8036.172	-441175.889	-75948750	128.466	1032373.8	0.001494	527626	967845369	
	450139463	1962.500	1471.875	232756.92	23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	61619.084	-56961563	80.445	646466.46	0.000595	139534	509120175	

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 7 SESUDAH KOMPOSIT

$f_c = 29.18$ Mpa $m = 16.127$ $f_{tu} = 25$ mm
 $f_y = 400$ Mpa $\text{decking} = 40$ mm $f_{sengk} = 12$ mm
 $\rho_{min} = 0.0035$ $\rho_{maks} = 0.0226$ $A_s \pm 25 = 490.625$ mm²

Balok	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Pakai
							(kNm)	(kNm)										
Balok 7-1	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	796341600	5.2958	0.01507	0.00754	0.01507	0.00754	4132.51	2066.25	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	362543700	2.4329	0.00641	0.00320	0.01641	0.00350	1751.21	875.70	1962.50	1471.88	4 D-25
Balok 7-2	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	830757000	5.5848	0.01604	0.00802	0.01604	0.00802	4390.87	2195.44	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	375332500	2.4650	0.00681	0.00340	0.01681	0.00350	1784.00	892.00	1962.50	1471.88	4 D-25
Balok 7-3	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	175947000	1.1695	0.01059	0.00529	0.01059	0.00529	441.64	220.82	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	421623000	2.7856	0.00879	0.00439	0.00879	0.00439	2406.40	1203.20	2453.13	1471.88	5 D-25
Balok 7-4	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	622804200	5.4718	0.01580	0.00790	0.01580	0.00790	4292.60	2146.30	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	492690800	3.2758	0.00880	0.00440	0.00880	0.00440	2417.44	1208.72	2453.13	1471.88	5 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 6 SESUDAH KOMPOSIT

Balok	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Pakai
							(kNm)	(kNm)										
Balok 6-1	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	930830000	5.4597	0.01561	0.00780	0.01561	0.00780	4280.84	2140.42	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	441740000	2.9377	0.00784	0.00392	0.00784	0.00392	2140.86	1070.43	2453.13	1471.88	5 D-25
Balok 6-2	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	615457800	5.4230	0.01549	0.00774	0.01549	0.00774	4248.15	2124.08	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	471326100	3.1344	0.00841	0.00420	0.00841	0.00420	2304.87	1152.43	2453.13	1471.88	5 D-25
Balok 6-3	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	611119000	5.3941	0.01540	0.00770	0.01540	0.00770	4221.81	2110.91	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	403700000	2.6847	0.00712	0.00356	0.00712	0.00356	1952.46	976.23	1962.50	1471.88	4 D-25
Balok 6-4	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	626024300	5.5065	0.01577	0.00788	0.01577	0.00788	4324.75	2162.38	4415.63	2453.13	9 D-25
							lap-	329327540	2.1902	0.00574	0.00287	0.00574	0.00287	1574.23	787.12	1962.50	1471.88	4 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 5 SESUDAH KOMPOSIT

Balok	b (mm)	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Pakai
							(kNm)	(kNm)										
Balok 5-1	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	902170000	5.9996	0.01748	0.00873	0.01748	0.00873	4785.47	2392.74	4906.25	2453.13	10 D-25
							lap-	575750000	3.8289	0.01045	0.00523	0.01045	0.00523	2865.20	1432.60	2443.75	1471.88	6 D-25
Balok 5-2	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	919419000	6.1143	0.01796	0.00898	0.01796	0.00898	4896.35	2448.18	4906.25	2453.13	10 D-25
							lap-	526023000	3.4583	0.00835	0.00418	0.00835	0.00418	2563.99	1281.99	2443.75	1471.88	6 D-25
Balok 5-3	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	900660000	5.9857	0.01741	0.00870	0.01741	0.00870	4773.22	2386.61	4906.25	2453.13	10 D-25
							lap-	519286000	3.3935	0.00816	0.00408	0.00816	0.00408	2511.78	1255.89	2443.75	1471.88	6 D-25
Balok 5-4	400	750	1800	665.5	64.5	7200	tump-	920330000	6.1184	0.01797	0.00899	0.01797	0.00899	4900.32	2450.16	4906.25	2453.13	10 D-25
							lap-	492103570	3.2726	0.00881	0.00440	0.00881	0.00440	2414.65	1207.43	2453.13	1471.88	5 D-25

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 7 SESUDAH KOMPOSIT

$f_c' = 29.16 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $\rho_{min} = 0.0035$

$m = 16.127$
 $decking = 40 \text{ mm}$
 $\rho_{maks} = 0.0226$

$Rumus ABC = Ax^2 + Bx + C = 0$
 $A = 0.85 f_c' b w$
 $B = 0.003 A s' E_s - 0.85 f_c' A_s' - A_s y$
 $C = -0.003 A_s' E_s d'$

$\phi_{bal} = 25 \text{ mm}$
 $\phi_{sengk} = 12 \text{ mm}$
 $A_s @ 25 = 490.625 \text{ mm}^2$

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	as'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn
Meintang	595427000 -269456275	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Memanjang	7007132125 -259456275	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Meintang	613242250 -259456275	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Memanjang	7143302750 -259456275	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 6 SESUDAH KOMPOSIT

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	as'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn
Meintang	1026087500 552175000	4415.625 2453.125	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Memanjang	1019322250 599157625	4415.625 2453.125	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Meintang	1313889780 504625000	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	
Memanjang	1035030375 411671625	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845944.86 429006.92	85.250 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-949359.38	133.016	1068938.6	0.001545	697.311	1108202531	

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 5 SESUDAH KOMPOSIT

Posisi Balok	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	as'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Mn
Meintang	1127712500 719887500	4906.250 2943.750	2453.125 1471.875	1042094.86 625256.92	106.037 63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-551469.859	-949359.38	148.289	1191677.8	0.001695	776.822	1224036959	
Memanjang	1149262500 860035000	4906.250 2943.750	2453.125 1471.875	1042094.86 625256.92	106.037 63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-551469.859	-949359.38	148.289	1191677.8	0.001695	776.822	1224036959	
Meintang	1125100300 617367500	4906.250 2943.750	2453.125 1471.875	1042094.86 625256.92	106.037 63.022	TUL BLM LELEH	8036.172	-551469.859	-949359.38	148.289	1191677.8	0.001695	776.822	1224036959	
Memanjang	1150037500 815129482	4906.250 2453.125	2453.125 1471.875	1042094.86 429006.92	106.037 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-551469.859	-949359.38	148.289	1191677.8	0.001695	776.822	1224036959	

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 4 SESUDAH KOMPOSIT

$E = 2915 \text{ Mpa}$ $n = 16127$ $f_{cu} = 25 \text{ mm}$
 $f_{cp} = 400 \text{ Mpa}$ $d_{sengkang} = 40 \text{ mm}$ $f_{sengkang} = 12 \text{ mm}$
 $\rho = 0.0035$ $\rho_{maks} = 0.0025$ $A_{s\>425} = 490.625 \text{ mm}^2$

No	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tarik Pakai
						ik (mm)	ik (mm)										
5	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	791996000	5.3051	0.01511	0.00755	0.01511	0.00755	4141.81	2070.91	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	385910000	2.5644	0.00678	0.00359	0.00678	0.00359	1859.59	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
6	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	814194000	5.4148	0.01545	0.00773	0.01545	0.00773	4240.45	2120.24	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	391154000	2.6413	0.00700	0.00350	0.00700	0.00350	1918.78	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
7	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	711019000	4.9944	0.01377	0.00659	0.01377	0.00659	3773.72	1907.84	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	333333000	2.1854	0.00375	0.00188	0.00375	0.00188	2082.29	1041.14	1962.50	1471.96	4 D-25
8	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	821173000	5.4610	0.01552	0.00781	0.01552	0.00781	4282.02	2141.47	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	399740000	2.6185	0.00693	0.00347	0.00693	0.00347	1901.25	950.62	1962.50	1471.96	4 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 3 SESUDAH KOMPOSIT

No	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tarik Pakai
						ik (mm)	ik (mm)										
9	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	830250000	5.5614	0.01591	0.00791	0.01591	0.00791	4375.33	2187.66	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	410000000	3.1875	0.00556	0.00278	0.00556	0.00278	2347.24	1173.62	1962.50	1471.96	4 D-25
10	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	815457800	5.4230	0.01549	0.00775	0.01549	0.00775	4248.15	2124.08	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	311179000	2.1093	0.00552	0.00276	0.00552	0.00276	1513.27	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
11	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	814567000	5.4177	0.01548	0.00774	0.01548	0.00774	4243.25	2121.67	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	330000000	2.2344	0.00586	0.00293	0.00586	0.00293	1907.72	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
12	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	825670000	5.4919	0.01572	0.00789	0.01572	0.00789	4310.37	2155.18	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	3210091000	2.1348	0.00559	0.00279	0.00559	0.00279	1532.45	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 2 SESUDAH KOMPOSIT

No	h (mm)	bef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tarik Pakai
						ik (mm)	ik (mm)										
13	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	725068000	4.8485	0.01362	0.00681	0.01362	0.00681	3733.54	1866.77	3325.00	1912.50	5 D-25
						lap -	381150000	2.5347	0.00670	0.00335	0.00670	0.00335	1935.77	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
14	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	810113800	5.4007	0.01542	0.00771	0.01542	0.00771	4227.65	2113.92	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	441514000	2.2711	0.00596	0.00298	0.00596	0.00298	1635.53	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
15	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	755470000	5.0157	0.01414	0.00707	0.01414	0.00707	3976.65	1938.43	3325.00	1912.50	5 D-25
						lap -	340522000	2.2648	0.00595	0.00297	0.00595	0.00297	1630.58	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25
16	750	1800	665.5	64.5	7200	hump -	825822000	5.4919	0.01572	0.00789	0.01572	0.00789	4311.29	2155.66	4415.63	2453.13	5 D-25
						lap -	3921035000	2.6076	0.00790	0.00395	0.00790	0.00395	1992.65	959.70	1962.50	1471.96	4 D-25

KONTROL PENULANGAN BALOK SEBELUM KOMPOSIT

No	Balok	Beban merata		Beban terpusat		Beban ultimate		Reaksi ujung balok	M _u (kNm)	Direncanakan	As rencana (mm ²)	T (N)	s (cm)	M _u ada (Nm)	Mu
		qD (kg/m)	qL (kg/m)	FD (kg)	FL (kg)	qU (kg/m ²)	PU (kg)								
1	Memanjang	974.4	180	7724.16	1188	1457.28	11169.792	10831.104	293498000	4.0.25	1952.5	785000	79.12349313	317729223	
	Melintang	1298.4	165	-	-	1822.08	-	8559.488	113070794	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
2	Memanjang	974.4	450	7724.16	1188	1889.28	11169.792	12366.304	323491600	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	412.5	-	-	2218.08	-	7985.088	143751584	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
3	Memanjang	974.4	450	7724.16	1188	1889.28	11169.792	12366.304	323491600	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	412.5	-	-	2218.08	-	7985.088	143751584	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
4	Memanjang	974.4	450	7724.16	1188	1889.28	11169.792	12366.304	323491600	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	412.5	-	-	2218.08	-	7985.088	143751584	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
5	Memanjang	974.4	720	7724.16	1188	2321.28	11169.792	13941.604	351475000	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	360	-	-	2614.08	-	9419.888	169362384	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
6	Memanjang	974.4	720	7724.16	1188	2321.28	11169.792	13941.604	351475000	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	360	-	-	2614.08	-	9419.888	169362384	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
7	Memanjang	974.4	720	7724.16	1188	2321.28	11169.792	13941.604	351475000	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	360	-	-	2614.08	-	9419.888	169362384	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
8	Memanjang	974.4	720	7724.16	1188	2321.28	11169.792	13941.604	351475000	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	360	-	-	2614.08	-	9419.888	169362384	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	
9	Memanjang	974.4	720	7724.16	1188	2321.28	11169.792	13941.604	351475000	5.0.25	2453.125	961250	98.90436641	399397536	
	Melintang	1298.4	360	-	-	2614.08	-	9419.888	169362384	3.0.25	1471.875	588750	59.34261984	242956313	

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 4 SESUDAH KOMPOSIT

$f_c = 29.18 \text{ Mpa}$ $m = 16.127$ Rumus ABC = $Ax^2 + Bx + C = 0$ $f_{tul} = 25 \text{ mm}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $\text{decking} = 40 \text{ mm}$ $A = 0.85 f_c' b w$ $f_{sengk} = 12 \text{ mm}$
 $\rho_{min} = 0.0035$ $\rho_{maks} = 0.0226$ $B = 0.003 A_s' E_s - 0.85 f_c' A_s' - A_s f_y$ $A_s 25 = 190.625 \text{ mm}^2$
 $C = -0.003 A_s' E_s d'$

si	Mn perlu (Nm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	Cs'	Cs (N)	Mn ada (Nm)	Kont Momen Mn perlu <
jang	997357500 482012500	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	1017742500 496442500	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	920347500 536000000	3925.000 2453.125	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	65.475 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-159909.859	-94935938	119.030	956547.86	0.001374	619452	990254730	OK
jang	1026468500 492175000	4415.625 2453.125	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 3 SESUDAH KOMPOSIT

si	Mn perlu (Nm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	Cs'	Cs (N)	Mn ada (Nm)	Kont Momen Mn perlu <
jang	1045390000 599187500	4415.625 2453.125	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 43.241	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	1019302500 396437500	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	1018323750 419983750	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	1032087500 401261375	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 2 SESUDAH KOMPOSIT

si	Mn perlu (Nm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak garis netral 'X' (mm)	Cc (balanced) (N)	Cs'	Cs (N)	Mn ada (Nm)	Kont Momen Mn perlu <
jang	911335275 476437500	3925.000 1962.500	1962.500 1471.875	833675.89 232756.92	84.030 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-441175.899	-75948750	128.466	1032373.8	0.001494	537626	887845099	OK
jang	1015182250 426882500	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK
jang	841837500 426882500	3925.000 1962.500	1962.500 1471.875	833675.89 232756.92	84.030 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-441175.899	-75948750	128.466	1032373.8	0.001494	537626	887845099	OK
jang	1032277500 400328465	4415.625 1962.500	2453.125 1471.875	845844.86 232756.92	85.256 23.461	TUL BLM LELEH	8036.172	-355219.859	-94935938	133.016	1068938.6	0.001545	697311	1108202531	OK

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK LANTAI 1 SESUDAH KOMPOSIT

$E_c = 29.16 \text{ Mpa}$ $m = 16.127$ $\phi_{tul} = 25 \text{ mm}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ decking = 40 mm $\phi_{sengk} = 12 \text{ mm}$
 $\rho_{min} = 0.0035$ $\rho_{maks} = 0.0226$ $A_s \phi 25 = 490.625 \text{ mm}^2$

No	b (mm)	h (mm)	b'ef (mm)	d (mm)	d' (mm)	Panjang (mm)	Mu (Nmm)		Rn Mpa	p perlu	p' perlu	p pakai	p' pakai	As perlu mm ²	As' perlu mm ²	As pakai mm ²	As' pakai mm ²	Tulangan Tarik pakai
							lumbo +	lumbo -										
1	400	750	1800	640.5	64.5	7200	904112000	561250000	6.0125	0.01790	0.00875	0.01750	0.00875	4798.90	2095.43	490.25	2453.13	10 D-25
2	400	750	1800	640.5	64.5	7200	910171000	489530000	6.0525	0.01784	0.00980	0.01754	0.00982	4837.35	2418.67	490.25	2453.13	10 D-25
3	400	750	1800	640.5	64.5	7200	881300000	438100000	5.8909	0.01695	0.00949	0.01695	0.00949	4654.77	2027.38	490.25	2453.13	10 D-25
4	400	750	1800	640.5	64.5	7200	907828000	481730000	6.0372	0.01759	0.00879	0.01759	0.00879	4822.43	2411.21	490.25	2453.13	10 D-25

KONTROL MOMEN AKIBAT PEMASANGAN TULANGAN LANTAI 1 SESUDAH KOMPOSIT

$E_c = 29.16 \text{ Mpa}$ $m = 16.127$ Rumus ABC = $Ax^2 - Bx + C = 0$ $\phi_{tul} = 25 \text{ mm}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ decking = 40 mm $A = 0.05 \text{ m}^2/\text{m}$ $\phi_{sengk} = 12 \text{ mm}$
 $\rho_{min} = 0.0035$ $\rho_{maks} = 0.0226$ $B = 0.003 A_s' E_s - 0.85 m^2 A_s - A_s \phi$ $A_s \phi 25 = 490.625 \text{ mm}^2$
 $C = 0.002 A_s' E_s d'$

No	Mn perlu (Nmm)	As ada (mm ²)	As' ada (mm ²)	Cc (N)	a (mm)	Kontrol a < d'	A	B	C	Letak gans netral 'x' (mm)	Cc (balanced) (N)	cs'	Cs (N)	Mn ada (Nmm)	Kontrol Mn perlu < Mn ada
1	1130140000 701562500	490.25	125	1042094.86	105.037	B.L.M LELEH	8036.172	-551469.859	-94935938	148.289	1191677.76	0.0016951	770822.24	1.224E+09	OK
2	1137713750 624637500	490.25	125	1042094.86	105.037	B.L.M LELEH	8036.172	-551469.859	-94935938	148.289	1191677.76	0.0016951	770822.24	1.224E+09	OK
3	1101825000 547625000	490.25	125	1042094.86	105.037	B.L.M LELEH	8036.172	-551469.859	-94935938	148.289	1191677.76	0.0016951	770822.24	1.224E+09	OK
4	1134783000 802182500	490.25	125	1042094.86	105.037	B.L.M LELEH	8036.172	-551469.859	-94935938	148.289	1191677.76	0.0016951	770822.24	1.224E+09	OK

TABEL PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK

Ic	=	25.18					
Iy	=	400					
Diameter	=	12	mm	Smaks sepanjang d	=	158.88	
Axial	=	226.08	mm	Smaks diluar d	=	317.75	
Tu min	=	92.95	KNm	Balok 400 x 750	ΣX^2y	=	573600000
					ϕVc	=	148.32
					A1 min	=	262.05

Lantai	No. Bay	Daerah	Vu,b	Tu	Torsi	Kontrol Kebutuhan	ϕV_s	S perlu	S max 1	S max 2	S terp	
			KN	KNm	KNm	Tul Geser	KN	mm	mm	mm	mm	
ap	Memanjang	Interior	sendi plastis	136.20	3.04	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300
		luar sendi plastis	124.35	3.04	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
	Eksterior	sendi plastis	129.52	5.015	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
		luar sendi plastis	114.65	5.015	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
	Melintang	Interior	sendi plastis	82.54	2.92	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300
		luar sendi plastis	77.7	2.92	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
Eksterior	sendi plastis	85.12	6.17	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300		
	luar sendi plastis	74.4	6.17	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300		
ap	Memanjang	Interior	sendi plastis	228.07	5.4	Diabaikan	Perlu tul geser	79.75	466.37	342.75	600	300
		luar sendi plastis	215.64	5.4	Diabaikan	Perlu tul geser	67.32	552.51	342.75	600	300	
	Eksterior	sendi plastis	149.02	6.67	Diabaikan	Perlu tul geser	0.70	53135.26	342.75	600	300	
		luar sendi plastis	132.79	6.67	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
	Melintang	Interior	sendi plastis	123.72	5.45	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300
		luar sendi plastis	112.78	5.45	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300	
Eksterior	sendi plastis	126.11	7.25	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300		
luar sendi plastis	124.39	7.25	Diabaikan	Geser min	-	678.24	342.75	600	300			
ap	Memanjang	Interior	sendi plastis	209.63	8.3	Diabaikan	Perlu tul geser	61.31	606.67	342.75	600	300
		luar sendi plastis	197.99	8.30	Diabaikan	Perlu tul geser	49.67	748.84	342.75	600	300	
	Eksterior	sendi plastis	251.087	10.16	Diabaikan	Perlu tul geser	102.77	361.93	342.75	600	300	
		luar sendi plastis	245.832	10.16	Diabaikan	Perlu tul geser	97.51	381.44	342.75	600	300	
	Melintang	Interior	sendi plastis	189.8	7.91	Diabaikan	Perlu tul geser	41.48	696.69	342.75	600	300
		luar sendi plastis	178.16	7.91	Diabaikan	Perlu tul geser	29.84	1246.47	342.75	600	300	
Eksterior	sendi plastis	171.46	18.62	Diabaikan	Perlu tul geser	23.14	1607.38	342.75	600	300		
luar sendi plastis	169.71	18.62	Diabaikan	Perlu tul geser	21.39	1739.88	342.75	600	300			

Memanjang	Interior	sendi pasbs	321.32	10.49	Diabaikan	Perlu tul geser	173.00	215.00	342.75	600	2
		luar sendi pasbs	306.08	10.49	Diabaikan	Perlu tul geser	157.76	235.77	342.75	600	2
	Eksterior	sendi pasbs	296.29	12.09	Diabaikan	Perlu tul geser	149.97	248.01	342.75	600	2
		luar sendi pasbs	273.04	12.09	Diabaikan	Perlu tul geser	124.72	298.23	342.75	600	3
Melintang	Interior	sendi pasbs	247.83	10.18	Diabaikan	Perlu tul geser	99.51	373.79	342.75	600	3
		luar sendi pasbs	236.19	10.18	Diabaikan	Perlu tul geser	87.87	423.29	342.75	600	3
	Eksterior	sendi pasbs	211.15	22.06	Diabaikan	Perlu tul geser	62.83	591.99	342.75	600	3
		luar sendi pasbs	204.38	22.06	Diabaikan	Perlu tul geser	56.06	663.49	342.75	600	3
Memanjang	Interior	sendi pasbs	356.74	12.75	Diabaikan	Perlu tul geser	208.42	178.46	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	341.48	12.75	Diabaikan	Perlu tul geser	193.16	192.56	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	336.74	15.68	Diabaikan	Perlu tul geser	188.42	197.40	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	321.49	15.68	Diabaikan	Perlu tul geser	173.17	214.79	342.75	600	2
Melintang	Interior	sendi pasbs	403.19	11.8	Diabaikan	Perlu tul geser	254.87	145.94	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	399.54	11.8	Diabaikan	Perlu tul geser	251.62	147.82	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	252.91	29.18	Diabaikan	Perlu tul geser	104.59	355.62	342.75	600	3
		luar sendi pasbs	241.61	29.18	Diabaikan	Perlu tul geser	93.29	398.70	342.75	600	3
Memanjang	Interior	sendi pasbs	406.32	14.72	Diabaikan	Perlu tul geser	258.00	144.17	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	391.26	14.72	Diabaikan	Perlu tul geser	242.94	153.10	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	381.51	17.067	Diabaikan	Perlu tul geser	233.19	159.50	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	366.46	17.67	Diabaikan	Perlu tul geser	218.14	170.51	342.75	600	1
Melintang	Interior	sendi pasbs	465.21	13.84	Diabaikan	Perlu tul geser	316.89	117.37	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	449.15	13.84	Diabaikan	Perlu tul geser	300.83	123.64	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	275.05	30.7	Diabaikan	Perlu tul geser	126.73	293.50	342.75	600	2
		luar sendi pasbs	258.49	30.7	Diabaikan	Perlu tul geser	110.17	337.61	342.75	600	3
Memanjang	Interior	sendi pasbs	416.71	16.3	Diabaikan	Perlu tul geser	268.39	139.58	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	399.66	16.3	Diabaikan	Perlu tul geser	251.34	147.99	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	402.41	18.92	Diabaikan	Perlu tul geser	254.09	146.38	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	398.76	18.92	Diabaikan	Perlu tul geser	250.44	148.52	342.75	600	1
Melintang	Interior	sendi pasbs	517.24	15.7	Diabaikan	Perlu tul geser	368.92	100.82	342.75	600	1
		luar sendi pasbs	498.448	15.7	Diabaikan	Perlu tul geser	350.13	106.23	342.75	600	1
	Eksterior	sendi pasbs	299.72	31.8	Diabaikan	Perlu tul geser	151.40	245.67	342.75	600	2
		luar sendi pasbs	286.27	31.8	Diabaikan	Perlu tul geser	137.95	269.62	342.75	600	2

3	Memanjang	Intenor	sendi plasbs	434.92	17.4	Diabaikan	Perlu tul geser	286.60	129.78	342.75	600	1
			luar sendi plasbs	419.67	17.4	Diabaikan	Perlu tul geser	271.55	136.97	342.75	600	1
		Ekstelor	sendi plasbs	436.36	20.51	Diabaikan	Perlu tul geser	288.04	129.13	342.75	600	1
			luar sendi plasbs	421.31	20.51	Diabaikan	Perlu tul geser	272.99	136.25	342.75	600	1
	Melintang	Intenor	sendi plasbs	563.66	16.7	Diabaikan	Perlu tul geser	415.34	89.55	342.75	600	8
			luar sendi plasbs	548.61	16.7	Diabaikan	Perlu tul geser	400.29	92.92	342.75	600	8
	Ekstelor	sendi plasbs	320.16	34.94	Diabaikan	Perlu tul geser	171.84	216.45	342.75	600	2	
		luar sendi plasbs	309.61	34.94	Diabaikan	Perlu tul geser	161.29	230.61	342.75	600	2	
2	Memanjang	Intenor	sendi plasbs	429.97	17.8	Diabaikan	Perlu tul geser	281.65	132.06	342.75	600	1
			luar sendi plasbs	414.91	17.8	Diabaikan	Perlu tul geser	266.59	139.52	342.75	600	1
		Ekstelor	sendi plasbs	424.72	20.93	Diabaikan	Perlu tul geser	276.40	134.57	342.75	600	1
			luar sendi plasbs	413.44	20.93	Diabaikan	Perlu tul geser	265.12	140.29	342.75	600	1
	Melintang	Intenor	sendi plasbs	585.35	17.3	Diabaikan	Perlu tul geser	437.03	85.11	342.75	600	8
			luar sendi plasbs	568.29	17.3	Diabaikan	Perlu tul geser	419.97	88.57	342.75	600	8
	Ekstelor	sendi plasbs	321.47	35.4	Diabaikan	Perlu tul geser	173.15	214.81	342.75	600	2	
		luar sendi plasbs	308.421	35.4	Diabaikan	Perlu tul geser	160.10	232.32	342.75	600	2	
1	Memanjang	Intenor	sendi plasbs	413.55	15.12	Diabaikan	Perlu tul geser	265.23	140.24	342.75	600	1
			luar sendi plasbs	408.5	15.12	Diabaikan	Perlu tul geser	260.18	142.96	342.75	600	1
		Ekstelor	sendi plasbs	844.05	18.7	Diabaikan	Perlu tul geser	695.73	53.46	342.75	600	5
			luar sendi plasbs	832.87	18.7	Diabaikan	Perlu tul geser	684.55	54.33	342.75	600	5
	Melintang	Intenor	sendi plasbs	294.68	14.92	Diabaikan	Perlu tul geser	146.56	253.78	342.75	600	2
			luar sendi plasbs	283.34	14.92	Diabaikan	Perlu tul geser	135.02	275.48	342.75	600	2
	Ekstelor	sendi plasbs	382.85	33.1	Diabaikan	Perlu tul geser	234.53	158.59	342.75	600	1	
		luar sendi plasbs	361.37	33.1	Diabaikan	Perlu tul geser	213.05	174.58	342.75	600	1	

TABEL PENULANGAN LENTUR KOLOM (Akibat Mu & Nu)

No	No Kolom	Mu, k.x (kgm)		Mu, k.y (kgm)		Mux (Kgm)	Muy (Kgm)	Mu pakai (Kgm)	Pu (Kg)	Kx (Pu/Ag)	Ky (Mu/Agh)	p	p	As Perlu (mm ²)	Tulang Pasang
		Atas	Bawah	Atas	Bawah										
1	2-50 dan 58 3-9, 18, 26	26855.95	7365.85	35352.05	50746	26855.95	50745.95	65206.85	28629.50	0.63	2.37	0.015	0.017	7182.5	16 D-2
2	36-38, 46-51-57	34077.75	132560	18983.32	9593.69	132559.98	18983.32	142781.77	30173.56	0.71	5.20	0.040	0.042	17745	24 D-3
3	10 dan 27	15816.28	28230.6	112371	5455.4	28230.60	112371.00	127572.09	20968.56	0.50	4.65	0.030	0.032	13520	20 D-3
4	19-25, 28-29, 38-43	10901.28	29472.9	120328.8	27069.8	30900.28	120328.76	136967.37	34517.58	0.62	4.99	0.035	0.037	15632.5	20 D-3
5	44 dan 45	23705.85	122806	9333.52	10077.1	122805.85	10077.09	128231.98	38391.96	0.91	4.67	0.030	0.032	13520	20 D-3
6	47 dan 48	13953.25	15531.8	34953.63	16801.6	15531.61	34953.63	43316.91	30695.51	1.23	3.47	0.025	0.027	6750	16 D-2
1	2-50 dan 58 3-9, 18, 26	26664.27	21883.3	59788.76	33564.1	26664.27	59788.76	74146.44	69213.83	1.64	2.70	0.015	0.017	7182.5	16 D-2
2	36-38, 46-51-57	42772.89	52274.9	105676.1	26882.7	52274.90	105676.09	153824.11	70695.85	1.67	4.87	0.040	0.042	17745	24 D-3
3	10 dan 27	14987.90	14986.9	120958.3	16136	14987.90	120958.34	128929.75	44016.84	1.04	4.69	0.035	0.037	15632.5	20 D-3
4	19-25, 28-29, 38-43	39481.80	50128.4	94958.92	51527.3	50128.40	94958.92	121849.14	73673.34	1.74	4.44	0.035	0.037	15632.5	20 D-3
5	44 dan 45	36564.27	46109.4	85658.06	29060	46109.36	85658.06	110496.18	77571.77	1.64	4.02	0.030	0.032	13520	20 D-3
6	47 dan 48	17318.16	37396.5	12816.72	18177.2	37396.55	18177.20	47184.27	55999.28	2.24	3.77	0.030	0.032	8000	20 D-2
1	2-50 dan 58 3-9, 18, 26	32076.50	30825.7	52255.39	49817.6	32076.80	52255.39	69527.57	93955.58	2.22	2.53	0.015	0.017	7182.5	16 D-2
2	36-38, 46-51-57	54433.34	72268.4	99378.67	40964.7	72268.36	99378.67	138292.40	98931.36	2.34	5.04	0.040	0.042	17745	24 D-3
3	10 dan 27	21439.73	23317.2	125724.6	26209.4	23317.23	125724.55	138279.58	59611.54	1.41	5.04	0.040	0.042	17745	24 D-3
4	19-25, 28-29, 38-43	49998.95	69021.3	99429.01	90065.9	69021.27	99429.01	136594.31	99274.68	2.35	4.97	0.040	0.042	17745	24 D-3
5	44 dan 45	48543.53	67562.2	93748.5	45582.3	67562.23	93748.50	130128.16	65622.23	2.02	4.74	0.035	0.037	15632.5	20 D-3
6	47 dan 48	22091.97	31504.6	39005.48	28593.5	31504.61	39005.48	55569.50	71203.57	2.85	4.48	0.035	0.037	9250	20 D-2
1	2-50 dan 58 3-9, 18, 26	36636.19	40493.8	60472.83	66351.2	40493.80	66351.22	88155.57	135302.00	3.20	3.21	0.015	0.017	7182.5	16 D-2
2	36-38, 46-51-57	62579.19	91007.8	51151.59	55588.3	91007.79	55588.25	120939.82	169515.00	4.01	4.40	0.040	0.042	17745	24 D-3
3	10 dan 27	28966.77	35434.9	130052.2	34859.1	35434.86	130052.18	149132.49	85052.88	2.01	5.43	0.040	0.042	17745	24 D-3
4	19-25, 28-29, 38-43	59815.03	86917.3	105450	106433	86917.33	106433.00	153234.64	85052.88	2.01	5.58	0.045	0.047	19857.5	28 D-3
5	44 dan 45	56459.48	85053.00	43186.02	59613.7	85053.00	59613.71	117152.69	118343.00	2.60	4.27	0.035	0.037	15632.5	20 D-3
6	47 dan 48	25595.39	37710.9	24437.49	37554.2	37710.85	37554.16	57932.33	80719.84	2.31	4.63	0.035	0.037	9250	20 D-2
1	2-50 dan 58 3-9, 18, 26	43906.99	55376	57765.27	48307	55376.00	57765.27	87583.12	237709.00	5.63	3.19	0.015	0.017	7182.5	16 D-2
2	36-38, 46-51-57	72662	100885	57749.18	66028	100885.00	66025.00	13536.46	240882.00	5.70	4.95	0.040	0.042	17745	24 D-3
3	10 dan 27	36794	51083.3	34033.63	103878	51063.25	103878.00	131373.60	126186.00	2.99	4.78	0.040	0.042	17745	24 D-3
4	19-25, 28-29, 38-43	68439	101309	95979	108132	101309.00	108132.00	160683.00	191481.00	4.53	5.65	0.045	0.047	19857.5	28 D-3
5	44 dan 45	67049.41	96486	48931.56	60786.6	96486.00	60786.59	132217.24	130494.00	3.06	4.81	0.030	0.032	13520	20 D-3
6	47 dan 48	28965.21	46021.8	29450.92	46534.1	46021.82	46534.13	70776.65	86154.84	3.45	5.58	0.040	0.042	10500	24 D-2

TABEL PENULANGAN LENTUR KOLOM (Akibat Mu & Nu)

antai	No	No.Kolom	Mu, k-x (kgm)		Mu, k-y (kgm)		Mux	Muy	Mu pakai	Pu	Kx	Ky	p	p	As Perlu	Tula
			Atas	Bawah	Atas	Bawah	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg/m)	(Kg)	(Pu/Ag)	(Mu/Ag)			(mm ²)	Pas
5	1	2,50 dan 58 3-9,18,26	43028.13	57819	73174.01	34716	57819.00	73174.01	104307.32	307530.00	6.28	3.04	0.015	0.017	8330	20
	2	36,38,46,51-57	79500.00	115005	62534.7	80569	115005.00	80569.00	158388.31	312954.00	6.39	4.62	0.035	0.037	18130	24
	3	10 dan 27	42081.59	58821	36773.09	117954	58821.00	117954.00	149626.85	183987.00	3.75	4.36	0.035	0.037	18130	24
	4	19-25,28-29,39-43	80958	22004	96738	137458	80958.00	137458.00	181050.77	240872.00	4.92	5.29	0.040	0.042	20580	28
	5	44 dan 45	79789	17958	58444.91	98709	79799.00	98709.00	141677.69	142535.00	2.91	4.13	0.030	0.037	18130	24
	6	47 dan 48	28223.24	43628	30879.96	39216.6	43628.02	39216.51	64744.66	89258.29	3.57	5.18	0.040	0.042	10500	24
4	1	2,50 dan 58 3-9,18,26	47550.13	65676	81409	78008	65676.00	81409.00	116773.00	380542.00	7.77	3.40	0.015	0.017	8330	20
	2	36,38,46,51-57	92064	26965	70055.74	132758	92064.00	132758.00	182330.92	387944.00	7.92	6.32	0.040	0.042	20580	28
	3	10 dan 27	51233	74553	40506	134908	74553.00	134908.00	175051.92	256735.00	5.24	5.10	0.040	0.042	20580	28
	4	19-25,28-29,39-43	67352.00	34119	119434	147107	67352.00	147107.00	194142.69	226049.00	4.61	5.66	0.045	0.047	23030	32
	5	44 dan 45	64830.00	30197	64543	97852.3	64830.00	97852.34	143422.34	164137.00	3.35	4.18	0.035	0.037	18130	24
	6	47 dan 48	30528.06	47428.7	25176.73	36589.3	47428.65	36589.25	67130.55	96651.82	3.87	5.37	0.045	0.047	11750	24
3	1	2,50 dan 58 3-9,18,26	46521.49	78225	82008	83725	78225.00	83725.00	125846.15	456674.00	9.36	3.67	0.015	0.017	8330	20
	2	36,38,46,51-57	98926.00	146532	70981	77189	146532.00	77189.00	188095.31	470415.00	9.60	5.48	0.040	0.042	20580	28
	3	10 dan 27	57729	94566	40555	122157	94566.00	122157.00	173077.15	375805.00	7.67	5.05	0.040	0.042	20580	28
	4	19-25,28-29,39-43	90720	43690	124972	144823	90720.00	144823.00	193403.00	321148.00	6.55	5.64	0.045	0.047	23030	32
	5	44 dan 45	89369	42125	69615	112506	89369.00	112506.00	160627.77	216776.00	4.42	4.68	0.035	0.037	18130	24
	6	47 dan 48	31584.46	50143	28765.3	29863	50143.00	28765.30	66532.01	131142.00	5.25	5.25	0.045	0.047	11750	24
2	1	2,50 dan 58 3-9,18,26	43674.75	65624	70728	48038	65624.00	70728.00	106171.69	525458.00	10.72	3.10	0.015	0.017	8330	20
	2	36,38,46,51-57	94816	58772	61850	129489	94816.00	129489.00	180543.23	545351.00	11.13	5.26	0.045	0.047	23030	32
	3	10 dan 27	57041	20697	34895	163378	57041.00	163378.00	194092.38	450770.00	9.20	5.66	0.045	0.047	23030	32
	4	19-25,28-29,39-43	88314	82958	116043	148460	88314.00	148460.00	196013.69	355770.00	7.26	5.71	0.050	0.052	25480	32
	5	44 dan 45	86294	56374	69022	122967	86294.00	122967.00	169433.00	301264.00	6.15	4.84	0.040	0.042	20580	28
	6	47 dan 48	30322.38	52769	40040.91	39447	52769.00	40040.91	74329.49	196211.00	7.65	5.95	0.050	0.052	13000	28
1	1	2,50 dan 58 3-9,18,26	49550.63	63363	6443	68065	63363.00	68065.00	102183.54	598916.00	12.22	2.98	0.015	0.017	8330	20
	2	36,38,46,51-57	53873	95099	57728	133955	95099.00	133955.00	165162.15	623500.00	12.72	5.40	0.045	0.047	23030	32
	3	10 dan 27	80999	72376	4004	134097	80999.00	134097.00	177711.85	541999.00	11.08	5.16	0.045	0.047	23030	32
	4	19-25,28-29,39-43	46454	78098	45833	162499	46454.00	162499.00	205090.23	454181.00	9.27	5.99	0.050	0.052	25480	32
	5	44 dan 45	45367	75892	33455	149633	45367.00	149633.00	190497.92	388858.00	8.14	5.55	0.040	0.047	23030	32
	6	47 dan 48	17412.19	51023	25534.4	40568.2	51023.00	40568.23	72867.43	273528.00	10.96	5.83	0.050	0.052	13000	28

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER KOLOM

$E' = 35 \text{ MPa}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$

selang = 12
 Av selang = 226.44

Kolom	Dimensi		Vu,k		Vu,k	Nu,k	Torsi	Tu max	Kontrol Torsi Tu < Tu max	φVr N	0.5 φVr N	S perlu	S' mm	S max1 mm	S max2 mm	S max3 mm
	b	h	Arah 1	Arah 2												
	m	m	Kg	Kg	Kg	Kg	Nmm	(Nmm)								
2,50 dan 58 3-9,18,26,	0,65	0,65	7501,27	10915,51	10915,51	28629,50	13906000,00		Torsi diabaikan	230256,00	115128,00	tul.min	417,36	325,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	13622,49	5358,06	13622,49	30173,56	13906000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	230829,31	115414,66	tul.perlu	2485,66	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	20758,15	7653,31	20758,15	20968,56	13906000,00		Torsi diabaikan	227411,47	113705,73	tul.perlu	551,02	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,6	18806,68	18273,01	18806,68	34517,99	13906000,00		Torsi diabaikan	232442,41	116221,21	tul.perlu	719,99	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,6	14471,94	6517,36	14471,94	36391,96	13906000,00		Torsi diabaikan	233680,83	116940,42	tul.perlu	1862,09	325,00	200,00	320,00
2,50 dan 58 3-9,10,26,	0,65	0,65	9184,97	2654,05	9184,97	30689,51	4866900,00		Torsi diabaikan	138482,43	69241,22	tul.perlu	1734,36	250,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	15033,36	23491,49	23491,49	69213,83	23983000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	245325,05	122662,54	tul.perlu	460,81	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	29250,10	19161,08	29250,10	70695,85	23983000,00		Torsi diabaikan	245875,37	122937,68	tul.perlu	305,06	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,6	9190,76	11435,00	11435,00	44016,84	23983000,00		Torsi diabaikan	235969,37	117994,69	tul.min	417,36	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,6	27808,21	34832,22	34832,22	73673,34	23983000,00		Torsi diabaikan	246980,92	123490,46	tul.perlu	230,07	325,00	200,00	320,00
2,50 dan 58 3-9,18,26,	0,65	0,65	25732,00	19982,70	25732,00	77571,77	23983000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	248428,42	124214,21	tul.perlu	398,62	325,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	12690,51	3556,98	12690,51	55999,29	8387200,00		Torsi diabaikan	148977,40	74488,70	tul.perlu	728,05	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	18755,71	30704,40	30704,40	93955,59	33387000,00		Torsi diabaikan	254511,78	127255,89	tul.perlu	287,71	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,6	39164,90	25426,65	39164,90	98931,36	33387000,00		Torsi diabaikan	256399,30	128179,66	tul.perlu	196,33	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,6	13669,99	19061,04	19061,04	59611,54	33387000,00		Torsi diabaikan	241759,73	120879,86	tul.perlu	1301,95	325,00	200,00	320,00
2,50 dan 58 3-9,18,26,	0,65	0,65	39404,78	49581,60	49581,60	99274,69	33387000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	256496,77	128248,39	tul.perlu	140,73	325,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	36323,67	25123,25	36323,67	85522,23	33387000,00		Torsi diabaikan	251380,45	125690,22	tul.perlu	218,67	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	18697,90	14854,36	18697,90	71203,67	11689700,00		Torsi diabaikan	154556,46	77278,23	tul.perlu	425,91	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,65	23185,41	38433,48	38433,48	135302,00	41531000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	268963,65	134431,81	tul.perlu	207,40	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,6	47932,94	27790,15	47932,94	169615,00	41531000,00		Torsi diabaikan	292567,22	146283,61	tul.perlu	153,02	325,00	200,00	320,00
2,50 dan 58 3-9,18,26,	0,65	0,6	19806,12	19989,67	19989,67	85052,89	41531000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	251205,19	125603,09	tul.perlu	698,25	325,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	45657,71	45167,96	45657,71	85052,89	41531000,00		Torsi diabaikan	251205,19	125603,09	tul.perlu	159,29	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	40338,22	31959,55	40338,22	118343,00	41531000,00		Torsi diabaikan	263586,90	131783,45	tul.perlu	190,45	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,6	19706,57	19308,16	19706,57	80719,84	14541200,00		Torsi diabaikan	125439,69	62719,85	tul.perlu	295,12	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,65	29740,10	46567,18	46567,18	237709,00	43581000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	307387,67	153643,83	tul.perlu	153,94	325,00	200,00	320,00
2,50 dan 58 3-9,18,26,	0,65	0,6	55824,00	29526,06	55824,00	240982,00	43581000,00	44504504,33	Torsi diabaikan	309096,01	154548,01	tul.perlu	128,13	325,00	200,00	320,00
36,38,46,51-57 10 dan 27	0,65	0,6	27150,00	24117,00	27150,00	126186,00	43581000,00		Torsi diabaikan	298474,03	149237,02	tul.perlu	374,13	325,00	200,00	320,00
19-25,28-29,39-43	0,65	0,6	54042,00	72153,00	72153,00	191481,00	43581000,00		Torsi diabaikan	290715,84	145357,92	tul.perlu	89,78	325,00	200,00	320,00
44 dan 45	0,65	0,6	51916,00	37533,37	51916,00	130494,00	43581000,00		Torsi diabaikan	268078,60	134039,30	tul.perlu	134,66	325,00	200,00	320,00
47 dan 48	0,65	0,6	23032,36	23671,30	23671,30	86154,84	17009900,00		Torsi diabaikan	160042,88	80021,44	tul.perlu	243,55	325,00	200,00	320,00

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER KOLOM

$k_x = 24 \text{ MPa}$
 $k_y = 120 \text{ MPa}$

selang = 12
 $s_x \text{ selang} = 236.44$

I	Kolom	Dimensi		Vu,k		Vu,k	Nu,k	Torsi	Tu max	Kontrol Torsi Tu < Tu max	φVr	N	0.5 φ Vc N	S perlu	S mm	S max1	S max2	S max3
		b	h	Arah X	Arah Y													
		m	m	Kg	Kg	Kg	Kg	Nmm	(Nmm)									
1	2,50 dan 58 3-9,18,26, 36,38,46,51-57 10 dan 27	0.7	0.7	31236.00	51619.00	51619.00	307530.00	48249000.00	55585052.29	Torsi dibagikan	382653.71	171275.25	tul perlu	164.26	312.75	200.00	320.00	
	19,25,28-29,39-43 44 dan 45	0.7	0.7	66157.00	43969.00	66157.00	312954.00	48248000.00		Torsi dibagikan	344420.80	172210.40	tul perlu	115.77	312.75	200.00	320.00	
	47 dan 48	0.5	0.5	22365.37	24949.25	24949.25	99258.29	17755500.00		Torsi dibagikan	299955.37	149977.69	tul perlu	351.29	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	63786.00	84403.00	84403.00	240672.00	48249000.00		Torsi dibagikan	319580.27	159794.13	tul perlu	62.80	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	81516.00	44255.12	61516.00	142535.00	48248000.00		Torsi dibagikan	235663.49	142831.75	tul perlu	119.95	312.75	200.00	320.00	
2	2,50 dan 58 3-9,18,26, 36,38,46,51-57 10 dan 27	0.7	0.7	33282.56	58463.00	58463.00	380542.00	4938400.00	55585052.29	Torsi dibagikan	367723.09	183861.94	tul perlu	141.37	312.75	200.00	320.00	
	19,25,28-29,39-43 44 dan 45	0.7	0.7	65303.00	50237.00	65303.00	387944.00	4938400.00		Torsi dibagikan	370275.96	185137.98	tul perlu	121.09	312.75	200.00	320.00	
	47 dan 48	0.5	0.5	24271.97	29535.83	29535.83	96651.02	1936300.00		Torsi dibagikan	163989.11	81949.06	tul perlu	277.85	237.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	38950.00	29537.00	38950.00	258735.00	4938400.00		Torsi dibagikan	325037.53	162518.77	tul perlu	249.60	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	68840.00	51511.90	68840.00	164137.00	4938400.00		Torsi dibagikan	314457.57	157228.78	tul perlu	74.09	312.75	200.00	320.00	
3	2,50 dan 58 3-9,18,26, 36,38,46,51-57 10 dan 27	0.7	0.7	32246.00	63671.00	63671.00	458674.00	51845000.00	55585052.29	Torsi dibagikan	394662.35	197331.18	tul perlu	128.94	312.75	200.00	320.00	
	19,25,28-29,39-43 44 dan 45	0.7	0.7	80132.00	55133.00	80132.00	470415.00	51845000.00		Torsi dibagikan	398710.43	199355.22	tul perlu	94.12	312.75	200.00	320.00	
	47 dan 48	0.5	0.5	21370.95	31970.00	31970.00	131142.00	21413000.00		Torsi dibagikan	176580.27	88275.14	tul perlu	244.91	237.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	47275.00	31359.00	47275.00	375805.00	51845000.00		Torsi dibagikan	366090.65	183045.33	tul perlu	195.56	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	74349.00	35482.00	99482.00	321148.00	51845000.00		Torsi dibagikan	347245.94	173622.97	tul perlu	68.99	312.75	200.00	320.00	
4	2,50 dan 58 3-9,18,26, 36,38,46,51-57 10 dan 27	0.7	0.7	40218.00	67916.00	67916.00	529458.00	53030000.00	55585052.29	Torsi dibagikan	417683.24	208844.12	tul perlu	120.46	312.75	200.00	320.00	
	19,25,28-29,39-43 44 dan 45	0.7	0.7	20915.00	65336.00	82815.00	545351.00	53030000.00		Torsi dibagikan	426546.97	212273.49	tul perlu	91.99	312.75	200.00	320.00	
	47 dan 48	0.5	0.5	21780.00	34107.00	34107.00	196211.00	53030000.00		Torsi dibagikan	200426.70	100213.35	tul perlu	235.22	237.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	52034.00	30656.00	52034.00	450770.00	53030000.00		Torsi dibagikan	391937.20	195968.60	tul perlu	174.66	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	79134.00	104135.00	104135.00	355770.00	53030000.00		Torsi dibagikan	358182.96	179091.48	tul perlu	85.74	312.75	200.00	320.00	
5	2,50 dan 58 3-9,18,26, 36,38,46,51-57 10 dan 27	0.7	0.7	62015.00	84024.00	84024.00	588916.00	53030000.00	55585052.29	Torsi dibagikan	443015.19	221507.60	tul perlu	91.57	312.75	200.00	320.00	
	19,25,28-29,39-43 44 dan 45	0.7	0.7	77506.00	73097.00	77506.00	523500.00	53030000.00		Torsi dibagikan	451491.30	225745.65	tul perlu	103.14	312.75	200.00	320.00	
	47 dan 48	0.5	0.5	21118.00	23805.00	23805.00	273926.00	12123000.00		Torsi dibagikan	226942.44	114471.72	tul perlu	456.46	237.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	58132.00	42574.00	58132.00	541990.00	53030000.00		Torsi dibagikan	423391.27	211695.63	tul perlu	149.04	312.75	200.00	320.00	
		0.7	0.7	73967.00	96003.00	96003.00	454181.00	53030000.00		Torsi dibagikan	393113.25	196556.62	tul perlu	74.21	312.75	200.00	320.00	

PERENCANAAN TIANG PANCANG

Spesifikasi tiang pancang

$$A_s = 15.27 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 1570.80 \text{ cm}^2$$

$$W = 17480.5 \text{ cm}^3$$

$$D = 500 \text{ mm}$$

$$M_{crack} = 25 \text{ tm}$$

$$M_{ult} = 45 \text{ tm}$$

$$P_{ijin} = 221.12 \text{ ton}$$

$$C_u = 2.69 \text{ ton/m}^2$$

$$C_r = 1.345 \text{ ton/m}^2$$

Kolom	Pu (ton)	Mx (tonm)	My (tonm)	Hx (ton)	Hy (ton)	Kedalaman pemancangan (m)	Pijin tiang (ton)	Kebutuhan tiang	Dipakai tiang	Jarak tiang (m)	Ukuran Poer (m)	Beban total (ton)	Pmax bar (ton)
Corner Kol 2,50,58	601.410	68.650	53.353	52.019	84.024	32	104.19	5.77	6	1.5	1.0x2.5x4.0	625.410	130.051
Interior	456.674	62.489	79.497	70.667	95.941	30	85.47	5.34	6	1.5	1.0x2.5x4.0	480.674	107.251
Eksterior	623.99	53.965	95.099	77.506	73.397	32	104.19	5.99	6	1.5	1.0x2.5x4.0	647.990	131.400
Void 7,8,9,10,27	544.492	93.002	72.376	59.182	86.729	34	170.6	3.19	4	1.5	1.0x2.5x2.5	559.492	194.999
Kol 44,45	401.351	49.633	75.892	68.922	56.995	32	104.19	3.85	4	1.5	1.0x2.5x2.5	416.351	145.929
Kol 47,48	275.198	5.089	5.1023	21.316	23.605	30	85.47	3.22	4	1.5	1.0x2.5x2.5	290.198	75.947

Kolom	f m	L1 m	L2 m	Jenis tiang	Kuat geser tanah (ton)	Kontrol $M_o > H$ terjadi	My terjadi (tm)	Kontrol M_y terjadi $< M_y$ tiang
Corner kol 2,50,58	2.268	3.168	6.969	Tiang panjang	32.941	OK	33.499	OK
Interior	2.737	3.637	8.002	Tiang panjang	39.759	OK	42.623	OK
Eksterior	2.429	3.349	7.369	Tiang panjang	35.581	OK	37.801	OK
Void 7,8,9,10,27	3.614	4.514	9.931	Tiang panjang	52.499	OK	43.561	OK
Kol 44,45	3.076	3.976	8.753	Tiang panjang	44.718	OK	44.568	OK
Kol 47,48	1.100	2.000	4.400	Tiang panjang	15.978	OK	11.583	OK

PERENCANAAN GESER POER PADA PENAMPANG KRITIS TIANG

ϕ seng = 25 mm	ϕ Vcx = 26.364 ton	ϕ Vcy = 27.35 ton	$1/3fc' \cdot 0.5bwy \cdot d = 52.729$ ton (arah x)
$A_v = 981.74$ mm ² (luas 2 ϕ as)	0.5ϕ Vcx = 13.182 ton	0.5ϕ Vcy = 13.67 ton	$1/3fc' \cdot 0.5bwy \cdot d = 54.698$ ton (arah x)
	ϕ Vsx min1 = 8.913 ton	ϕ Vsy min1 = 9.25 ton	$2/3fc' \cdot 0.5bwy \cdot d = 105.46$ ton (arah x)
			$2/3fc' \cdot 0.5bwy \cdot d = 109.4$ ton (arah y)

Kolom	Vux ton	Vuy ton	Kebutuhan tul geser arah X	Kebutuhan tul geser arah Y	ϕ Vsx ton	ϕ Vsy ton	Sx perlu mm	Sx min1 mm	Sxy min2 mm	Sx min3 mm	Sy perlu mm	Sy min1 mm	Sx pakai mm	Sy pakai mm
Corner Kol 2,50,56	118.05	118.05	Butuh	Butuh	91.687	90.702	220.24	214.3	320	300	230.94	222.25	200	200
Interior	95.251	95.251	Butuh	Butuh	68.896	67.902	293.13	214.3	320	300	308.48	222.25	250	200
Eksterior	119.4	119.4	Butuh	Butuh	93.036	92.052	217.04	214.3	320	300	227.55	222.25	200	200
Void 7,8,9,10,27	128.23	125.38	Butuh	Butuh	101.866	99.016	198.23	214.3	320	300	211.55	222.25	150	200
Kol 44,45	116.65	118.2	Butuh	Butuh	90.466	91.836	223.16	214.3	320	300	228.09	222.25	200	200
Kol 47,48	63.547	68.447	Butuh	Butuh	37.582	41.098	537.29	214.3	320	300	509.68	222.25	300	200

CHEK GESER PONS

$f_c' = 29.18 \text{ Mpa}$ $t_{poer} = 1000 \text{ mm}$ $Deck = 70 \text{ mm}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$ $\phi_{tul} = 32 \text{ mm}$ $d = 682 \text{ mm}$
 $b_o = 6328 \text{ mm}$ $V_{c1} = 1507.467 \text{ ton}$ $V_{c2} = 1004.978 \text{ ton (menentukan)}$

Kolom	P_u (ton)	Dimensi poer	A_g (m^2)	A_{pons} (m^2)	V_u (ton)	ϕV_c (ton)	Kontrol $\phi V_c > V_u$
Corner Kol 2,50,58	601.410	1x2.5x4	10	2.503	468.887	602.99	OK
Interior	456.674	1x2.5x4	10	2.503	360.375	602.99	OK
Eksterior	623.99	1x2.5x4	10	2.503	485.616	602.99	OK
Void 7,8,9,10,27	544.492	1x2.5x2.5	6.25	2.503	335.451	602.99	OK
Kol 44,45	431.351	1x2.5x2.5	6.25	2.503	249.629	602.99	OK
Kol 47,48	275.198	1x2.5x2.5	6.25	2.503	173.992	602.99	OK

PERENCANAAN LENTUR POER

$f_c' = 29.18 \text{ MPa}$ $t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$ $\text{Deck} = 70 \text{ mm}$ $\phi = 0.8$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$ $\phi_{\text{tul}} = 32 \text{ mm}$ $m = 16.13$ $\rho_{\text{min}} = 0.0035$

Kolom	Pu ton	d_x mm	d_y mm	M_{ux} tm	M_{uy} tm	d_x mm	d_y mm	R_{nx}	R_{ny}	ρ_x perlu	ρ_y perlu	ρ_x pakai	ρ_y pakai	A_{sx} perlu mm^2	A_{sy} perlu mm^2	Arah X Dipasang	Arah Y Dipasang
Antar Kol 50,58	130.05	6.00	6.60	378.15	265.11	857	889	2.574	1.127	0.0068	0.0029	0.0068	0.0035	14590.354	12446.000	16D32	16D32
Interior	107.25	6.00	6.60	309.75	233.81	857	889	2.109	0.925	0.0055	0.0024	0.0055	0.0035	11620.869	12446.000	15D32	16D32
Eksterior	131.40	6.00	6.60	382.20	266.15	857	889	2.602	1.139	0.0069	0.0029	0.0069	0.0035	14756.331	12446.000	19D32	16D32
Void (3,10,27)	195.00	6.00	6.00	287.81	287.81	857	889	1.959	1.821	0.0051	0.0047	0.0051	0.0047	10945.832	10518.557	14D32	14D32
di 44,45	145.93	6.00	6.00	214.21	214.21	857	889	1.458	1.355	0.0038	0.0035	0.0038	0.0035	8055.161	7776.750	11D32	10D32
di 47,48	75.95	6.00	6.00	109.23	109.23	857	889	0.744	0.691	0.0019	0.0018	0.0035	0.0035	7498.750	7776.750	10D32	10D32

ANALISA TANGGA (KG-M)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
3	X=1.5	Y=0	Z=0	
7	X=0	Y=1	Z=0	
9	X=1.5	Y=1	Z=0	Q=1,3,7,9,1,3
10	X=0	Y=1.6	Z=0.333	
12	X=1.5	Y=1.6	Z=0.333	
25	X=0	Y=4.6	Z=2	
27	X=1.5	Y=4.6	Z=2	Q=10,12,25,27,1,3
28	X=0	Y=5.1	Z=2	
30	X=1.5	Y=5.1	Z=2	
31	X=0	Y=5.6	Z=2	
33	X=1.5	Y=5.6	Z=2	Q=28,30,31,33,1,3

RESTRAINTS

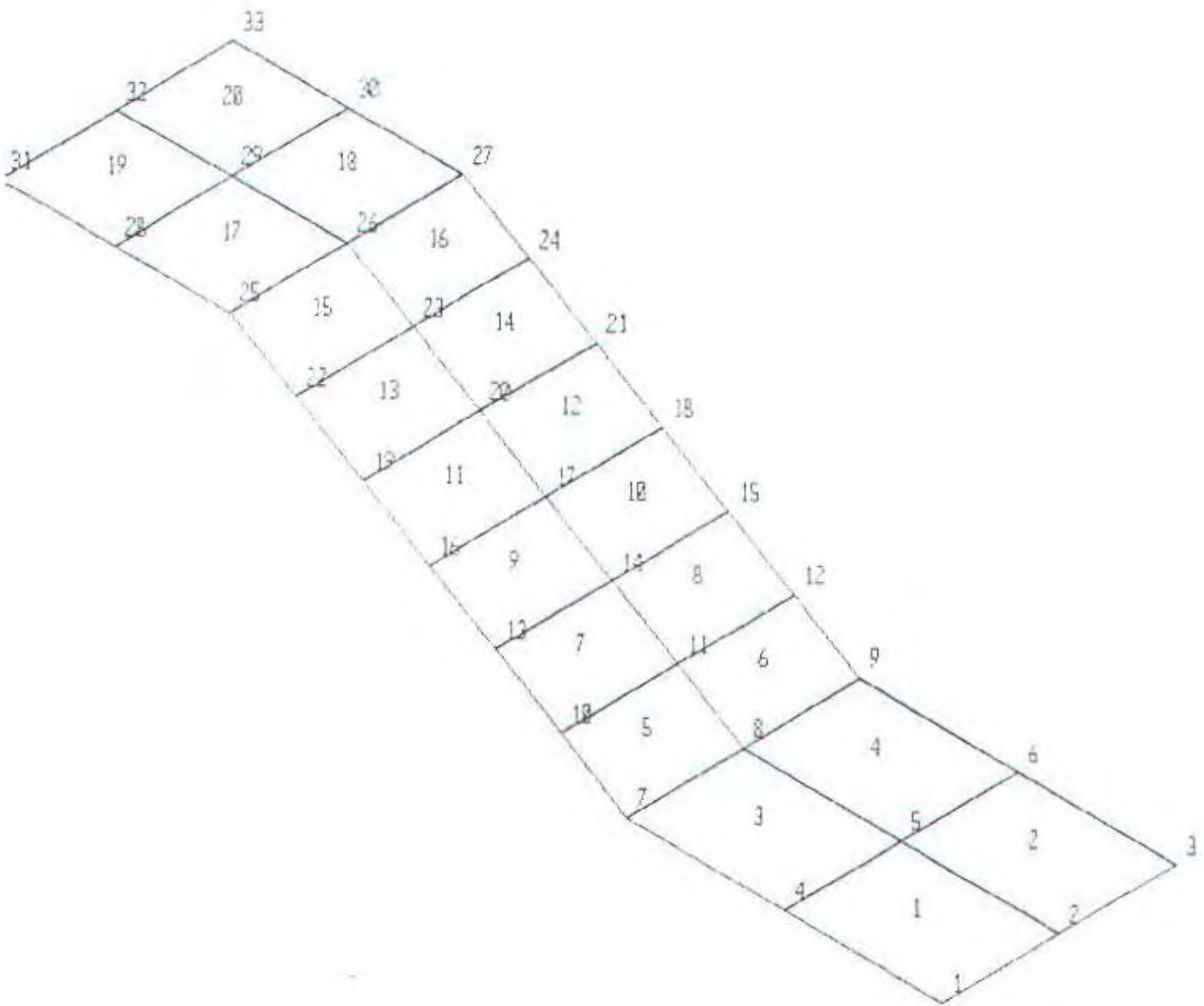
1,33,1	R=1,1,0,0,0,1
1,3,1	R=1,1,1,0,0,1
31,33,1	R=0,0,1,0,0,1

SHELL

NM=1	P=1				
1	E=2.1E9	W=2400	U=0.2		
1	JQ=1,2,4,5	M=1	ETYPE=2	TH=0.15	G=2,2
5	JQ=7,8,10,11	M=1	ETYPE=2	TH=0.225	G=2,6
17	JQ=25,26,28,29	M=1	ETYPE=2	TH=0.15	G=2,2

POTENTIAL

1,9,1	P=-1134,-1134
7,27,1	P=-1195.38,-1195.38
26,33,1	P=-1134,-1134

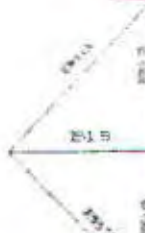


void
UNDE
SHAP

OPTI
JOIN
ELEM
WIRE

SA

204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237
238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254
255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271
272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305
306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322
323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356
357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373
374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407
408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424
425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458
459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475
476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492
493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509
510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526
527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543
544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560
561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577
578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594
595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611
612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628
629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645
646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662
663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679
680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696
697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713
714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730
731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747
748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764
765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781
782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798
799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815
816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832
833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849
850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866
867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883
884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900



TAR
UND
SHA
TOP
BOT
OPT
WIR
E

	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
OPT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WIP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SHA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
UNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TAP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TAP

UNI

SHA

TOI

BO

OPT

WIP

E

```

4 Control Data. File TIME saved 12/8/59
15:14:11 on M100Mainline-astere
ITERO 0.1
Heading Data 1
Heading Data 2
IC : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
9.01456 0.0001 0.1
4 Mark Property Data
1 3 1
FECT 1.04894 24.1 16.4 21.6 30.0 * 1 1 2 8 1 1 8
2 1 1 8 1 1 2 1 1
FECT 0.84293 30.4 28.1 9.2 14.4 0 * 1 1 8 8 1 1
11 8 1 1 11 8 1 1 8
FECT 1.041947 30.4 21.6 21.6 14.4 0 * 1 1 8 5 1
1 11 8 1 1 11 2 1 1 8
1 3 1
FECT 1.070098 24.1 16.4 21.6 30.0 * 1 1 2 8 1 1
1 8 1 1 1 1 1 1 1
FECT 1.048143 30.4 28.1 9.2 14.4 0 * 1 1 8 8 1 1
1 8 1 1 1 1 1 1 1
FECT 1.04616 30.4 21.6 21.6 14.4 0 * 1 1 8 5 1
1 11 8 1 1 11 2 1 1 8
1 3 1
FECT 1.042096 24.1 16.4 21.6 30.0 * 1 1 2 8 1 1
1 8 1 1 1 1 1 1 1
FECT 1.04148 30.4 28.1 9.2 14.4 0 * 1 1 8 8 1 1
1 8 1 1 11 8 1 1 8
FECT 1.036114 30.4 21.6 21.6 14.4 0 * 1 1 8 5 1
1 11 8 1 1 11 2 1 1 8
1 3 1
FECT 1.04126 24.1 16.4 21.6 30.0 * 1 1 2 8 1 1 8
1 1 8 1 1 1 1 1
FECT 1.04862 30.4 28.1 9.2 14.4 0 * 1 1 8 8 1 1
11 8 1 1 11 8 1 1 8
FECT 1.42595 30.4 21.6 21.6 14.4 0 * 1 1 8 5 1 1
11 8 1 1 11 2 1 1 8
4 Spool Data
ATAP 0.05 1
LANTA19 0.96 1
LANTA18 0.96 1
LANTA17 0.96 1
LANTA16 0.96 1
LANTA15 0.96 1
LANTA14 0.96 1

```

```

LANTA13 0.96 1
LANTA12 0.96 1
LANTA11 0.96 1
4 Material Property Data
1 C 1.48211E+07 C.D 14 2.40067E 0.0000015
418491.0 27579.02 275790.2 27579.04
4 Column Property Data
1 FECT 1 0.6 0.6 0 0 1 1 1
2 FECT 1 0.7 0.7 0 0 1 1 1
3 FECT 1 0.5 0.5 0 0 1 1 1
4 Beam Property Data
1 FECT 1 0.4 0 0.4 0 0 1 1 1
4 Frame Heading and Control Data
1 67 102 0 0 70 0 0 0 0 0 1 1
4 Layout Grid
1 1 petra rect 0 0 0 11 8
1 0 5.0 7.2 14.4 21.6 28.8 36 43.2
1 46.8 54 57.6
1 7.2 9.2 16.4 23.6 28.8 30.8 30.8
4 Layout Column Lines
1 7.2 0 0 1 1 2 0 0 0
2 14.4 0 0 1 1 2 0 0 0
3 21.6 0 0 1 1 2 0 0 0
4 28.8 0 0 1 1 2 0 0 0
5 36.0 0 0 1 1 2 0 0 0
6 43.2 0 0 1 1 2 0 0 0
7 50.4 0 0 1 1 2 0 0 0
8 57.6 0 0 1 1 2 0 0 0
9 64.8 0 0 1 1 2 0 0 0
10 72.0 0 0 1 1 2 0 0 0
11 79.2 0 0 1 1 2 0 0 0
12 86.4 0 0 1 1 2 0 0 0
13 93.6 0 0 1 1 2 0 0 0
14 100.8 0 0 1 1 2 0 0 0
15 108.0 0 0 1 1 2 0 0 0
16 115.2 0 0 1 1 2 0 0 0
17 122.4 0 0 1 1 2 0 0 0
18 129.6 0 0 1 1 2 0 0 0
19 136.8 0 0 1 1 2 0 0 0
20 144.0 0 0 1 1 2 0 0 0
21 151.2 0 0 1 1 2 0 0 0
22 158.4 0 0 1 1 2 0 0 0
23 165.6 0 0 1 1 2 0 0 0
24 172.8 0 0 1 1 2 0 0 0
25 180.0 0 0 1 1 2 0 0 0
26 187.2 0 0 1 1 2 0 0 0
27 194.4 0 0 1 1 2 0 0 0
28 201.6 0 0 1 1 2 0 0 0
29 208.8 0 0 1 1 2 0 0 0
30 216.0 0 0 1 1 2 0 0 0

```

```

31 223.2 0 0 1 1 2 0 0 0
32 230.4 0 0 1 1 2 0 0 0
33 237.6 0 0 1 1 2 0 0 0
34 244.8 0 0 1 1 2 0 0 0
35 252.0 0 0 1 1 2 0 0 0
36 259.2 0 0 1 1 2 0 0 0
37 266.4 0 0 1 1 2 0 0 0
38 273.6 0 0 1 1 2 0 0 0
39 280.8 0 0 1 1 2 0 0 0
40 288.0 0 0 1 1 2 0 0 0
41 295.2 0 0 1 1 2 0 0 0
42 302.4 0 0 1 1 2 0 0 0
43 309.6 0 0 1 1 2 0 0 0
44 316.8 0 0 1 1 2 0 0 0
45 324.0 0 0 1 1 2 0 0 0
46 331.2 0 0 1 1 2 0 0 0
47 338.4 0 0 1 1 2 0 0 0
48 345.6 0 0 1 1 2 0 0 0
49 352.8 0 0 1 1 2 0 0 0
50 360.0 0 0 1 1 2 0 0 0
51 367.2 0 0 1 1 2 0 0 0
52 374.4 0 0 1 1 2 0 0 0
53 381.6 0 0 1 1 2 0 0 0
54 388.8 0 0 1 1 2 0 0 0
55 396.0 0 0 1 1 2 0 0 0
56 403.2 0 0 1 1 2 0 0 0
57 410.4 0 0 1 1 2 0 0 0
58 417.6 0 0 1 1 2 0 0 0
59 424.8 0 0 1 1 2 0 0 0
60 432.0 0 0 1 1 2 0 0 0
61 439.2 0 0 1 1 2 0 0 0
62 446.4 0 0 1 1 2 0 0 0
63 453.6 0 0 1 1 2 0 0 0
64 460.8 0 0 1 1 2 0 0 0
65 468.0 0 0 1 1 2 0 0 0
66 475.2 0 0 1 1 2 0 0 0
67 482.4 0 0 1 1 2 0 0 0
4 Layout Beam B
1 1 1 0
2 2 3 0
3 3 4 0
4 4 5 0
5 5 6 0
6 6 7 0
7 7 8 0
8 8 9 0
9 9 10 0
10 10 11 0
11 11 12 0
12 12 13 0
13 13 14 0

```

LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 45 52 0
LANTAI1 LANTAI1 47 53 0
LANTAI1 LANTAI1 47 53 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 49 54 0
LANTAI1 LANTAI1 51 54 0
LANTAI1 LANTAI1 51 54 0
LANTAI1 LANTAI1 51 54 0
LANTAI1 LANTAI1 51 54 0
LANTAI2 LANTAI2 0 0 0

Location Data
Dynamic Spectrum Data
15.554 0 1
18.503 0 1
use Data
1.5 0 0 0 0 0
0.5025 0 0 0 1.05 0.5025
0.5025 0 0 0 0.5025 1.05



26 35 36 0
27 38 39 0
28 49 50 0
29 51 52 0
30 50 51 0
31 52 53 0
32 53 54 0
33 54 55 0
34 55 56 0
35 56 57 0
36 57 58 0
37 60 61 0
38 37 38 0
39 27 28 0
40 27 38 0
41 11 2 0
42 12 3 0
43 13 4 0
44 14 5 0
45 15 6 0
46 16 7 0
47 2 18 0
48 3 19 0
49 4 20 0
50 5 21 0
51 6 22 0
52 7 23 0
53 8 24 0
54 9 25 0
55 10 26 0
56 18 28 0
57 19 29 0
58 20 30 0
59 21 31 0
60 22 32 0
61 23 33 0
62 24 34 0
63 25 35 0
64 26 36 0
65 28 38 0
66 29 39 0
67 30 40 0
68 31 41 0
69 32 42 0
70 33 43 0
71 34 44 0
72 35 45 0
73 36 46 0
74 38 50 0
75 39 51 0
76 40 52 0
77 41 53 0
78 42 54 0
79 43 55 0

80 44 47 0
81 45 48 0
82 47 56 0
83 48 57 0
84 48 58 0
85 50 59 0
86 51 60 0
87 52 61 0
88 53 62 0
89 54 63 0
90 55 64 0
91 56 65 0
92 57 66 0
93 58 67 0
94 47 48 0
95 18 19 0
96 39 40 0
97 40 41 0
98 41 42 0
99 42 43 0
100 43 44 0
101 44 45 0
102 45 46 0
4 Beam Load Pattern Data
1 1 6.33 2 0 0 0 0 0 0
0 33.074
2 1 1.33 2 0 0 0 0 0 0
0 4.84
3 1 6.33 2 0 0 0 0 0 0
2 33.074
4 1 1.33 2 0 0 0 0 0 0
2 4.84
5 1 6.33 2 0 0 0 0 0 0
0 46.28
6 1 1.33 2 0 0 0 0 0 0
0 7.015
7 1 6.33 2 0 0 0 0 0 0
2 46.28
8 1 1.33 2 0 0 0 0 0 0
2 7.015
9 0 15.68 7.2 0 0 0 0 0 0
10 0 3.3 7.2 0 0 0 0 0 0
11 0 7.84 7.2 0 0 0 0 0 0
12 0 1.65 7.2 0 0 0 0 0 0
13 0 15.25 7.2 0 0 0 0 0 0
14 0 3.21 7.2 0 0 0 0 0 0
15 0 12.47 7.2 0 0 0 0 0 0
16 0 2.62 7.2 0 0 0 0 0 0
17 1 18.03 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 69.39
18 1 3.37 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 11.88
19 1 33.8 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 138.78
20 1 4.8 7.2 0 0 0 0 0 0

3.6 23.78
21 0 5.7 3.6 0 0 0 0 0 0
22 0 1.2 3.6 0 0 0 0 0 0
23 0 11.4 3.6 0 0 0 0 0 0
24 0 2.4 3.6 0 0 0 0 0 0
25 1 11.4 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 69.39
26 1 2.4 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 11.88
27 1 6.6 2 0 0 0 0 0 0
0 34.042
28 1 3.33 2 0 0 0 0 0 0
0 12.102
29 1 6.6 2 0 0 0 0 0 0
2 34.04
30 1 3.33 2 0 0 0 0 0 0
2 12.102
31 1 6.6 2 0 0 0 0 0 0
0 47.682
32 1 3.33 2 0 0 0 0 0 0
0 17.54
33 1 6.6 2 0 0 0 0 0 0
0 47.682
34 1 3.33 2 0 0 0 0 0 0
2 17.54
35 0 12.99 7.2 0 0 0 0 0 0
36 0 6.56 7.2 0 0 0 0 0 0
37 0 16.34 7.2 0 0 0 0 0 0
38 0 8.25 7.2 0 0 0 0 0 0
39 0 8.17 7.2 0 0 0 0 0 0
40 0 4.13 7.2 0 0 0 0 0 0
41 0 15.9 7.2 0 0 0 0 0 0
42 0 6.03 7.2 0 0 0 0 0 0
43 1 16.7 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 71.77
44 1 8.440001 7.2 0 0 0 0 0
3.6 17.54
45 1 23.76 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 143.54
46 1 12 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 35.08
47 0 5.94 3.6 0 0 0 0 0 0
48 0 3 3.6 0 0 0 0 0 0
49 0 11.88 3.6 0 0 0 0 0 0
50 0 6 3.6 0 0 0 0 0 0
51 1 11.88 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 71.77
52 1 8 7.2 0 0 0 0 0 0
3.6 17.54
53 1 5.34 2 0 0 0 0 0 0
0 19.16
54 1 5.34 2 0 0 0 0 0 0
2 19.16
55 1 5.34 2 0 0 0 0 0 0
0 28.06

56 1 5.34 2 0 0 0 0 0 0

2 28.00

57 0 10.5 7.2 0 0 0 0 0 0
 58 0 13.2 7.2 0 0 0 0 0 0
 59 0 6.9 7.2 0 0 0 0 0 0
 60 0 12.84 7.2 0 0 0 0 0 0
 61 1 13.5 7.2 0 0 0 0 0 0
 3.6 47.52
 62 1 19.2 7.2 0 0 0 0 0 0
 3.6 95.04
 63 0 4.1 3.6 0 0 0 0 0 0
 64 0 9.6 3.6 0 0 0 0 0 0
 65 1 8.6 7.2 0 0 0 0 0 0
 3.6 47.52
 66 0 12.8 7.2 0 0 0 0 0 0
 67 0 4.1 7.2 0 0 0 0 0 0
 68 0 23.76 7.2 0 0 0 0 0 0
 69 0 12 7.2 0 0 0 0 0 0
 70 0 19.2 7.2 0 0 0 0 0 0

Column Assignment Data

0 2 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 1 3 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 4 4 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 5 5 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 6 6 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 7 7 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 8 8 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 9 9 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 10 10 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 18 18 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 19 19 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 20 20 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 21 21 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 22 22 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 23 23 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 24 24 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 25 25 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 26 26 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 27 27 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 28 28 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 29 29 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 30 30 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 31 31 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 32 32 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 33 33 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 34 34 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 35 35 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 36 36 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 37 37 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0
 38 38 0 LANTAI2 LANTAI1 1 0 0

37 37 0 LANTAI1 LANTAI1 0 0 0
 38 38 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 39 39 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 40 40 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 41 41 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 42 42 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 43 43 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 44 44 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 45 45 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 50 50 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 51 51 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 52 52 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 53 53 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 54 54 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 55 55 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 46 46 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 56 56 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 57 57 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 58 58 0 LANTAI1 LANTAI1 1 0 0
 47 47 0 LANTAI1 LANTAI1 3 0 0
 48 48 0 LANTAI1 LANTAI1 3 0 0
 2 2 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 3 3 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 4 4 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 5 5 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 6 6 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 7 7 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 8 8 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 9 9 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 10 10 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 18 18 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 19 19 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 20 20 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 21 21 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 22 22 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 23 23 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 24 24 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 25 25 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 26 26 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 27 27 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 28 28 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 29 29 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 30 30 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 31 31 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 32 32 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 33 33 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 34 34 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 35 35 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 36 36 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 38 38 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 39 39 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 40 40 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 41 41 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 42 42 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 43 43 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0

44 44 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 45 45 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 46 46 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 50 50 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 51 51 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 52 52 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 53 53 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 54 54 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 55 55 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 56 56 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 57 57 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 58 58 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 47 47 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 48 48 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 2 2 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 3 3 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 4 4 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 5 5 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 6 6 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 7 7 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 8 8 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 9 9 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 10 10 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 18 18 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 19 19 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 20 20 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 21 21 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 22 22 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 23 23 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 24 24 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 25 25 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 26 26 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 27 27 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 28 28 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 29 29 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 30 30 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 31 31 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 32 32 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 33 33 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 34 34 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 35 35 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 36 36 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 38 38 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 39 39 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 40 40 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 41 41 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 42 42 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0
 43 43 0 LANTAI2 LANTAI2 3 0 0

PROJECT : LOCATION : Jl. Achmad Yani GROUND WATER LEVEL : BORING DEPTH : m
 STA./CH. : Surabaya GROUND SURFACE LEVEL :

DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	Standard Penetration Test						VANE SHEAR TEST		STRENGTH TEST				Atterberg Limits		
		10	20	30	40	50	60	70	SI	Type	C	ϕ	q_u	W _L	G _L	I _p
1	Tanah liat															
2	PASIR kasar, ada kulit kerang, abu-abu gelap															
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9	LANAU abu-abu															
10																
11																
12																
13																
14	LEMPUNG lempung, abu-abu															
15																
16																
17																
18	LEMPUNG kelanauan, plastisitas tinggi, lunak-medium, abu-abu sangat gelap															
19																
20																
21																
22																
23	LEMPUNG kelanauan, plastisitas tinggi, lunak-medium, sedikit sangat lunak-lemas															
24																
25																
26																
27																
28	LEMPUNG kelanauan/ LANAU kelimpungan, plastisitas medium, lunak-lemas, sedikit muda kehijauan															
29																
30																
31																
32																
33	LANAU, sedikit pasir, lunak-medium, sedang-terusan abu-abu - hitam															
34																
35																
36	LANAU, sedang terusan, ada track kapak, hitam															
37																
38																
39	LEMPUNG kelanauan, plastisitas tinggi, medium-keras/lit, ada pecahan kulit kerang, sedikit-keabu-abuan															
40																
41																
42																
43	LEMPUNG kelanauan, plastisitas tinggi, medium-keras/lit, abu-abu sangat gelap															
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																

SPT = Standard Penetration Test (Blows/30 cm)
 u = Undrained Vane Shear Strength kg/cm²
 R = Remolded Vane Shear Strength kg/cm²
 q_u = Undrained Compressive Strength kg/cm²
 ρ_s = Density
 c = Cohesion kg/cm²
 φ = Angle of Internal Friction
 UU = Unconsolidated Undrained
 CU = Consolidated Undrained
 CD = Consolidated Drained
 w_L = moisture content %
 w_p = plastic limit %
 w_L - w_p = liquid limit %
 7 = LUN (Shrinkage) %
 G_L = specific gravity
 I_p = plasticity

BORING No: B1

MENENTUKAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG

Rumus - rumus yang dipakai

1. Untuk koreksi harga N :

$$N = 15 + (N - 15) / 2$$

$$N = 0.0 N$$

$$N = 4N / (1 + 0.4 P_0)$$

$$N = 4N / (3.25 + 0.1 P_0)$$

Untuk tanah lanau berpasir halus saturated & $N < 15$

Untuk tanah lanau berpasir halus saturated & $N > 15$

Untuk overburden pressure $< 7.5 \text{ ton/m}^2$

Untuk overburden pressure $> 7.5 \text{ ton/m}^2$

$$C_n \text{ ujung} = 40 \text{ N ton/m}^2$$

$$C_i \text{ Lekatan} = N / 5 \text{ ton/m}^2$$

$$C_i \text{ Lekatan} = N / 2 \text{ ton/m}^2$$

Untuk tanah berpasir

Untuk tanah lempung

2. Untuk menentukan daya dukungnya

$$P_{\text{Ultimate tiang}} = A_{\text{ujung}} \times C_n \text{ avg} + \sum R_i$$

$$P_{\text{ijin}} = P_{\text{ultimate}} / 3$$

$$C_n \text{ avg} = \text{Harga rata - rata } N \text{ diujung pada kedalaman } 4D \text{ kebawah dan } 8D \text{ keatas}$$

$$R_i = C_i \times \Delta h \times O_i$$

Untuk tiang pancang diameter 60 cm

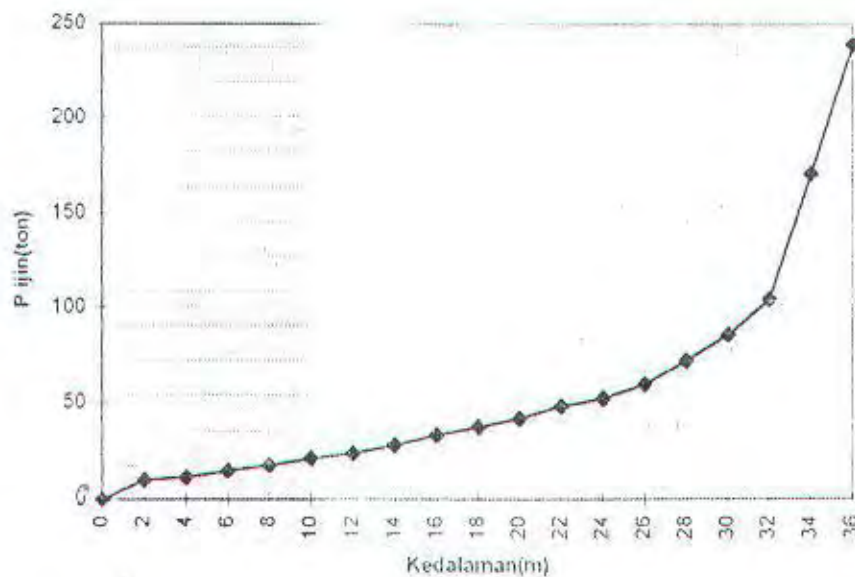
$$A_{\text{ujung}} = 0.286 \text{ m}^2$$

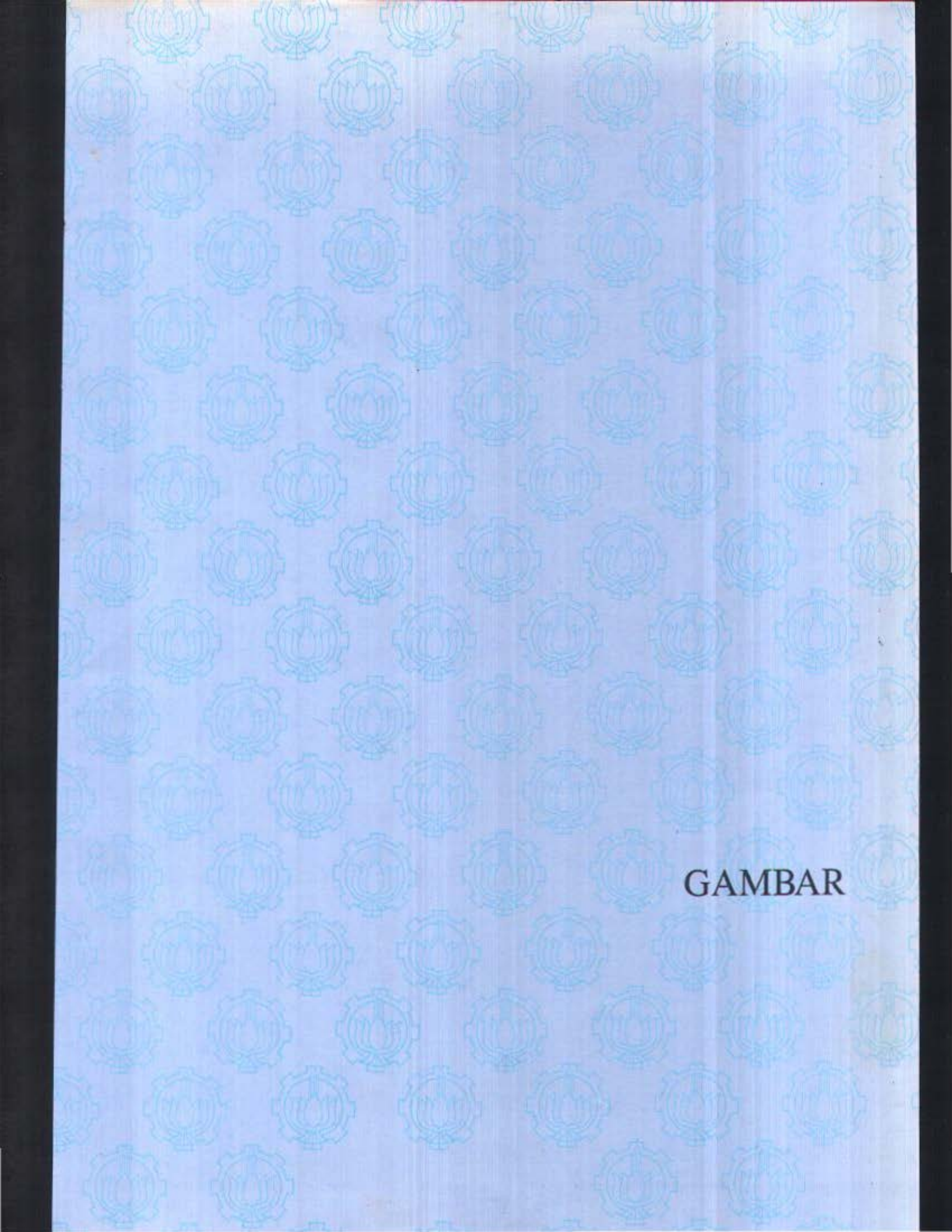
$$O = O_i = 1.57 \text{ m}$$

H (m)	N (ton/m ²)	γ (ton/m ³)	P_0 (ton/m ²)	N	N	N _k	C _n (ton/m ²)
0	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	1.4	0.80	3.03	-	3.03	121.21
4	2	1.6	2.40	4.08	-	4.08	163.27
6	3	1.8	4.80	4.11	-	4.11	164.38
8	4	1.6	4.80	5.48	-	5.48	219.18
10	5	1.7	7.00	5.26	-	5.26	210.53
12	6	1.8	9.60	-	5.70	5.70	228.03
14	6	1.8	11.20	-	5.49	5.49	219.68
16	7	1.6	9.60	-	6.65	6.65	266.03
18	8	1.6	10.80	-	7.39	7.39	295.61
20	7	1.6	12.00	-	6.29	6.29	251.69
22	8	1.6	13.20	-	7.00	7.00	280.09
24	11	1.7	16.80	-	8.92	8.92	357.00
26	8	1.6	15.60	-	6.65	6.65	260.11
28	17	1.7	19.60	-	13.05	13.05	522.07
30	17	1.7	21.00	-	12.71	12.71	508.41
32	13	1.8	25.60	-	8.95	8.95	358.00
34	75	2	34.00	-	45.11	45.11	1804.51
36	75	2	36.00	-	43.80	43.80	1751.82

H (m)	C _n (ton/m ²)	C _{ti} (ton/m ²)	C _{n avg} (ton/m ²)	R _i (ton)	Σ R _i (ton)	P _{ultimate} (ton)	P _{ijin} (ton)
0	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	121.21	0.50	142.24	1.57	1.57	29.45	9.82
4	163.27	0.75	149.62	2.36	3.93	33.25	11.08
6	164.38	1.25	182.28	3.93	7.85	43.58	14.53
8	219.18	1.75	198.03	5.50	13.35	52.16	17.39
10	210.53	2.25	219.24	7.07	20.41	63.38	21.13
12	228.03	2.50	219.41	7.85	28.26	71.26	23.75
14	219.68	3.00	237.91	9.42	37.68	84.31	28.10
16	266.03	3.50	260.44	10.99	48.67	99.72	33.24
18	295.61	3.25	271.11	10.21	58.88	112.01	37.34
20	251.69	3.75	275.79	11.78	70.65	124.71	41.57
22	280.09	4.75	296.26	14.92	85.57	143.63	47.88
24	357.00	3.75	301.07	11.78	97.34	156.35	52.12
26	266.11	6.25	311.56	19.63	116.97	178.03	59.34
28	522.07	7.00	394.09	21.98	138.95	216.19	72.06
30	508.41	5.25	515.24	16.49	155.43	256.42	85.47
32	358.00	23.00	433.21	72.22	227.65	312.56	104.19
34	1804.51	23.00	1081.26	72.22	299.87	511.80	170.60
36	1751.82	22.00	1778.17	69.08	368.95	717.47	239.16

* Hubungan kedalaman H(m) dengan P_{ijin}(ton)





GAMBAR