

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
MENGUNAKAN SISTEM DIAFRAGMA UNTUK
PERKANTORAN DAN PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DI JALAN PANGLIMA SUDIRMAN SURABAYA**

OLEH :

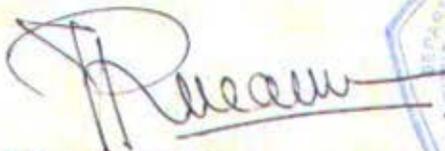
S U J A R W O

3199.100.018

SURABAYA, JULI 2003

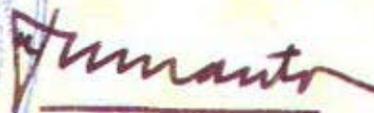
MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING I



IR. MUDJI IRMAWAN, MS

DOSEN PEMBIMBING II



IR. KURDIAN SUPRAPTO, MS

PROGRAM SARJANA (S1)

JURUSAN TEKNIK SIPIL

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

SURABAYA

2003

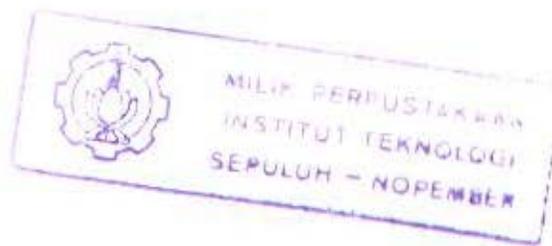
**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
MENGUNAKAN SISTEM DIAFRAGMA UNTUK PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DI JALAN PANGLIMA SUDIRMAN
SURABAYA**

**Oleh :
S U J A R W O
3199 100 018**

ABSTRAK

Angka pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi dan terbatasnya lahan di wilayah perkotaan menjadi salah satu alasan dibutuhkannya pembangunan gedung tingkat tinggi. Dalam tujuannya untuk menampung banyak orang dan beban yang harus dipikul, maka dipilih struktur Beton bertulang dengan keunggulan kekuatannya dibanding struktur lain. Permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah perencanaan struktur gedung beton bertulang 12 lantai untuk perkantoran yang menggunakan *Sistem Diafragma* dan 4 lantai untuk pertokoan yang memakai *Special Moment - Resisting Frame System*. Alasan mengapa menggunakan *Sistem Diafragma*, agar gaya lateral dan yang terjadi pada gedung tersebut dapat diterima lebih merata oleh struktur rangka plat kolom (plate-column frame) maka digunakanlah sistem struktur beton bertulang yaitu *Sistem Diafragma*. Konsep desain dan metode analisa struktur yang digunakan adalah UBC 1997. Tujuan akhir dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung beton bertulang yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan UBC'97 dan dibandingkan dengan system struktur yang menggunakan dual system dan bearing wall system

Kata kunci : Sistem Diafragma, Special Moment Resisting Frame System.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan kemurahan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, dengan judul "PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG MENGGUNAKAN SISTEM DIAFRAGMA UNTUK PERKANTORAN DAN PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DI JALAN PANGLIMA SUDIRMAN SURABAYA".

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

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

1. Prof. Ir. Nadjadji Anwar, MSc. Selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Prof. Ir. Indrasurya Budisatria Mochtar, MSc.PhD. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya.
3. Ir. Mudji Irmawan, MS dan Ir. Kurdian Suprpto, MS. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. Ir. Marwan Ibrahim, selaku dosen wali dari penyusun tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang dimilikinya.

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

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

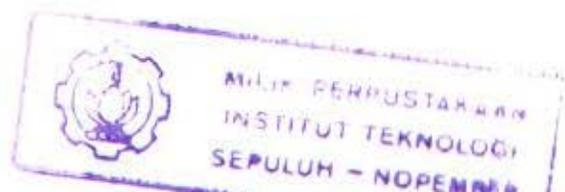
Surabaya, Juni 2003

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan juga dan bersama dengan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

- Allah SWT beserta Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya.
- *Almarhum Bapak* serta *Ma'U*, terima kasih atas segala bimbingan, dorongan, doa serta didikan yang *Ma'U* berikan selama ini, karena tanpa itu semua, mustahil rasanya semua yang saya hadapi dapat saya lalui tanpa doamu, you are the best woman in the world.
- *Kang Har, Kang Nan, Mbak-mbakku* terima kasih atas segala dorongan moral dan spiritual, I love u all serta untuk ponakanku *Uly* dan *Vina*, *Le' Awo* sayang kalian berdua. Serta *Ma' Ama* terima kasih sarapannya tiap pagi, *Nyi Nur* terima kasih kopinya, *Ni' Mu'i* makasih sering jemput aku, *Rikwan* dan *Yanto*.
- Teman seperjuanganku *Antok* dan *Soni*, we're a good team guys!
- Yang sering mukulin aku tapi aku suka dan aku sayang, *Ade'ku Nee_yA* makasih udah nyemangatin aku (aku gak akan lupa "bersemangat!"), doain aku, nemenin aku, nyayangin aku, memberikan perhatiannya, makasih juga karena kamu yang paling mengerti aku, menjadi yang terbaik buatku, thanks a lot s'moga yang kita cita-citakan akan tercapai...amien.
- Buat *Andek* makasih komputernya we're good team, *Adit "Kenthunx"* makasih karena komputermu m'buat aku bisa komputer, *Farida "Rachel"* makasih atas CD ETABS-nya, *Andri "Lole"* thanks sepatunya



n everything, David ayo kamu bisa, Abu sori kamu sering sendiri di kost, Bang "Sat" rawatlah rambutmu, Eko "Pek-Keped" minumlah obat flu, Su "Streets" sebaiknya anda periksa man!, Far "Gusdur" ist ati-ati kalo' tidur, Alkhamd, Subis-Momo' kapan maen kerumah lagi, Yanto, Seno, Udin sori tempat tidurmu sering aku tidurin, Anjang, Raras, Wahyu, Tatas, Ibon "Dhus", Danu, Bejatz, Kiyib, Qomar, Bagus, Kenth thanks no telpnya, Teles, Reni, April, Renny, Yang jemblung, kepala suku '99 "Data+Novi", Siska "cinta", Wonda, Welly, Bambang, Agung Jombang, Agung Cilik, Budi n Sugeng nganjuk, Dedi "Pok-kopak", Isti, Made, Pipit, Kodok, Edo, Topex, Bendot, Dolis, Krisna, Yunanto, Rina, Sari, Gendon Irfiani, Ali SuErlin, Nia Mario, sikembar Deni-Dani, Adi, Genthong, Kokok, Rawon, Ichal, Afre', Vian, Zeb, Ratih-Bertus, Desi Meneng, Sun, Ming, Cupang-Sita, Andin, Arie, Sutan, Timbul, Ebet, Musni, Osa, Bondan, Faisal, Jonathan, Andun, Kukuh, Dobos, Ajie n gang Cak To.

- Anak-anak kostku TMB '99 Iwan, Makrus, Naja' sori aku sering telat bayar kost, Chandra, Iqbal, arek-arek cilik Eka' n Opiex thanks a lot.
- My friend di Jember Lia "Purba" thank dorongannya, Vera "be adult!", Ratna kapan kamu lulus?, Sugik ama Umi yang serius rek!
- My motorcycle "RC King" makasih telah nganterin aku kemana-mana, Sritanjung, Logawa, Mutiara Timur, serta bis akas, aku seneng menaiki kalian.
- Buat yang gak bisa disebutin satu persatu, thanks buat segala motivasi dan dukungannya, tanpa kalian semua, saya yakin tidak akan seperti ini, thanks....

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

LEMBAR PERSEMBAHAN

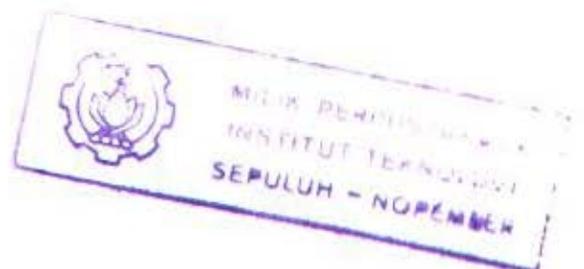
DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Permasalahan	3
1.4. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR PERENCANAAN	6
2.1. Umum	6
2.2. Asumsi Dasar Perencanaan	7
2.3. Peraturan Yang Digunakan	7
2.4. Kriteria Perancangan	7
2.5. Pembebanan dan kombinasi Pembebanan	9
2.5.1. Beban Mati	9
2.5.2. Beban Hidup	9
2.5.3. Beban Angin	10
2.5.4. Beban Gempa	10
2.5.5. Kombinasi Pembebanan	10
2.6. Analisa Gaya Lateral Rencana	11
2.6.1. Gaya Geser Dasar rencana Akibat Gempa	11
2.6.2. Penyebaran Gaya Lateral	13
2.6.3. Pengaruh P- Δ	13

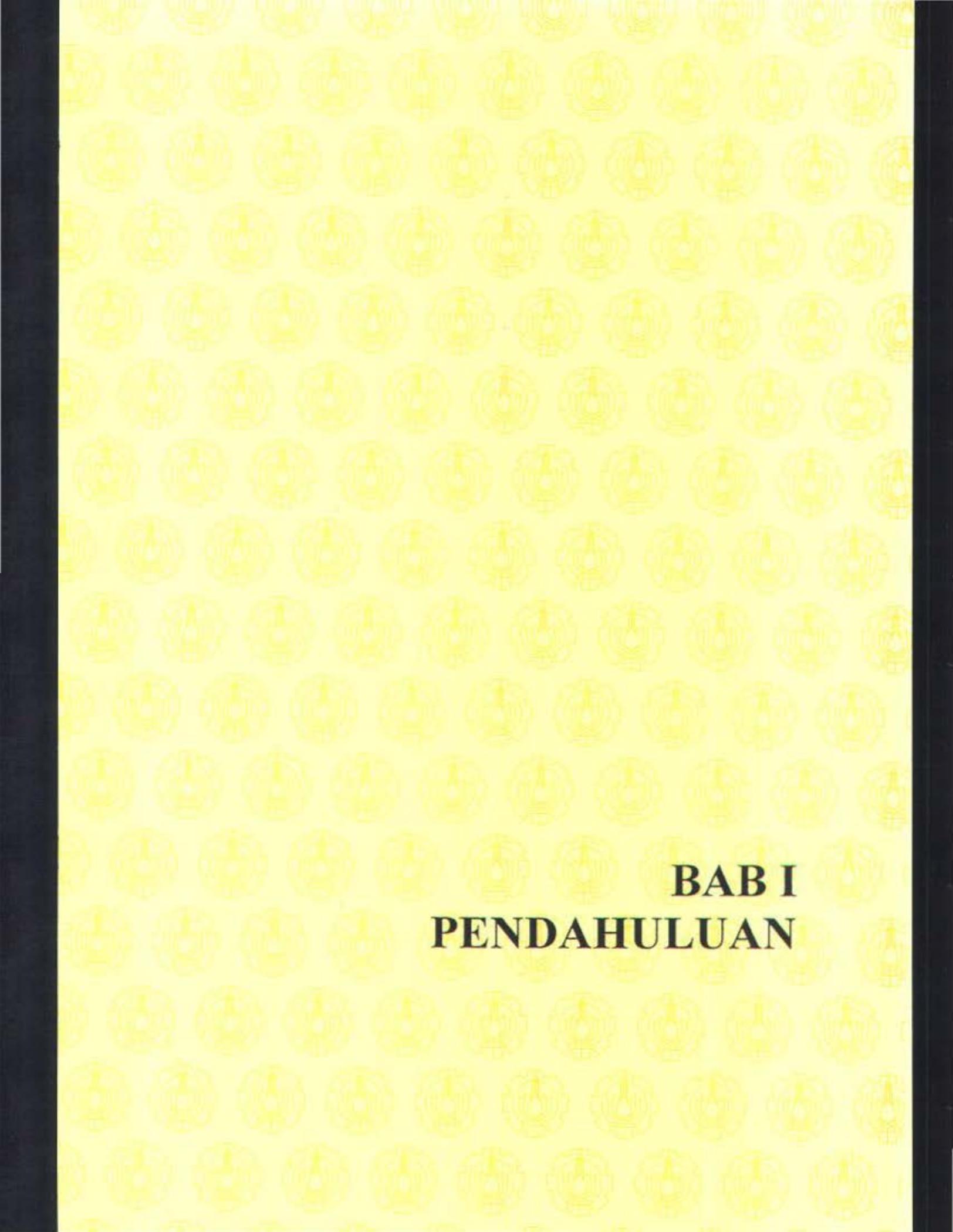
2.6.4	Pembatasan Drift Antar Tingkat	14
BAB III PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER		18
3.1.	Preliminary Design	18
3.2	Pelat	19
3.2.1	Dasar Teori	19
3.2.2	Perencanaan Tebal Pelat	19
3.2.3	Perencanaan Penulangan Pelat	21
3.3	Perencanaan Tangga	22
3.3.1	Data Perencanaan	22
3.3.2	Pembebanan Tangga	23
3.2.2.1	Pembebanan Pelat Tangga	23
3.2.2.2	Pembebanan Pelat Bordes	23
3.3.3	Perencanaan Penulangan Tangga	24
3.3.3.1	Penulangan Pelat Bordes	24
3.3.3.2	Penulangan Pelat Tangga	25
BAB IV ANALISA STRUKTUR UTAMA		27
4.1.	Umum	27
4.2.	Analisa Struktur Utama	27
4.3.	Gaya Geser Rencana Akibat Gempa	30
4.4.	Perhitungan Beban Angin	34
4.5.	Kombinasi Pembebanan	35
BAB V PERANCANGAN PELAT DATAR DAN BALOK STRUKTUR SAMPING		36
5.1	Perancangan Pelat Datar	36
5.1.1	Konsep Perancangan Umum	37
5.1.2	Jalur Kolom dan Jalur Tengah	38
5.2	Preliminary Design Pelat	39
5.3	Perancangan Penulangan Pelat	42
5.4	Tulangan Pojok pada Pelat	45
5.5	Penulangan Geser pada Pelat	46

5.6 Kontrol Retak	47
5.7 Perancangan Balok Struktur Samping	49
5.7.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok	49
5.7.2 Perhitungan Momen Kapasitas Balok	52
5.7.3 Penulangan Geser Balok	54
BAB VI PERANCANGAN KOLOM	56
6.1 Dasar Teori	56
6.2 Pembesaran Momen Untuk Portal Dengan Pengaku	58
6.3 Pembesaran Momen Untuk Portal tanpa Pengaku	58
6.4 Data Perancangan	59
6.5 Penulangan Lentur Kolom	59
6.6 Penulangan Geser Kolom	62
6.7 Panjang Lewatan Tulangan	64
6.8 Perencanaan Kolom Struktur Samping	67
6.9 Penulangan Lentur Kolom	69
6.10 Penulangan Geser Kolom	70
BAB VII KESIMPULAN	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penyebaran Gaya Lateral	13
Gambar 2.2	P- Δ Effect	14
Gambar 2.3	Story Drift	15
Gambar 3.1	Tipe Pelat A	19
Gambar 3.2	Denah Tangga dan Sistem Strukturnya	22
Gambar 3.3	Sistem Pembebanan Tangga	24
Gambar 5.1	Sistem Pelat Dua Arah	36
Gambar 5.2	Portal Ekuivalen Untuk Equivalent Frame Method	37
Gambar 5.3	Penentuan Lebar Jalur Kolom dan Jalur Tengah	38
Gambar 5.4	Penampang Kritis Kekuatan Geser	40
Gambar 5.5	Penulangan Pojok Pelat	45
Gambar 5.6	Penulangan Transversal/geser Pada Pelat di Jalur Kolom	47
Gambar 5.7	Sket Penulangan Tumpuan Balok Struktur Samping	50
Gambar 5.8	Sket Penulangan Lapangan Balok Struktur Samping	51
Gambar 6.1	Sket Gambar Tulangan Pelat Pada Kolom	60
Gambar 6.2	Sket Balok Kolom	67



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dengan perkembangan teknologi sekarang ini dan bertambahnya jumlah penduduk Indonesia serta semakin terbatasnya lahan di wilayah perkotaan, maka dibutuhkan adanya suatu gedung yang dapat dibangun di lahan yang masih memungkinkan serta dapat menampung jumlah orang yang cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan tempat untuk bekerja berupa gedung perkantoran di perkotaan. Salah satu alternatif penyelesaian masalah tersebut adalah dilaksanakannya pembangunan gedung tingkat tinggi.

Untuk menentukan pemilihan elemen struktur yang akan digunakan, maka diperlukan beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain adalah : kekuatan yang cukup, awet dan ekonomis. Sehingga dalam perencanaan gedung harus membuat suatu desain yang memiliki kekuatan yang sesuai dengan peraturan yang disyaratkan, tetapi hasil yang didapatkan juga harus merupakan alternatif yang paling ekonomis.

Uniform Building Code yang biasanya disingkat UBC adalah pedoman perancangan yang berlaku di Amerika Serikat, dimana salah satunya tentang bangunan tahan gempa untuk gedung. Adapun tujuan utama dari UBC adalah membuat struktur tidak runtuh namun boleh mengalami kerusakan non struktural bila menerima gaya lateral yang besar akibat gempa.

UBC membagi menjadi beberapa jenis sistem struktur yaitu : Bearing Wall System, Building Frame System, Moment Resisting Frame System, Dual System, dan Flate Plate System.

1. Bearing Wall System adalah sistem struktur yang memikul sepenuhnya beban gravitasi dan gaya lateral akibat gempa.

2. Building Frame System adalah sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh frame, sedangkan gaya lateralnya dipikul oleh dinding geser.
3. Flat Plate System adalah sistem struktur plat lantai yang langsung ditunjang oleh kolom tanpa adanya drop panel (pembesaran dimensi di sekitar kolom) dan gaya lateral yang terjadi disebarkan merata oleh pelat.
4. Moment Resisting Frame System adalah sistem yang beban gravitasi dan gaya lateral dipikul sepenuhnya oleh frame.
5. Dual System adalah sistem struktur yang beban gravitasi dan gaya lateral diterima oleh space frame dan dinding geser, dimana space frame menanggung minimal 25 % dari gaya lateral yang dan sisanya dipikul oleh dinding geser.

Flat plate column frame System atau biasa disebut dengan *Sistem Diafragma* berfungsi untuk menahan gaya lateral dan menyebarkan lebih merata. Sistem ini mengacu pada flat plate-column frame dengan plat lebih tebal dibandingkan dengan plat yang menggunakan open frame.

Sistem flat plate adalah sistem struktur dengan pelat lantai yang langsung ditunjang oleh kolom tanpa adanya penebalan di sekitar kolom atau drop panel dan gaya lateral yang terjadi akan disebarkan merata oleh pelat lantai datar tersebut. Sistem flat plate ini efisien dan ekonomis jika digunakan untuk bangunan bertingkat yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau saran umum seperti hotel, apartemen, rumah sakit karena tipisnya tebal pelat lantai, sehingga secara otomatis mengurangi ketinggian kolom bangunan dan memperbesar tinggi bebas antar lantai. Sistem flat plate jika dibandingkan dengan sistem pelat lantai lainnya adalah dapat dikerjakan dalam waktu yang singkat dengan biaya tenaga kerja yang minimum karena penggunaan bekisting dan layout tulangan dapat direncanakan atau dibuat sederhana dan semudah mungkin.

Selain itu sistem ini juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu :

1. Dengan tidak adanya balok, maka berkurangnya kemampuan menahan gaya lateral disamping besarnya lendutan yang terjadi.
2. Besarnya tegangan pons yang terjadi pada pelat sekitar kolom dapat menyebabkan keruntuhan pons terlebih adanya momen unbalance akibat gaya lateral.
3. Konstruksi flate plate mempunyai kekakuan yang relatif rendah.

1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan penyelesaian tentang permasalahan seperti yang telah diuraikan di atas. Jadi tujuan tersebut adalah :

1. Menghasilkan perencanaan struktur gedung beton yang rasional dengan memenuhi syarat-syarat keamanan struktur berdasarkan UBC 1997.
2. Menentukan defleksi dari bangunan beton.

1.3. PERMASALAHAN

Permasalahan yang akan dibahas pada penulisan Tugas Akhir ini adalah suatu perencanaan struktur gedung beton bertulang tiga belas lantai yang berfungsi sebagai perkantoran dan pertokoan. Sistem struktur yang digunakan adalah *Sistem Diafragma* yang merupakan komponen horizontal yang berfungsi untuk menahan gaya lateral. *Sistem Diafragma* ini dimaksudkan agar beban lateral yang terjadi pada gedung tersebut dapat diterima lebih merata oleh struktur rangka pelat kolom (plate-column frame).

Jadi perencanaan pembangunan struktur gedung bertulang menggunakan *sistem diafragma* ini akan dipakai pada gedung perkantoran dan pertokoan Graha Arjuna yang terletak di jalan Panglima Sudirman Surabaya yang terdiri dari 13 lantai dan 4 lantai menggunakan sistem open frame atau menggunakan *Special Moment Resisting Frame (SMRF)*.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka untuk menghindari timbulnya penyimpangan pembahasan perlu dibuat pembatasan masalah. Batasan-batasan masalah yang perlu dipakai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Perencanaan atau desain elemen struktur dengan menggunakan UBC 1997 dan SKS NI 03-xxxx-2001.
2. Permodelan struktur menggunakan diafragma.
3. Perencanaan struktur digunakan gedung beton dengan 12 lantai untuk perkantoran dan 4 lantai untuk pertokoan.
4. Tidak ditinjau aspek ekonomis gedung.
5. Tidak merencanakan bangunan bawah struktur.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

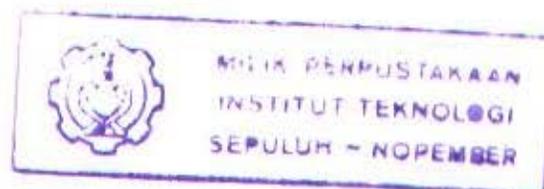
Secara garis besar, tugas akhir ini akan disusun dalam enam bab dengan sistematika sebagai berikut :

PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang masalah yang berisi pokok pikiran yang melatar belakangi pokok masalah dalam tugas akhir ini. Kemudian dilanjutkan dengan perumusan masalah yang diangkat berdasarkan uraian latar belakang. Berikutnya akan dikemukakan pula tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan.

DASAR PERENCANAAN

Pada bab ini akan menguraikan tentang landasan teori yang akan digunakan dalam penelitian ini yang meliputi : data umum bangunan yang direncanakan, pengertian sistem diafragma, konsep perencanaan dan desain struktur.



PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan pelat lantai, pelat atap dan tangga.

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan struktur utama berupa SMRF dan pelat datar (flat plate) dan perancangan kolom. Dalam hal ini meliputi pembebanan vertikal, pembebanan lateral akibat gempadan angin, kombinasi pembebanan, redistribusi momen dan perencanaan elemen struktur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini akan diberikan kesimpulan tentang hasil analisa yang berupa dimensi elemen struktur dan hasil akhir yang dituangkan dalam gambar. Dan hasilnya akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan bearing wall system dan dual system.



BAB II
DASAR PERENCANAAN

BAB II DASAR PERENCANAAN

2.1. UMUM

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan gedung, diperlukan suatu pedoman yang memberikan petunjuk yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan. Dalam tugas akhir ini dasar yang digunakan sebagai acuan adalah UBC 1997, yang didalamnya terdapat perencanaan struktur beton bertulang dengan menggunakan *system diafragma atau flat plate – column frame*.

Pengertian system diafragma adalah sistem struktur plat lantai yang langsung ditunjang oleh kolom tanpa adanya drop panel (pembesaran dimensi di sekitar kolom) dan gaya lateral yang terjadi disebarkan merata oleh pelat. Sistem ini mengacu pada flat plate-column frame dengan plat lebih tebal dibandingkan dengan plat yang menggunakan open frame.

Penggunaan sistem diafragma ini diterapkan pada bangunan gedung beton bertulang dengan data-data sebagai berikut.

Data Umum Bangunan :

Nama	: Graha Arjuna
Lokasi	: Jalan Panglima Sudirman Surabaya
Fungsi	: Perkantoran dan Pertokoan
Jumlah lantai	: - Gedung Utama (perkantoran) : 13 lantai - Gedung Pertokoan : 4 lantai
Tinggi gedung	: - Gedung Utama (perkantoran) : 42,5 m - Gedung Pertokoan : 14,5 m
Ketinggian tiap lantai:	3,5 m
Bahan	: Beton Bertulang
Sistem struktur	: <i>system diafragma atau flat plate – column frame</i> .
Pondasi	: Tiang pancang beton

2.2 ASUMSI DASAR PERENCANAAN

Sesuai dengan lingkup pembahasan yang ditetapkan, perancangan ini dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut :

- a. Struktur terletak pada wilayah gempa kuat, karena konversi dari UBC '97 ke peraturan gempa Indonesia belum lengkap. Sehingga tingkat wilayah gempa masih mengikuti wilayah gempa di Amerika.
- b. Pondasi diasumsikan dalam kondisi perletakan jepit sempurna tanpa ada pergeseran dalam arah horizontal maupun vertikal.

2.3 PERATURAN YANG DIGUNAKAN

Di dalam perencanaan untuk tugas akhir ini digunakan peraturan yang telah ada dan berlaku, yaitu :

- Uniform Building Code (UBC) 1997
- SKSNI 03 – xxxx – 2001
- SKSNI T-15-1991-03

Selain peraturan di atas, dalam tugas ahir ini juga digunakan program bantu berupa software :

- SAP 2000 non linier
- PCACOL
- ETABS V.8

2.4 KRITERIA PERANCANGAN

Struktur dirancang berdasarkan beberapa criteria seperti yang terdapat dalam UBC 1997 section 1629 antara lain :

a. Kategori Pemakaian Gedung

Penentuan besarnya gaya lateral gempa rencana mempertimbangkan pemakaian gedung yang sedang dirancang. Pemakaian gedung yang berbeda akan memberikan harga perkiraan gaya lateral yang berbeda. Dalam section 1629.2 memberikan beberapa kategori pemakaian gedung dan

mendefinisikan *Faktor Keutamaan Struktur (I)* yang dihubungkan dengan pemakaian gedung yang bersangkutan. Kategori pemakaian dan hubungannya dengan Faktor Keutamaan Struktur diberikan dalam Tabel 16 – K UBC 1997.

b. Geologi dan Karakteristik Tanah

Kondisi tanah setempat merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi keseluruhan gedung saat terjadi gempa. Memperhatikan hal tersebut, UBC mengakomodasi fenomena tersebut dalam pendefinisian *kategori profil tanah*. Dalam Tabel 16 – J UBC 1997 telah ditetapkan enam kategori profil tanah.

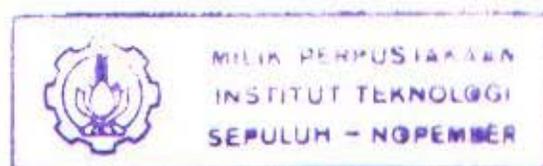
c. Karakteristik Gempa

Wilayah Gempa

Aktifitas gempa pada suatu daerah berbeda dengan daerah lainnya tergantung pada kondisi geologi dan lingkungan tektoniknya. Hal ini memberikan konsekuensi bahwa perhitungan gaya gempa harus memasukkan faktor wilayah gempa yang mana dasar penentuannya antara lain aktifitas gempa beserta kelengkapan datanya, kondisi geologi dan lingkungan tektonik suatu daerah. UBC 1997 memasukkan faktor ini dalam penentuan gaya lateral gempa sebagai *Faktor Wilayah Gempa (Z)*. Faktor ini dihitung berdasarkan percepatan tanah puncak efektif yang bersesuaian dengan tingkat gempa maksimum yang diperkirakan terjadi pada suatu daerah. Dalam Tabel 16 – I UBC 1997 tercantum lima wilayah gempa beserta factor wilayah gempanya.

Faktor Kedekatan Sumber Gempa

Jarak sumber gempa dari struktur mempengaruhi besarnya gerakan tanah yang ditimbulkan gempa. Hasil penelitian gempa belakangan ini menunjukkan bahwa gerakan tanah gempa yang timbul pada daerah dekat patahan jauh lebih besar daripada daerah yang jauh dari patahan. Karena itu, UBC 1997 mengakomodasi fenomena ini untuk wilayah gempa kuat (**Wilayah 4**) dengan menetapkan factor N_a dan N_v yang penentuannya dari



jarak struktur ke sumber gempa yang diketahui. Selain itu, N_a dan N_v juga ditentukan berdasarkan tipe sumber gempa yang dipengaruhi oleh magnitudo gempa maksimum dan rata-rata gelincir. Nilai N_a dan N_v diberikan dalam **Tabel 16 – S** dan **Tabel 16 – T** UBC 1997.

Koefisien Respon Gempa

Koefisien respon gempa C_a dan C_v menunjukkan pengaruh resiko gempa yang dasar penentuannya adalah karakteristik profil tanah dan Faktor Wilayah Gempa (Z). Untuk wilayah gempa 4 juga dipengaruhi oleh N_a dan N_v yang telah dijelaskan di atas. Nilai C_a dan C_v dapat dilihat pada **Tabel 16 – Q** dan **Tabel 16 – R** UBC 1997.

2.5 PEMBEBANAN DAN KOMBINASI PEMBEBANAN

2.5.1 Beban Mati (UBC 1606)

Beban Mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung.

2.5.2. Beban Hidup (UBC 1607)

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi dan beban akibat fenomena alam (lingkungan).

Faktor reduksi beban hidup menggunakan rumus :

$$R = r (A-13,94)$$

$$R \leq 40 \% \text{ untuk batang yang menerima beban dari satu lantai saja}$$

$$R \leq 60 \% \text{ untuk batang lain.}$$

Atau dengan rumus :

$$R = 23,1 (1+D/L)$$

Dimana :

A = luas lantai atau atap yang didukung oleh batang (m^2)

D = beban mati yang berada di daerah yang didukung batang (N/ m^2)

L = beban hidup yang berada di daerah yang didukung batang (N/m^2)

R = faktor reduksi beban hidup (%)

r = rata-rata reduksi sebesar 0,08 % untuk lantai, atap sesuai dengan tabel 16-C.

2.5.3 Beban Angin (UBC 1620)

Beban angin dihitung sebagai berikut : $P = C_e \times C_q \times q_s \times I_w$

dimana :

C_e = faktor koefisien kombinasi *height, exposure* dan *gust*, tabel 16-G UBC

C_q = koefisien tekanan untuk struktur, tabel 16-H UBC

q_s = tekanan stagnasi angin dengan standar ketinggian 33 ft (10000 mm), tabel 16-F UBC

I_w = faktor kepentingan, tabel 16-K UBC

2.5.4 Beban Gempa (UBC 1626 - 1631)

Perumusan gaya gempa :

$$E = \rho E_h + E_v \quad (30-1)$$

$$E_m = \Omega_0 E_h \quad (30-2)$$

dimana :

$$\rho = 2 - \frac{20}{r_{max} \sqrt{A_b}}$$

E = beban gempa pada struktur

E_h = beban gempa akibat gaya geser dasar

E_m = perkiraan gaya gempa maksimum

E_v = beban yang terjadi akibat gempa vertikal

Ω_0 = faktor pembesaran gaya gempa (UBC 1630)

r_{max} = *the maximum element-story ratio*

2.5.5 Kombinasi Pembebanan

Untuk perhitungan dengan cara UBC 1997 kombinasi yang digunakan adalah :

1. $1,4D + 1,7L$
2. $0,75(1,4D + 1,7L \pm 1,7W)$
3. $0,9D \pm 1,3W$
4. $0,75(1,4D + 1,7L \pm 1,87E)$
5. $0,9D \pm 1,43E$

dimana :

- | | |
|-----------------|-----------------|
| D = beban mati | E = beban gempa |
| L = beban hidup | W = beban angin |

2.6 ANALISA GAYA LATERAL RENCANA

Di dalam perencanaan struktur gedung tingkat tinggi, perhitungan gaya lateral rencana dalam UBC 1997 meliputi perhitungan : gaya geser dasar rencana akibat gempa, penyebaran gaya lateral, pengaruh P- Δ dan analisa pembatasan drift antar tingkat.

2.6.1 Gaya Geser Dasar Rencana Akibat Gempa

Perhitungan gaya gempa dasar pada 16.30.2.1 UBC '97 adalah menurut persamaan :

$$V = \frac{C_v I}{R T} W$$

$$\text{dengan } V \leq \frac{2,5 C_a I}{R} W$$

$$V \geq 0,11 C_a I W$$

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

Dimana : $C_t = 0,0853$ (untuk steel moment-resisting frame)

$C_t = 0,0731$ (untuk reinforced moment-resisting frame dan eccentrically braced frame)

$C_t = 0,0488$ (untuk semua bangunan yang lain)

$$F_t \leq 0.25 V$$

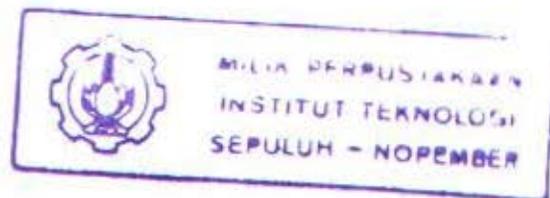
$$F_t = 0.07 TV \quad \text{Untuk } T > 0.7 \text{ sec}$$

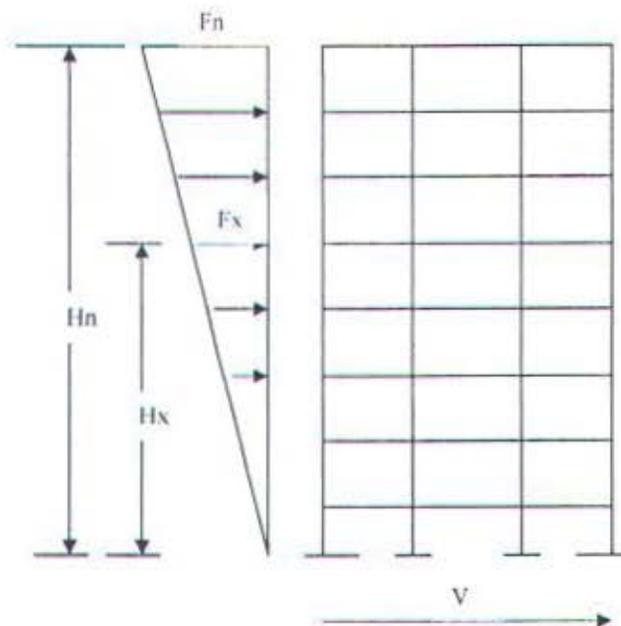
$$F_t = 0 \quad \text{Untuk } T \leq 0.7 \text{ sec}$$

$$F'_x = \frac{(V - F'_i) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

Di mana :

- Z = faktor wilayah gempa yaitu 0,4 untuk zona 4, 0,3 untuk zona 3, 0,2 untuk zona 2B, 0,15 untuk zona 2A, dan 0,05 untuk zona 1.
- I = Faktor keutamaan struktur yaitu 1,25 untuk fasilitas khusus dan berbahaya, 1 untuk tempat tinggal (Tabel 16-K)
- R = faktor modifikasi respon (Tabel 16-N)
- Ca = Koefisien gempa (Tabel 16-Q)
- Cv = Koefisien gempa (Tabel 16-R)
- Fx = Gaya Lateral
- Ft = Gaya tambahan pada Fn (gaya gempa struktur teratas)
- hi, hx = tinggi lantai
- wi, wx = berat pada ketinggian i atau x
- W = beban mati total
- T = periode gempa dalam detik
- V = gaya gempa dasar.





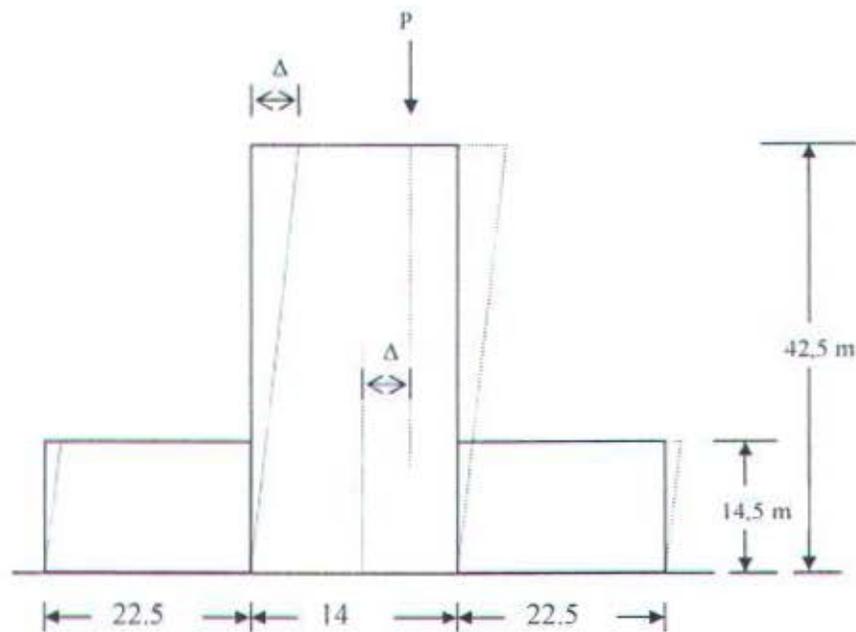
Gambar 2.1 Penyebaran Gaya Lateral

2.6.2 Penyebaran Gaya Lateral

Karena diafragma berlaku kaku, perlu diperhitungkan momen torsi tambahan yang diberikan pada sistem penahan gaya lateral. Momen torsi ini dimisalkan sebagai momen torsi yang diakibatkan oleh adanya pergeseran pusat massa sejauh 5% dari dimensi stuktur dalam arah tegak lurus arah bekerjanya gaya.

2.6.3 Pengaruh $P - \Delta$

Gaya horisontal yang terjadi pada struktur mampu menghasilkan defleksi arah horisontal. Defleksi ini menghasilkan momen sekunder oleh beban gravitasi yang bekerja pada saat defleksi terjadi. Momen sekunder ini disebut $P - \Delta$ *Effect*. Perhitungannya menggunakan desain gaya gempa yang menghasilkan perpindahan Δ_s . Dari Δ_s ini dapat dicari defleksi maksimum yang mungkin terjadi (Δ_m) dengan perumusan UBC 1630.9.2.



Gambar 2.2 P-Δ EFFECT

2.6.4 Pembatasan Drift Antar Tingkat

Pada UBC 1630.10 disebutkan bahwa *drift* dihitung berdasarkan perpindahan *inelastic maximum* (Δ_m). *Displacement* terjadi ketika struktur dirancang akibat gaya lateral. Pembatasan *story drift* didasarkan pada periode dasar struktur, yaitu :

$$T < 0,7 \text{ detik} \rightarrow \Delta_m \leq 0,025 h$$

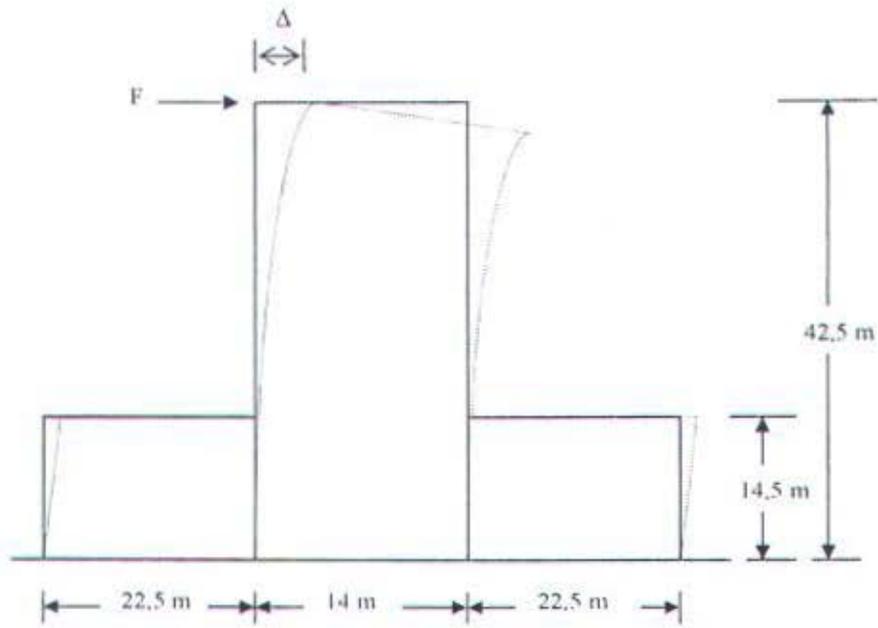
$$T \geq 0,7 \text{ detik} \rightarrow \Delta_m \leq 0,02 h$$

dimana : T adalah periode getar struktur

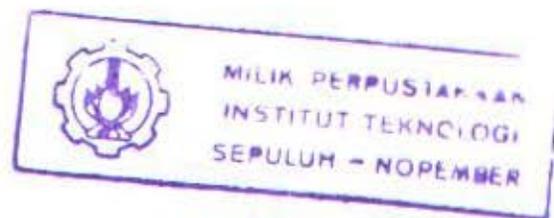
h adalah beda tinggi antar lantai

Untuk *story drift* gedung pembatasannya adalah :

$$\Delta_m \leq 0,0025 h \quad \text{dimana : } h \text{ adalah tinggi total gedung}$$



Gambar 2.3 STORY DRIFT

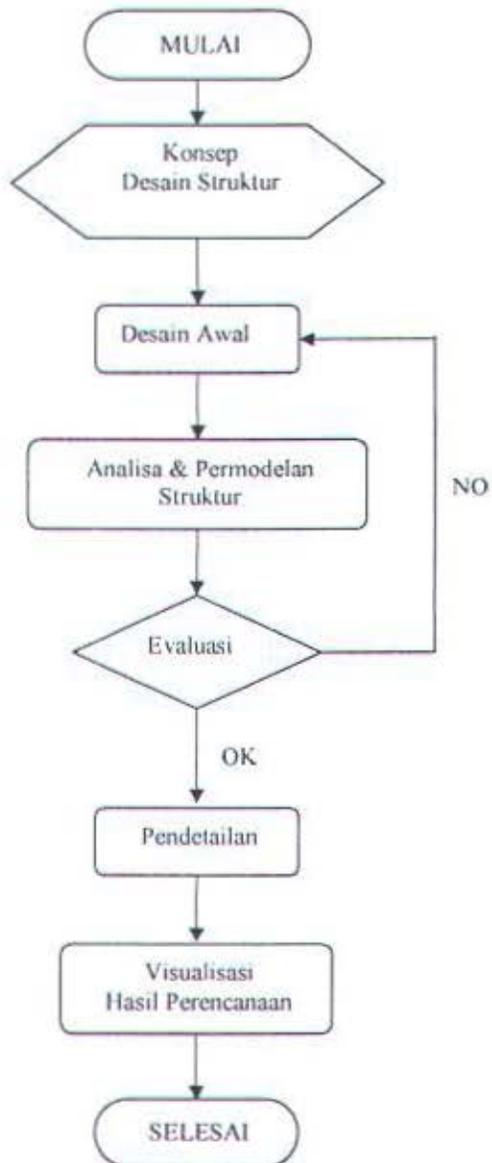


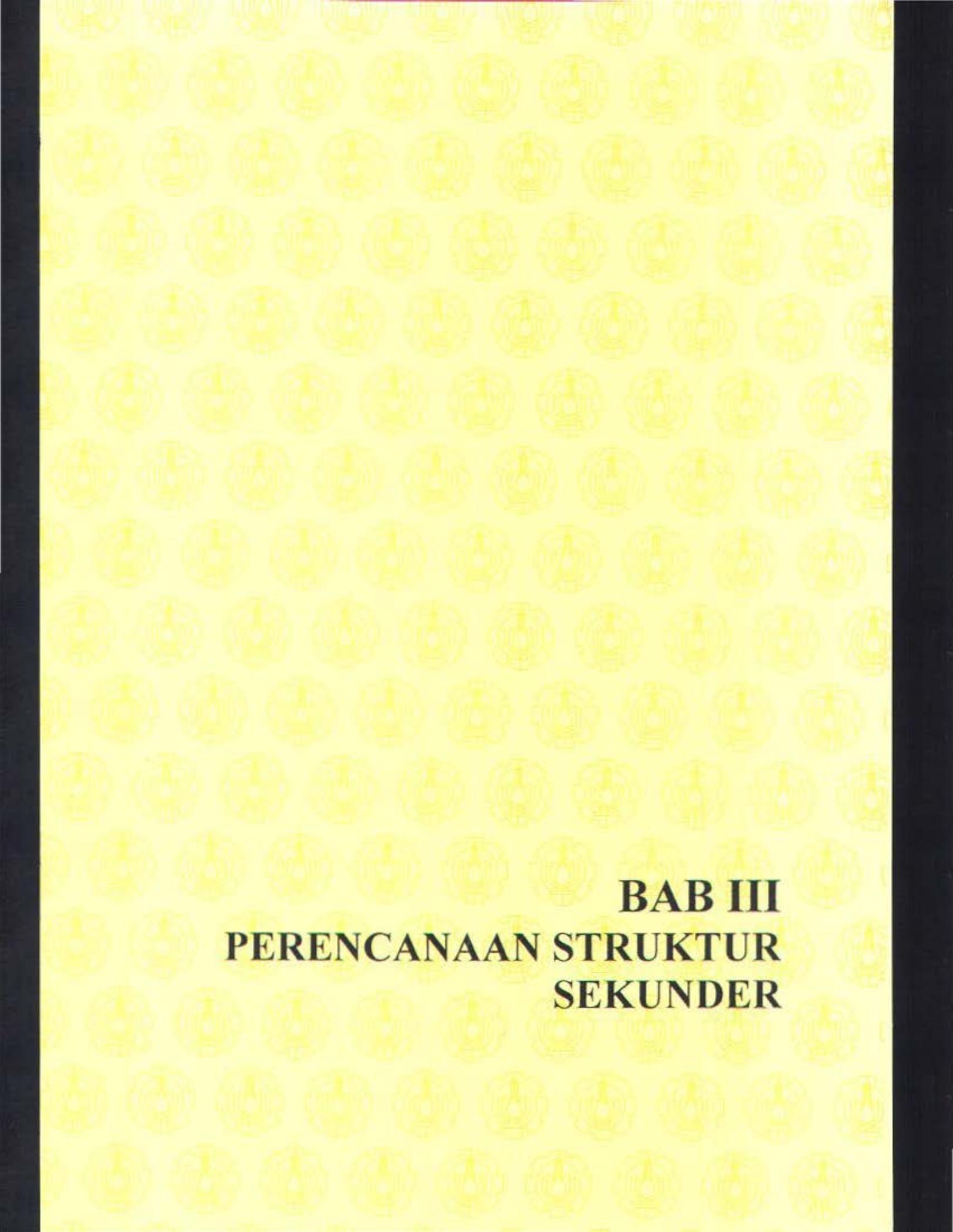
Untuk menyelesaikan permasalahan yang telah disebutkan di atas, maka langkah-langkah yang diambil adalah sebagai berikut :

1. Konsep desain struktur
 - a. Menetapkan konsep desain dan metode analisa struktur, dalam hal ini digunakan UBC 1997.
 - b. Menetapkan metode analisa struktur dan evaluasi daktilitas dengan digunakan alat bantu berupa *software* SAP 2000 dan PCA Col.
2. Desain awal (*preliminary design*)
3. Analisa dan permodelan struktur
 - a. Penentuan beban-beban yang dipikul
 - b. Analisa struktur
3. Evaluasi hasil perhitungan struktur
4. Evaluasi daktilitas pada struktur
5. Pendetailan elemen struktur
6. Visualisasi hasil perhitungan struktur dalam bentuk gambar

Setelah hasil dari perencanaan gedung beton ini diperoleh, maka akan dibandingkan dengan perencanaan gedung beton yang lain dengan *dual system* dan *bearing wall system*

Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir





BAB III
PERENCANAAN STRUKTUR
SEKUNDER

BAB III PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder adalah struktur yang dirancang hanya menerima lentur saja dan tidak dirancang untuk menerima gaya lateral akibat gempa, sehingga dalam perhitungan analisisnya dapat dihitung secara terpisah dengan struktur utama. Namun demikian struktur sekunder ini tetap mempengaruhi dan menjadi beban bagi struktur utama. Dalam tugas akhir ini struktur sekunder yang akan dibahas meliputi pelat dan tangga.

3.1 Preliminary Design

Balok Lantai

Balok dengan bentang 6,75 meter

$$h = L/14 = 675 / 14 = 56,25 \text{ cm} \rightarrow 60 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (60) = 40 \text{ cm} \rightarrow 40 \text{ cm}$$

Balok dengan bentang 4,5 meter

$$h = L/14 = 450 / 14 = 32.14 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (35) = 23,33 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

Balok Atap

Balok dengan bentang 6,75 meter

$$h = L/16 = 675 / 16 = 42,19 \text{ cm} \rightarrow 45 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (45) = 30 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

Balok dengan bentang 4,5 meter

$$h = L/16 = 450 / 16 = 28.125 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (45) = 23.33 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

3.2 Pelat

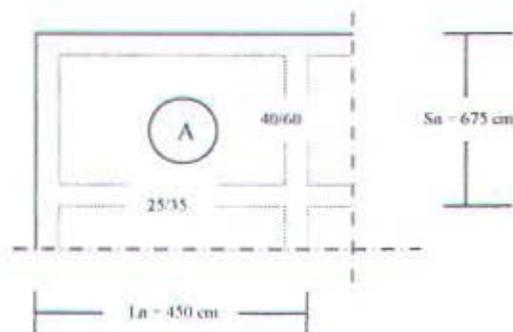
3.2.1 Dasar Teori

Konstruksi lantai beton bertulang dijelaskan dalam UBC '97 section 19, pasal 1908.11. Beberapa persyaratan untuk pelat lantai antara lain adalah sebagai berikut :

1. Balok rusuk tidak boleh lebih jarang dari 30 inci (762 mm) dari sisi ke sisi, dan lebar tidak boleh kurang dari 4 inci (102 mm) dan tinggi tidak boleh lebih dari $13 \frac{1}{2}$ kali lebar. Jika konstruksi pelat rusuk yang tidak memenuhi batasan-batasan tersebut harus direncanakan sebagai pelat dan balok biasa.
2. Kulit (shell) vertikal dari sisi permanen yang melekat dengan balok rusuk dapat diperhitungkan untuk kekuatan mengenai geser atau momen negatif apabila bahan dari pengisi memiliki kekuatan tekan yang paling tidak sama dengan kekuatan tekan beton balok rusuk. Di dalam hal ini tebal minimum pelat adalah $1 \frac{1}{2}$ inci (38 mm) atau $1/12$ dari jarak bersih antara balok rusuk, tergantung mana yang terkecil.
3. Jika digunakan acuan atau pengisi yang dapat dipindah dan yang mempunyai kekuatan tekan yang kurang dari yang disebutkan dalam butir (2), maka tebal dari pelat beton tidak boleh diambil kurang dari $1/12$ kali jarak bersih antara balok rusuk, dan tidak boleh kurang dari inci (51 mm).

3.2.2. Perencanaan tebal pelat

Sebagai contoh perhitungan dalam merencanakan tebal pelat diambil tipe pelat A yang berada di pojok (lihat gambar).



Gambar 3.1 : Tipe pelat A

Pelat A

- direncanakan tebal pelat 15 cm

- be untuk balok tengah 40/60 :

$$\begin{aligned} be &= bw + 2(h-t) \\ &= 40 + 2(60-15) = 130 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$= 3,2481$$

$$Ib = \frac{1}{12} k \times bw \times h^3 = \frac{1}{12} \times 3.1336 \times 40 \times 60^3 = 2338650 \text{ cm}^4$$

$$Is = \frac{1}{12} \times bs \times t^3 = \frac{1}{12} \times 537,5 \times 15^3 = 189,844 \text{ cm}^4$$

$$a = \frac{Ib}{Is} = \frac{2338650}{189,844} = 12,32 \quad \rightarrow \quad \alpha m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4} = 10,9$$

Karena : $\alpha m > 2$

Maka :

$$t_{\min 1} = 8,9 \text{ cm}$$

$$t_{\min 2} = \frac{Ln(0,8 + (fy/1370))}{36 + 9\beta} \quad \text{dimana } \beta = Ln / Sn$$

$$= \frac{650}{410} = 1,585$$

$$= \frac{650 (0,8 + (400/1370))}{36 + 9(1,585)}$$

$$= 14,106 \text{ cm} \rightarrow \text{ pakai tebal pelat : 15 cm (ok)}$$

Untuk perhitungan tebal pelat yang lainnya, disajikan dalam bentuk tabel (lihat lampiran)

3.1.2. Perencanaan penulangan pelat

Dalam tugas akhir ini ada 2 jenis struktur, yaitu struktur utama dan struktur samping. Sebagai contoh perhitungan penulangan pelat, diambil pelat tipe A pada struktur samping.

Pelat A

Data perencanaan pada pelat A :

$$Q_u = 7384 \text{ N/m}^2$$

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

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

$$\text{Tul.} = \text{D-10}$$

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

$$t_{\text{pelat}} = 15 \text{ cm} \rightarrow dx = 125 \text{ mm}$$

$$dy = 115 \text{ mm}$$

$$l_x = 450 \text{ cm} \text{ dan } l_y = 675 \text{ cm}$$

Perhitungan :

Untuk bentang pendek (l_x):

momen negatif sisi menerus :

$$l_x/l_y = 0,6667$$

Dari tabel koefisien momen pelat ACI 1963 untuk $\alpha_m > 2$, didapat :

$$\text{Koefisien } (k) = 0,073$$

$$M_u = k \times q_u \times l_x^2 = 0,073 \times 0,6667 \times 4500^2 = 9061,13 \text{ N.mm}$$

$$\frac{M_u}{f_c' \times b \times d^2} = \frac{9061,13}{30 \times 1000 \times 115^2} = 0,01933$$

Dari tabel momen berfaktor penampang persegi dengan tulangan tunggal dengan $A_s'/A_s = 0$, didapat $\omega = 0,0240$

$$\rho = \omega \times f_c' / f_y = 0,0240 \times 30/400 = 0,0018$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 115 = 225 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tul. Perlu} : \text{D10} - 300 (A_s = 262 \text{ mm}^2)$$

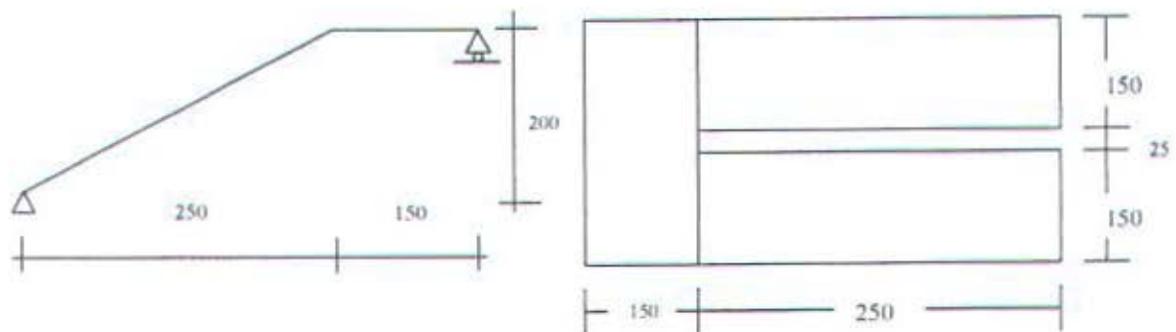
$$\text{Tul. Terpasang} : \text{D10} - 300 (A_s = 262 \text{ mm}^2)$$

Untuk penulangan pelat yang lainnya, disajikan dalam bentuk tabel (lihat lampiran).

3.3 PERENCANAAN TANGGA

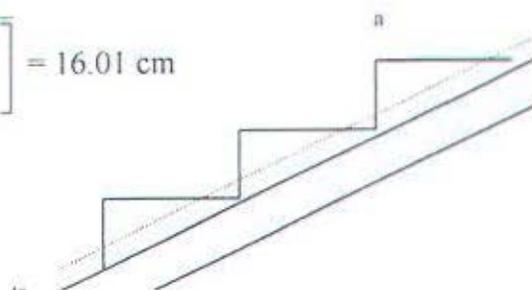
3.3.1 Data Perencanaan

- f_c = 30 MPa
- f_y = 400 MPa
- Tebal plat tangga = 15 cm
- Tebal plat bordes = 15 cm
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi injakan (t) = 20 cm
- Lebar injakan (i) = 25 cm
- Jumlah anak tangga = 10 x 2 = 20 buah
- Panjang plat tangga (horizontal) = 320 cm
- Lebar bordes = 150 cm
- Sudut kemiringan tangga = $\text{arc.tg} (200/250) = 38.66^\circ$



Gambar 3.2 : Denah tangga dan system strukturnya

$$a = \sqrt{\left[\left(\frac{i}{2}\right)^2 + \left(\frac{t}{2}\right)^2\right]} = \sqrt{\left[\left(\frac{20}{2}\right)^2 + \left(\frac{25}{2}\right)^2\right]} = 16.01 \text{ cm}$$



$$0.5 * a * tr = 0.5 * t/2 * i/2$$

$$0.5 * 16.01 * tr = 0.5 * 20/2 * 25/2$$

$$\rightarrow tr = 7.81 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat rata-rata} = \text{tebal plat tangga} + tr$$

$$= 15 + 7.81 = 22.81 \text{ cm}$$

3.3.2 Pembebanan

3.3.2.1 Pada Plat Tangga

a. Beban Mati

$$\text{- plat tangga} = \frac{0.2281}{\cos 38.66} \times 2400 = 701.067 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{- spesi + tegel} = 2 (21 + 24) = 90 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_d = 841.067 \text{ Kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

$$q_l = 300 \text{ Kg/m}^2$$

Beban Ultimate

$$\begin{aligned} q_{ult1} &= 1.2 * q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 * 841.067 + 1.6 * 300 \\ &= 1489.28 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

3.3.2.2 Pada plat Bordes.

a. Beban Mati

$$\text{- plat tangga} = 0.15 \times 2400 = 360 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{- spesi + tegel} = 2 (21 + 24) = 90 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = 50 \text{ Kg/m}^2$$

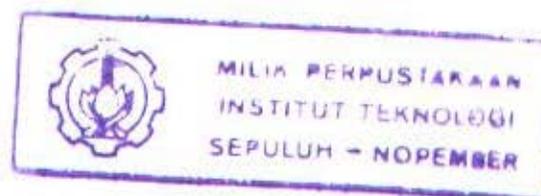
$$q_d = 500 \text{ Kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

$$q_l = 300 \text{ Kg/m}^2$$

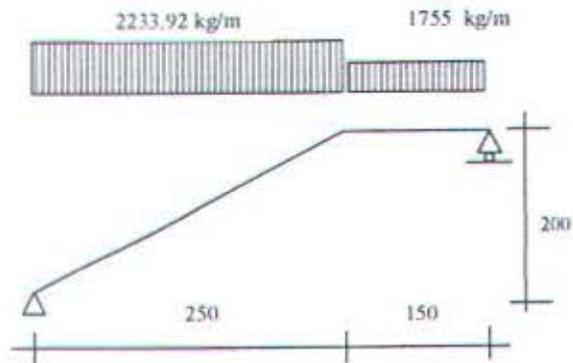
Beban Ultimate

$$q_{ult2} = 1.2 * q_d + 1.6 q_l$$



$$= 1.2 \cdot 500 + 1.6 \cdot 300$$

$$= 1080 \text{ Kg/m}^2$$



Gambar 3.3 : Sistem pembebanan tangga

Analisa Struktur tangga menggunakan program SAP 2000.

3.3.3 Perencanaan penulangan tangga

3.3.3.1 Penulangan pelat bordes

$$\rho_{balance} = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1 \times 600}{f_y \times (600 + f_y)}$$

$$= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0325$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_{balance}$$

$$= 0.75 \times 0.0325 = 0.0244$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

Data-data :

$$h = 150 \text{ mm}$$

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

$$d = 150 - 30 - \frac{1}{2} \cdot (12) = 114 \text{ mm}$$

$$M_u = 6644 \text{ Kgm} = 6.644 \times 10^7 \text{ Nmm (dari SAP 2000)}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6.644 \times 10^7}{0.8 \cdot 1000 \cdot 114^2} = 6.39$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{fy}} \right) \rightarrow m = \frac{fy}{0.85 \cdot f'c} = \frac{400}{0.85 \cdot 30} = 15.69$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.69} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 6.39 \cdot 15.69}{400}} \right) = 0.0187 > \rho_{\text{min}}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0187 \cdot 1000 \cdot 114$$

$$= 2134.8 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dipakai tulangan D12 - 50 (As = 2262 mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Arah Melintang

$$As_y = 20\% As_{\text{perlu}}$$

$$= 20\% \cdot 2262$$

$$= 452.4 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dipakai tulangan D12 - 250 (As = 452.4 mm}^2 \text{)}$$

3.3.3.2 Penulangan pelat tangga

Data-data :

$$h = 150 \text{ mm}$$

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

$$d = 150 - 30 - \frac{1}{2} \cdot (12) = 114 \text{ mm}$$

$$M_u = 7276 \text{ Kgm} = 7.276 \cdot 10^7 \text{ Nmm (dari SAP 2000)}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{7.276 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 114^2} = 6.998$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{fy}} \right) \rightarrow m = \frac{fy}{0.85 \cdot f'c} = \frac{400}{0.85 \cdot 30} = 15.69$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.69} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 6.998 \cdot 15.69}{400}} \right) = 0.0209 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_x \text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0209 \times 1000 \times 114 \\
 &= 2386.3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dipakai tulangan D16-80 (As = 2513 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Tulangan Arah Melintang

$$\begin{aligned}
 A_{s_y} &= 20\% A_{s \text{perlu}} \\
 &= 20\% \times 2513 \\
 &= 502.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dipakai tulangan D12-225 (As = 502.7 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Perancangan Balok Bordes

Data-data perencanaan :

- Beban yang bekerja pada balok bordes adalah sebesar : 2520 kg/m
- Bentang balok : 4.5 m
- Dimensi balok bordes : 25/35
- Momen ultimate : 2403 kgm

Perhitungan penulangan balok :

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$M_u = 5564 \text{ Kgm} = 5.564 \cdot 10^7 \text{ Nmm (dari SAP 2000)}$$

Syarat penulangan :

$$\rho \text{ min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ balance} &= \frac{(0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{(0.85 \cdot 0.85 \cdot 30)}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ max} &= 0.75 \rho \text{ balance} = 0.75 \times 0.0325 \\
 &= 0.024
 \end{aligned}$$

- Penentuan jarak d dan d'

dengan dimensi balok $250 \times 350 \text{ mm}$,

$$- d' = 40 + 10 + 0.5 \times 16 = 58 \text{ mm}$$

$$- d = 350 - 40 - 10 - 0.5 \times 16 = 292 \text{ mm}$$

- Rasio tulangan tekan dan tulangan tarik : $\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0.5$
- Kebutuhan Tulangan :

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot f_c} = \frac{5564 \times 10^4}{250 \cdot 292^2 \cdot 30} = 0.087$$

dari table ω , didapat : $\omega = 0.12$

$$\rho = \frac{\omega \cdot f_c'}{f_y} = \frac{0.12 \cdot 30}{400} = 0.009$$

karena $\rho_{maks} > \rho > \rho_{min}$, maka pakai $\rho = 0.009$

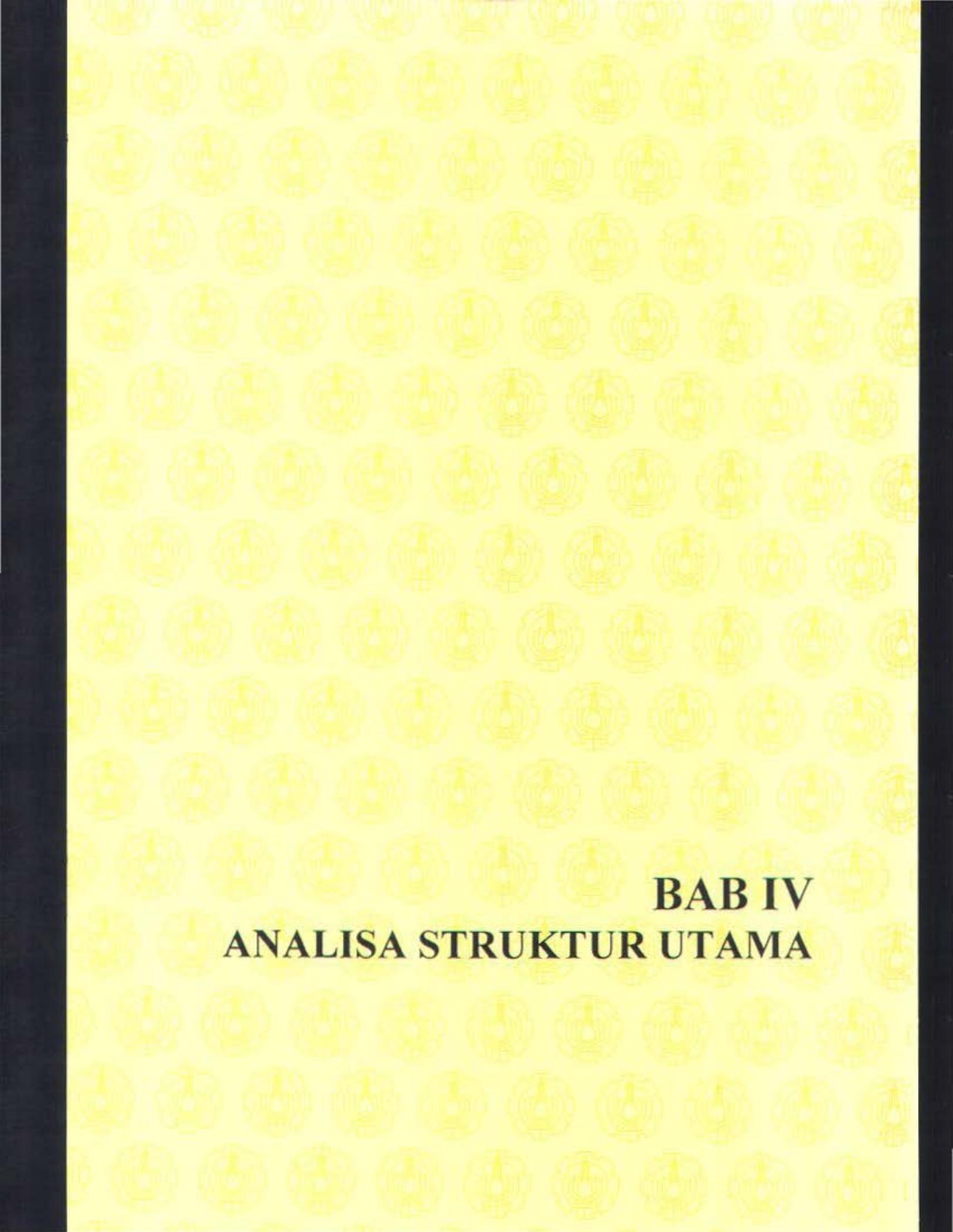
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.009 \times 250 \times 292 = 657 \text{ mm}^2$$

(pakai : 4 D16 $\rightarrow A_s = 804.2 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = \delta \cdot A_s = 0.5 \times 804.2 = 402.1 \text{ mm}^2$$

(pakai : 2 D16 $\rightarrow A_s = 402.1 \text{ mm}^2$)





BAB IV
ANALISA STRUKTUR UTAMA

BAB IV

ANALISA STRUKTUR UTAMA

4.1 Umum

Struktur utama gedung ini menggunakan system rangka bangunan yang merupakan rangkaian dari system pelat datar (*Flat Plate*) dan kolom dari beton bertulang. Sistem penahan gempanya adalah *Building Frame System* berupa rangka kolom - pelat datar.

Dengan menggunakan *Building Frame System*, maka pelat lantai datar dirancang berfungsi sebagai diafragma yang berlaku kaku dan menyebarkan beban lateral secara merata ke komponen struktur yang lain.

4.2 Analisa Struktur Utama

Analisa struktur utama bertujuan untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya dalam yang diterima oleh komponen struktur. Pada perancangan ini akan dilakukan menggunakan program ETABS v.8 (*Extended Three Dimensional Analysis of Building System*) dengan prinsip-prinsip metode elemen hingga (*Finite Element Method*).

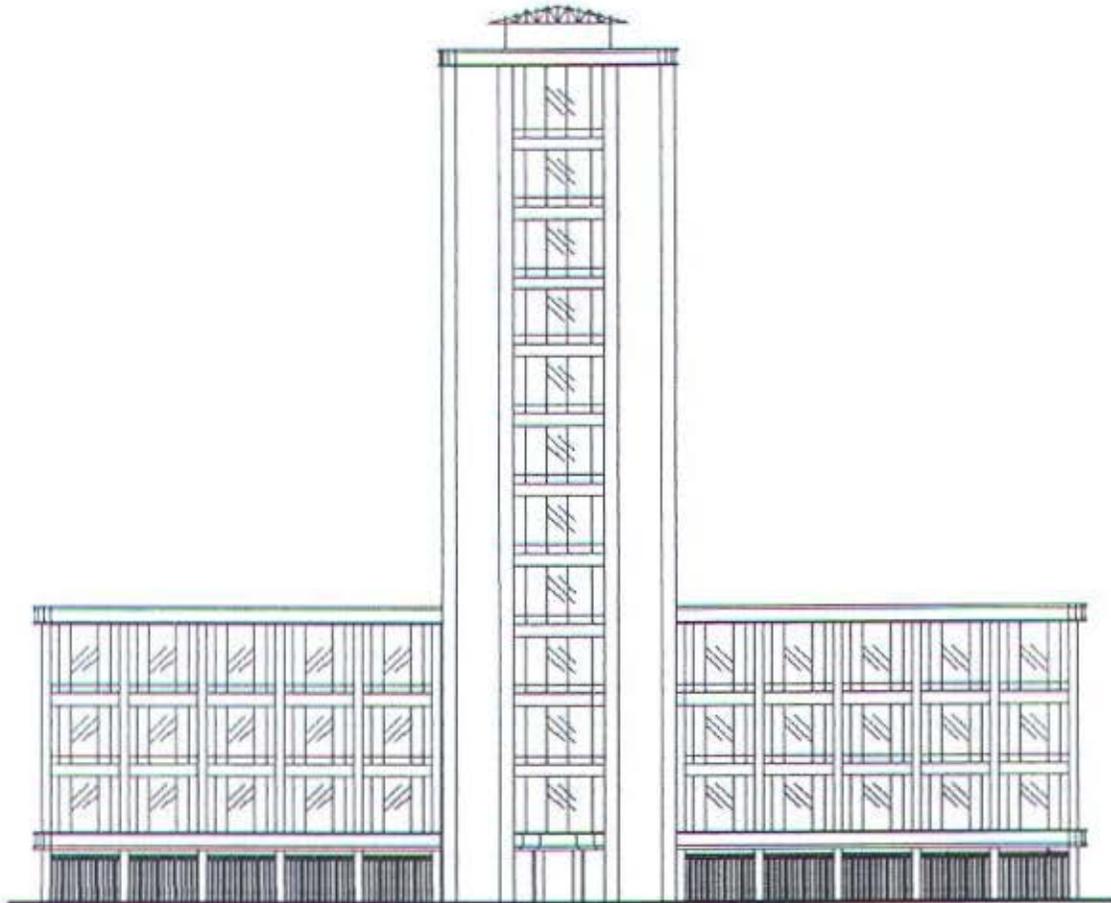
Struktur utama berupa kesatuan pelat dan kolom. Pelat lantai sebagai diafragma di mana semua titik pada tiap taraf lantai tidak dapat bergerak relatif satu dengan lainnya. Analisa yang dilakukan adalah analisa statis yang akan dibahas di bawah ini.

Pemodelan Struktur Gedung

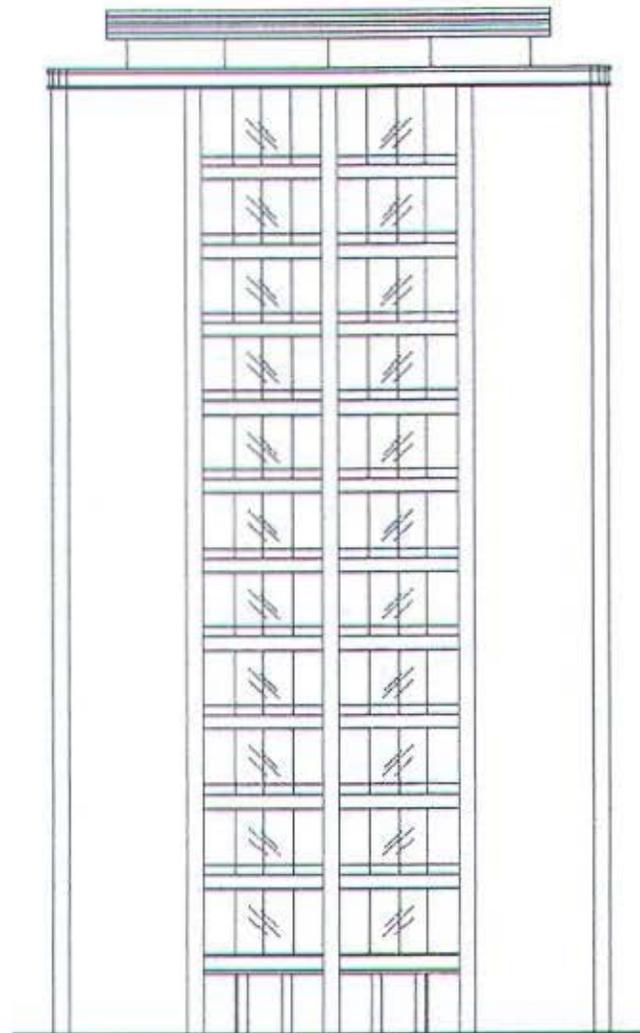
Dilihat dari model denah, tampak, beban yang bekerja, juga fungsi dari bangunan, maka Gedung Graha Arjuna ini dimodelkan menjadi 3 bagian yaitu : gedung utama yang berfungsi sebagai perkantoran, gedung samping yang berfungsi sebagai pertokoan, serta struktur tangga. Sehingga analisa struktur pada tugas akhir ini terdapat tiga jenis

permodelan struktur. Permodelan struktur itu meliputi struktur utama, struktur samping dan struktur tangga.

Gambar struktur secara keseluruhan :



Tampak Depan



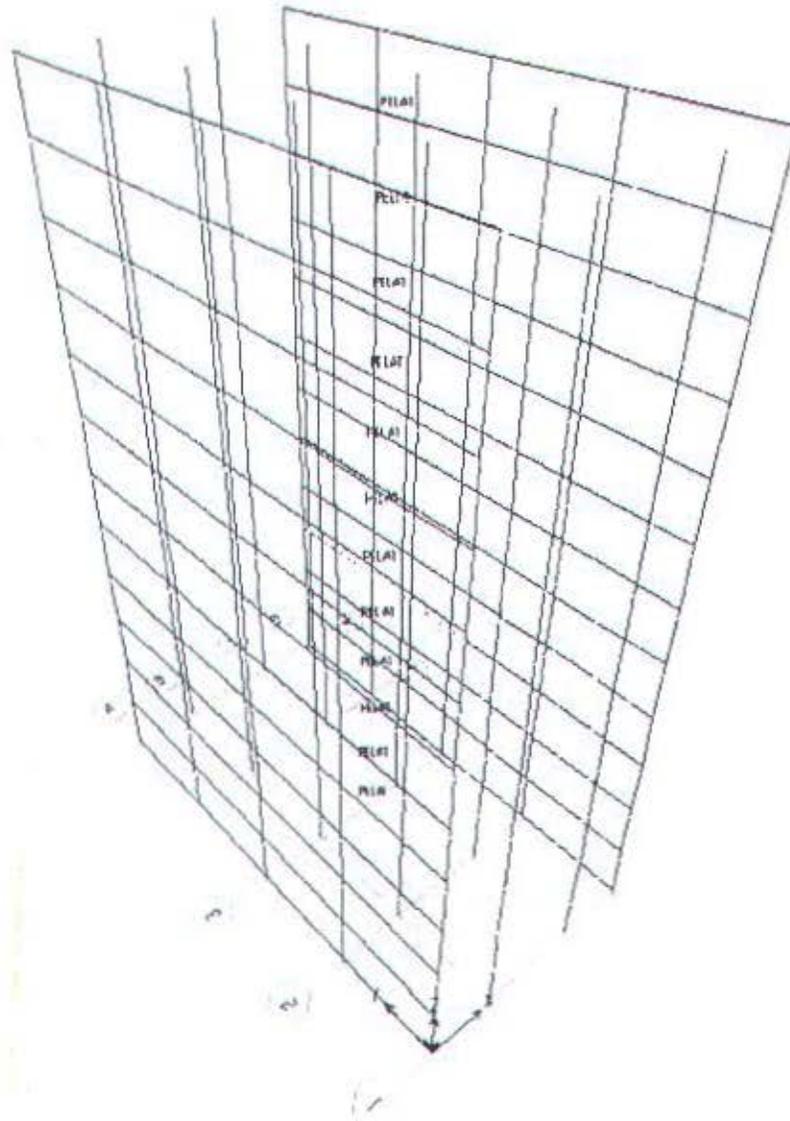
Tampak Samping

Macam-macam permodelan struktur dalam tugas akhir ini :

1. Struktur Utama

Permodelan struktur untuk bangunan utama berupa system diafragma yang berupa rangka pelat datar – kolom, dengan jumlah 12 lantai. Fungsi dari bangunan utama adalah sebagai gedung perkantoran. Pelat datar ini digunakan dengan maksud agar gaya lateral yang terjadi dapat disebarkan lebih merata ke frame dalam hal ini kolom. Struktur utama ini dalam permodelannya dipisah dengan struktur samping, sehingga dalam desain elemen struktur tidak saling mempengaruhi. Sehingga dalam pelaksanaannya juga harus diperhitungkan adanya pemisahan antara struktur utama dan samping.

Dalam struktur utama terdapat tangga dan lift yang dalam perencanaannya tidak direncanakan menyatu dengan struktur utama. Untuk elemen horizontal berupa pelat datar yang merupakan struktur utama dalam system struktur diafragma. Untuk pelat datar pada struktur utama menggunakan pelat dengan tebal 20 cm. Sebagai elemen vertikal pada struktur utama berupa kolom Untuk kolom, menggunakan ukuran 70/70 cm dengan tinggi 3,5 m yang merupakan kolom interior dan kolom eksterior.



Gambar Struktur Utama

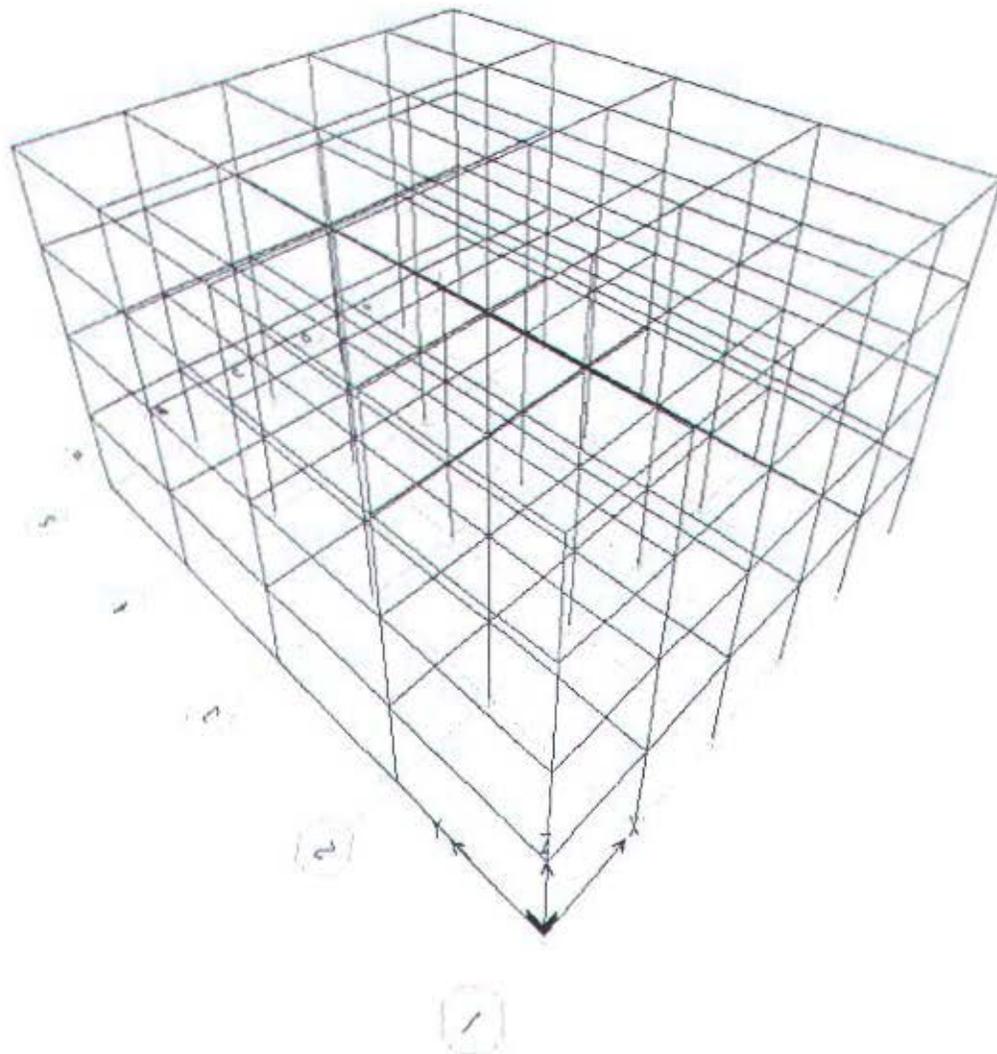
2. Struktur Samping

Permodelan struktur untuk bangunan samping tidak didesain menggunakan dual system, tetapi didesain dengan menggunakan Special Moment Resisting Frame (SMRF), dengan jumlah 4 lantai yang berfungsi sebagai pertokoan. Analisa struktur samping ini dipisahkan dengan struktur utama. Sehingga dalam pelaksanaannya juga harus diperhitungkan adanya pemisahan antara struktur utama dan samping. Dalam struktur samping terdapat tangga yang dalam perencanaannya tidak direncanakan menyatu dengan struktur utama. Untuk elemen horizontal berupa balok dan pelat. Pembalokan dalam struktur utama ini ada 2 buah, yaitu :

- balok induk bentang 4.5 m dengan dimensi 25/35.
- balok anak bentang 6.75 m dengan dimensi 30/45.

Untuk pelat pada struktur samping menggunakan pelat dengan tebal 15 cm untuk semua jenis pelat.

Sebagai elemen vertikal pada struktur utama berupa kolom. Untuk kolom, menggunakan ukuran 50/50 cm dengan tinggi 3,5 m yang terdiri dari kolom interior dan kolom eksterior .

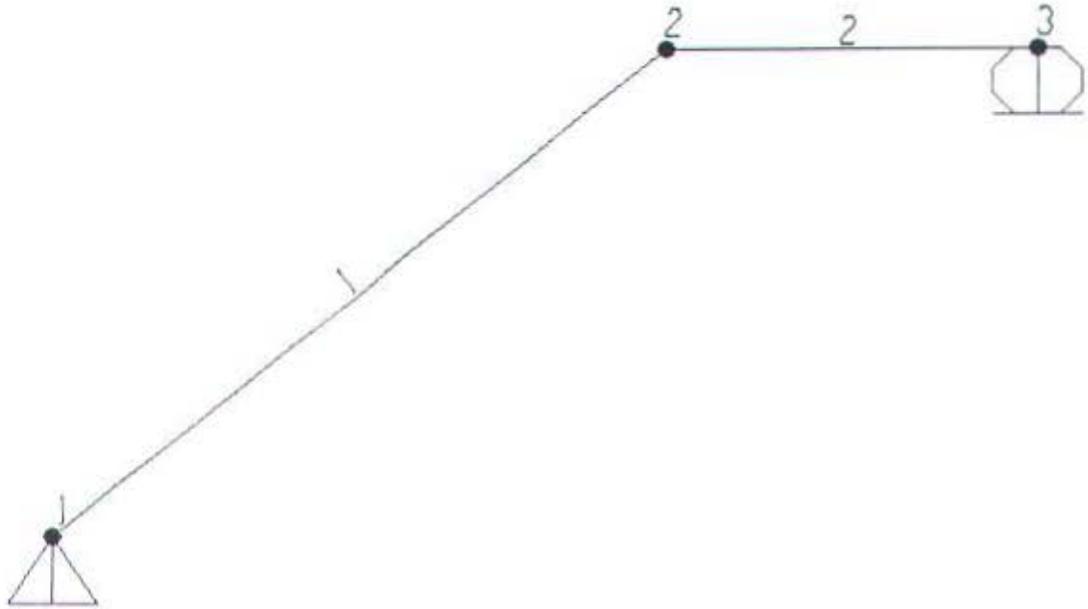


Gambar Struktur Samping

2. Struktur Tangga

Dalam struktur utama dan struktur samping terdapat tangga sebagai jalan akses antar lantai. Dalam permodelan struktur tangga dibuat system struktur dengan dua tumpuan, sendi dan rol. Sehingga struktur tangga dapat dipisah dari struktur utama maupun struktur samping. Dengan adanya tumpuan sendi dan rol dalam permodelan struktur, maka struktur tangga tidak mempengaruhi dan tidak dipengaruhi oleh gaya-gaya dalam dari struktur utama. Untuk mewujudkan tumpuan rol dalam struktur tangga, maka diperlukan balok bordes untuk

meletakkan pelat bordes. Sehingga dalam adanya mekanisme gaya lateral, tangga tidak ikut menahan gaya lateral tersebut.



4.3 Gaya Geser Rencana Akibat Gempa

Besarnya gaya geser dasar dapat dihitung dengan rumus yang terdapat dalam UBC '97 section 1630.2 yaitu :

$$V = \frac{C_v I}{R T} W \quad (\text{pers. 30-4})$$

dimana geser dasar rencana total tidak perlu lebih dari :

$$V = \frac{2.5 C_a I}{R} W \quad 27 \quad (\text{pers. 30-5})$$

serta tidak boleh kurang dari : $V = 0.11 C_a I W$ (pers. 30-6)

Sebagai tambahan untuk wilayah gempa 4 tidak boleh kurang dari :

$$V = \frac{0.8 Z N_v I}{R} W$$

Keterangan :

Z = faktor wilayah gempa yaitu 0,4 untuk zona 4, 0,3 untuk zona 3, 0,2 untuk zona 2B, 0,15 untuk zona 2A, dan 0,05 untuk zona 1.

I = Faktor keutamaan struktur yaitu 1,25 untuk fasilitas khusus dan berbahaya, 1 untuk tempat tinggal (Tabel 16-K)

R = faktor modifikasi respon (Tabel 16-N)

C_a = Koefisien gempa (Tabel 16-Q)

C_v = Koefisien gempa (Tabel 16-R)

W = beban mati total

T = periode gempa dalam detik

V = gaya gempa dasar

Pada analisa pendahuluan T dihitung dengan metode A yang terdapat dalam section 1630.2.2 item 1 dengan rumus :

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

Dimana : C₁ = 0,0853 (untuk steel moment-resisting frame)

$C_t = 0,0731$ (untuk reinforced moment-resisting frame dan eccentrically braced frame)

$C_t = 0,0488$ (untuk sistem struktur beton yang lain)

Data-data perencanaan gedung adalah :

Type Bangunan	: Perkantoran
Zona Gempa	: Zone 3 UBC
Tinggi bangunan	: 42 m
Lebar bangunan utama	: 14 m
Panjang bangunan utama	: 27 m
Mutu beton	: 30 Mpa
Mutu baja	: 400 Mpa
Dimensi Kolom	: 70 x 70 cm

A. Menghitung Beban Mati Total Bangunan (W)

a. Berat lantai atap

- Pelat	= 14 x 27 x 0,2 x 2400	= 181440	kg
- Kolom	= 20 x 0,7 ² x 3,5/2 x 2400	= 41160	kg
- Finishing beton (1cm)	= 14 x 27 x 0,01 x 2200	= 8316	kg
- Instalasi pipa dan AC	= 14 x 27 x 30	= 11340	kg
- Aspal 1 cm	= 0,01 x 14 x 27 x 1400	= 5292	kg
- Tembok ½ bata	= 82 x 3,5/2 x 250	= <u>35875</u>	kg
	W_{D-roof}	= 283423	kg

b. Berat lantai I-II

- Pelat	= 14 x 27 x 0,2 x 2400	= 181440	kg
- Kolom	= 20 x 0,7 ² x 3,5 x 2400	= 82320	kg
- Tegel + spesi	= 14 x 27 x (24+21) x 3	= 51030	kg
- instalasi pipa dan AC	= 14 x 27 x 30	= 6804	kg
- Tembok ½ bata	= 82 x 3,5 x 250	= <u>71750</u>	kg
	W_{I-II}	= 393344	kg

$$\text{Beban mati total (W)} = W_{D\text{-roof}} + W_{1-11} = 4610207 \text{ kg}$$

B. Menghitung Periode Dasar Struktur (T)

$$T = C_t (h_n)^{3/4} = 0,0488 (3,5 \times 12)^{3/4} = 0,805 \text{ detik}$$

C. Data-data untuk Seismic Design

- SMRF $\rightarrow R = 8,5 ; \Omega_0 = 2,8$
- Zone 3 UBC $\rightarrow z = 0,3$
- Zone 3 UBC, untuk tanah Sd $\rightarrow C_v = 0,54$
- Zone 3 UBC, untuk tanah Sd $\rightarrow C_a = 0,36$
- Untuk fungsi perkantoran / fasilitas umum $\rightarrow I = 1$

Untuk menghitung periode waktu getar (T), gaya geser dasar (V), gaya gempa (Ft) serta berat total bangunan (W) dalam tugas akhir ini kami menggunakan program ETABS v.8 dimana untuk menghitung waktu getar, gaya geser dasar, gaya gempa, dan berat total bangunan menggunakan auto load berdasarkan atas peraturan UBC 1997. Dan dari hasil analisa perhitungan ETABS maka didapat :

ETABS v8.00 File: STRUKTUR UTAMA FLAT PLATE

Kgf-m Units

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
 Typical Eccentricity = 5%
 Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
 Ct = 0.0488 (in feet units)

Top Story: STORY12
 Bottom Story: BASE

R = 8.5

l = 1
 hn = 42.000 (Building Height)

Soil Profile Type = SD
 Z = 0.3
 Ca = 0.3600
 Cv = 0.5400

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

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

If $Z \geq 0.35$ (Zone 4) then: If $T_{etabs} \leq 1.30 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$
 If $Z < 0.35$ (Zone 1, 2 or 3) then: If $T_{etabs} \leq 1.40 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$

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

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

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

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

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

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

$T_a = 1.9627$ sec
 $T_{Used} = 2.3120$ sec
 $W_{Used} = 2396781.23$

V (Eqn 1) = 12.4636W
 V (Eqn 2) = 48.0274W
 V (Eqn 3) = 17.9623W
 V (Eqn 4) = 20.4917W

$V_{Used} = 0.0396W = 94912.54$
 $F_t_{Used} = 15360.94$

Berdasarkan dari hasil analisa ETABS, maka diperoleh letak pusat massa dan pusat kekakuan struktur untuk gedung utama adalah sebagai berikut :

ETABS v8.00 File: STRUKTUR UTAMA FLAT PLATE Kgf-m

CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----/		/ /-CENTER OF RIGIDITY-----/	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-Y

STORY12	D1	12018.8369	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY11	D1	33144.7302	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY10	D1	54270.6234	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY9	D1	75396.5167	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY8	D1	96522.4100	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY7	D1	117648.3033	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY6	D1	138774.1966	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY5	D1	159900.0899	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY4	D1	181025.9832	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY3	D1	202151.8765	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY2	D1	223277.7698	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY1	D1	244403.6631	7.000	13.500	7.000	13.500

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY12 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)	22818.30	0.00	0.00	0.000	0.000	-339547.258
STORY11 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)	12015.71	0.00	0.00	0.000	0.000	-178799.475
STORY10 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)	10923.37	0.00	0.00	0.000	0.000	-162544.977
STORY9 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)	9831.03	0.00	0.00	0.000	0.000	-146290.479
STORY8 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)	8738.70	0.00	0.00	0.000	0.000	-130035.981
STORY7 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)	7646.36	0.00	0.00	0.000	0.000	-113781.484



STORY6 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)
 6554.02 0.00 0.00 0.00 0.00 -97526.986

STORY5 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)
 5461.68 0.00 0.00 0.00 0.00 -81272.488

STORY4 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)
 4369.35 0.00 0.00 0.00 0.00 -65017.991

STORY3 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)
 3277.01 0.00 0.00 0.00 0.00 -48763.493

STORY2 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)
 2184.67 0.00 0.00 0.00 0.00 -32508.995

STORY1 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)
 1092.34 0.00 0.00 0.00 0.00 -16254.498

4.4 Perhitungan Beban Angin

Seperti halnya beban gempa, maka untuk perhitungan beban angin untuk gedung utama ini menggunakan auto load dari program analisa struktur ETABS.

Dan didapatkan :

```
AUTO WIND UBC 97
Case: ANGIN
```

AUTO WIND INPUT DATA

```
Exposure From: Rigid diaphragm extents
Direction Angle = 0 degrees
Windward Cq = 0.8
Leeward Cq = 0.5
```

```
Top Story: STORY12
Bottom Story: BASE
```

```
No parapet is included
```

```
Basic Wind Speed, V = 70 mph
Exposure Type = C
Importance Factor, Iw = 1
```

AUTO WIND EXPOSURE WIDTH INFORMATION (Exposure widths are from diaphragm extents)

STORY	DIAPHRAGM	WIDTH	X	Y
STORY12	D1	27.610	7.000	13.500
STORY11	D1	27.610	7.000	13.500
STORY10	D1	27.610	7.000	13.500
STORY9	D1	27.610	7.000	13.500
STORY8	D1	27.610	7.000	13.500
STORY7	D1	27.610	7.000	13.500
STORY6	D1	27.610	7.000	13.500
STORY5	D1	27.610	7.000	13.500
STORY4	D1	27.610	7.000	13.500
STORY3	D1	27.610	7.000	13.500
STORY2	D1	27.610	7.000	13.500
STORY1	D1	27.610	7.000	13.500

AUTO WIND CALCULATION FORMULAS

$P = \text{wind pressure} = \text{SUM}(C_e C_q q_s I_w) \quad \text{-- Method 1}$

C_e , the combined height, exposure and gust factor coefficient, is from UBC97 Table 16-G

q_s is the wind stagnation pressure at the standard height of 33 feet
 $q_s = 0.00256 V^2 \geq 10 \text{ psf}$

AUTO WIND CALCULATION RESULTS

$q_s = 12.5440 \text{ psf}$

AUTO WIND STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY12	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)					
	13619.94	0.00	0.00	0.000	0.000	-183869.242
STORY11	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)					
	27182.36	0.00	0.00	0.000	0.000	-366961.879
STORY10	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)					
	26202.04	0.00	0.00	0.000	0.000	-353727.607
STORY9	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)					
	26046.51	0.00	0.00	0.000	0.000	-351627.897
STORY8	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)					
	25567.01	0.00	0.00	0.000	0.000	-345154.577
STORY7	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)					
	25383.30	0.00	0.00	0.000	0.000	-342674.555

```

STORY6      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)
            24790.71      0.00      0.00      0.000
0.000 -334674.652

STORY5      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)
            24001.72      0.00      0.00      0.000
0.000 -324023.209

STORY4      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)
            23797.54      0.00      0.00      0.000
0.000 -321266.741

STORY3      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)
            22743.83      0.00      0.00      0.000
0.000 -307041.739

STORY2      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)
            21617.10      0.00      0.00      0.000
0.000 -291830.800

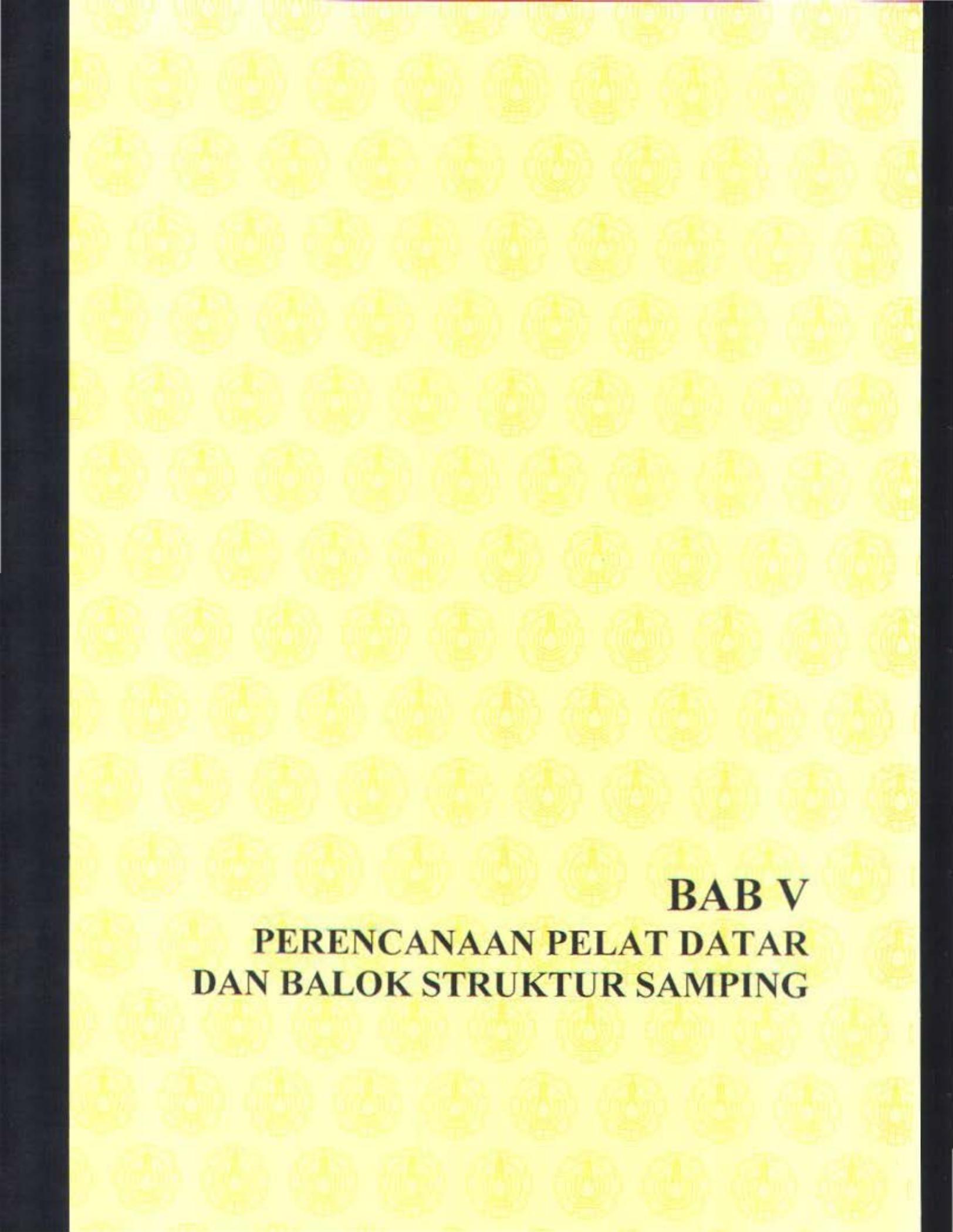
STORY1      (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)
            20493.65      0.00      0.00      0.000
0.000 -276664.334

```

4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai berdasarkan UBC 1997 adalah :

COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB1	ADD	MATI	Static	1.4000
		HIDUP	Static	1.7000
COMB2	ADD	MATI	Static	1.0500
		HIDUP	Static	1.2750
		ANGIN	Static	1.2750
COMB3	ADD	MATI	Static	0.9000
		ANGIN	Static	1.3000
COMB4	ADD	MATI	Static	1.3200
		HIDUP	Static	0.5500
		GEMPA	Static	1.1000
COMB5	ADD	MATI	Static	0.9900
		GEMPA	Static	1.1000



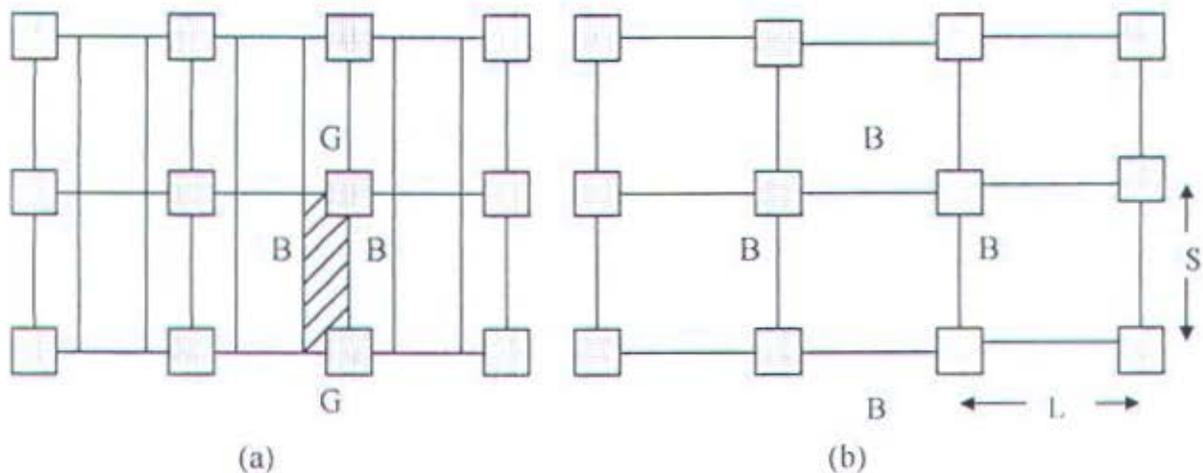
BAB V
PERENCANAAN PELAT DATAR
DAN BALOK STRUKTUR SAMPING

BAB V

PERANCANGAN PELAT DATAR DAN BALOK STRUKTUR SAMPING

5.1 Perancangan Pelat Datar

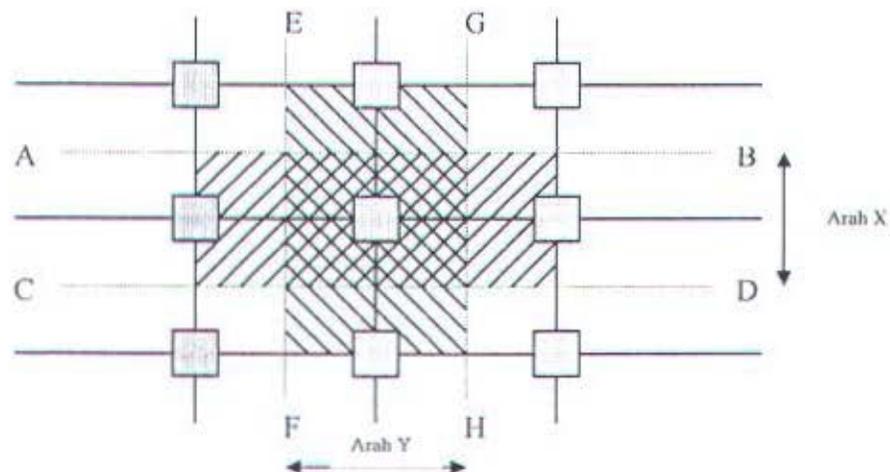
Pada umumnya pelat yang sering dijumpai adalah system pelat-balok-balok induk (gelagar/girder). Sistem pelat ini seperti ditunjukkan pada gambar 5.1 (a). Sedangkan untuk perencanaan gedung perkantoran dan pertokoan Graha Arjuna di Jalan Sudirman Surabaya ini menggunakan system pelat datar (flat plate) dimana tanpa adanya drop panel dan tidak adanya kepala kolom (kolom capital), seperti pada gambar 5.1 (b). Bila rasio panjang L terhadap S lebih dari 2, maka permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan tunggal dan apabila rasio panjang L terhadap S kurang dari 2, maka permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda dan disebut dengan system pelat dua arah.



Gambar 5.1 Sistem Pelat Dua Arah

5.1.1 Konsep Perencanaan Umum

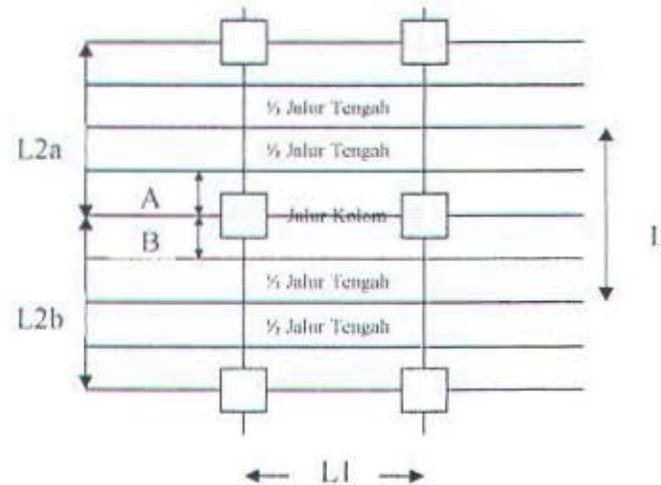
Dalam perencanaan pelat 2 arah mengasumsikan adanya pemotongan vertical dari seluruh bangunan sepanjang garis-garis tengah antara kolom-kolom, yang menghasilkan beberapa portal yang melebar di antara garis-garis tengah dari 2 panel yang berdekatan. Seperti gambar, bidang vertical AB-CD akan menghasilkan portal kaku ekivalen arah x dan bidang vertical EF-GH akan menghasilkan portal kaku arah y. Dengan demikian perencanaan system lantai 2 arah dapat disederhanakan menjadi perencanaan dari suatu portal kaku yang dinamakan metode portal ekivalen (Equivalent Frame Method).



Gambar 5.2 Portal Ekivalen untuk Equivalent Frame Method

5.1.2 Jalur Kolom dan Jalur Tengah

Dalam perencanaan flat plate dikenal istilah jalur kolom dan jalur tengah. Kedua jalur yang ditentukan ini terdapat pada suatu panel dimana akan digunakan untuk penentuan besarnya distribusi momen positif dan negatif.



Gambar 5.3 Penentuan Lebar Jalur Kolom dan Jalur Tengah

Keterangan :

- A = Nilai terkecil dari $0,25 L_{2a}$ atau $0,25 L_1$
- B = Nilai terkecil dari $0,25 L_{2b}$ atau $0,25 L_1$
- L = Lebar portal ekuivalen
- L_1 = Panjang bentang dalam arah dimana momen dihitung.

Jalur kolom adalah jalur dengan lebar pada tiap sisi sumbu kolom sebesar nilai terkecil diantara $0,25 L_2$ atau $0,25 L_1$. Sedang jalur tengah adalah jalur yang dibatasi oleh 2 jalur kolom pada panel yang ditinjau.

Data perancangan :	f_c'	=	30 Mpa
	F_y	=	400 Mpa
	D tulangan	=	13 mm
	d	=	20 mm (UBC '97 1907.7.1)

Beban mati pelat atap :

- Instalasi pipa dan AC		=	30 Kg/m ²
- Finishing beton (1 cm)	= 0,01 x 2200	=	22 Kg/m ²
- Aspal (1 cm)	= 0,01 x 1400	=	<u>14 Kg/m²</u>
	qD	=	66 Kg/m ²

Beban hidup pelat atap qL = 100 Kg/m²

Beban mati pelat lantai :

- Instalasi pipa dan AC		=	30 Kg/m ²
- Tegak + Spesi	= (24+21) x 3	=	<u>135 Kg/m²</u>
	qD	=	165 Kg/m ²

Beban hidup pelat lantai qL = 250 Kg/m²

5.2 Preliminary Design Pelat

• Tebal Pelat

Sesuai dengan UBC '97 tabel 19-C-3, tebal minimum pelat datar tanpa balok dan penebalan untuk $f_y = 400$ Mpa adalah $l_n/30$.

Direncanakan kolom 70 x 70 dan jarak as ke as adalah sebesar 6 meter, maka $l_n = 600 - 70 = 530$ cm.

Sehingga tebal pelat = $530/30 = 17,67$ cm → pakai 20 cm

Dan sesuai dengan UBC '97 section 1909.5.3.2 tebal pelat tidak boleh kurang dari 127 mm.

- Kontrol kekuatan geser akibat beban gravitasi

Sebagai contoh : Berat sendiri pelat = $0,20 \times 2400 = 480 \text{ Kg/m}^2$

Beban mati = 165 Kg/m^2

Beban hidup = 250 Kg/m^2

Beban berfaktor = $1,4 D + 1,7 L = 1328 \text{ Kg/m}^2$

d = tinggi efektif pelat = tebal pelat – decking – $\frac{1}{2} D_{tulangan}$
 $= 200 - 20 - 13/2 = 173,5 \text{ mm}$.

- Aksi Balok Lebar (geser satu arah).

Penampang kritis adalah sejarak d dari muka kolom (gambar)

Gaya geser yang bekerja :

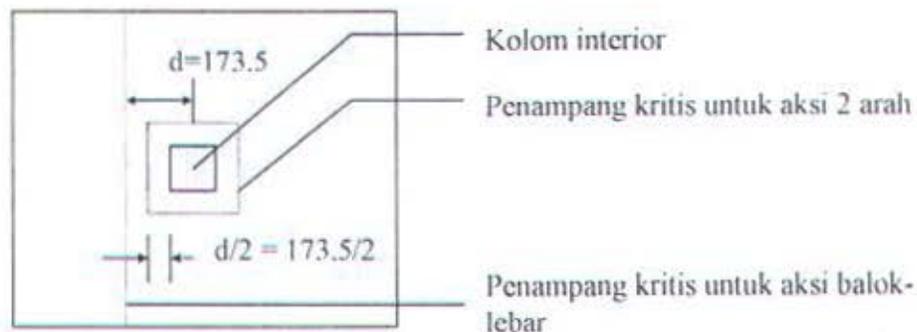
$$\begin{aligned} V_u &= w_u \times 6 \times (6,75/2 - 0,7/2 - d) \\ &= 13280 \text{ N/m}^2 \times 6 \times (3,375 - 0,35 - 0,1735) \\ &= 227207,52 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasar UBC '97 1911.8.6

$$\begin{aligned} V_n = V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 6000 \times 173,5 \\ &= 950298,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,85 \text{ (1909.3.4)}$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 950298,64 \text{ N} = 807753,8 \text{ N} > V_u \dots \text{ Ok!}$$



Gambar 5.4 Penampang Kritis Kekuatan Geser

- Aksi 2 arah (1911.12.1.2).

Penampang kritis diukur sejarak $d/2$ dari muka kolom. Dengan tidak adanya gaya-gaya geser pada garis pusat dari panel berdekatan, gaya geser di sekeliling penampang kritis adalah :

$$\begin{aligned} V_u &= 13280 \times (6^2 - (0,7 + 0,1735)^2) \\ &= 467947,33 \text{ N} \end{aligned}$$

V_c berdasar 1911.12.2.1 diambil nilai terkecil dari :

$$1. V_c = 0,083 \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$\beta_c = \text{Rasio panjang kolom terhadap lebar kolom} = 1$$

$$b_o = \text{Keliling penampang kritis untuk aksi 2 arah}$$

$$= 4 (700 + 173,5) = 3494 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,083 \left(2 + \frac{4}{1}\right) \sqrt{30} \cdot 3494 \cdot 173,5 = 1653531,03 \text{ N}$$

$$2. V_c = 0,083 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$\alpha_s = 40 \text{ untuk kolom}$$

$$V_c = 0,083 \left(2 + \frac{40 \times 173,5}{3494}\right) \sqrt{30} \times 3494 \times 173,5$$

$$= 1098568,03 \text{ N}$$

$$3. V_c = 0,33 \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \sqrt{30} \cdot 3494 \times 173,5 = 1095713,3 \text{ N}$$

Sehingga $V = \phi V_c = 0,85 \times 1095713,3 = 931356,33 \text{ N} > V_u$. OK!



5.3 Perancangan Penulangan Pelat

- Rasio tulangan yang harus dipenuhi :

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0325$$

[UBC '97 1908.4.3]

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0325 = 0,0244 \text{ [UBC '97 1910.3.3]}$$

d_x = tinggi efektif pelat

= tebal pelat – decking – diameter tulangan/2

$$= 200 - 20 - 13/2 = 173,5 \text{ mm}$$

$\phi = 0,9 \Rightarrow$ factor reduksi kekuatan untuk komponen lentur tanpa aksial (1909.3.2.2).

- Tulangan arah X sebagai tulangan bawah :

1. Jalur Kolom

- Momen Positif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 2,99 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_u}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{299000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 173,5} = 5,984 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 220 mm (491,7 mm²).

- Momen Negatif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 6,18 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_u}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{618000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 173,5} = 12,368 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 100 mm (1327,3 mm²).

2. Jalur Tengah

- Momen Positif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 2,47 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{247000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 4,943 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 260 mm (510,5 mm²).

- Momen Negatif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 0,911 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{91100}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 1,823 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 320 mm (414,8 mm²).

- Tulangan arah Y sebagai tulangan atas :

1. Jalur Kolom

- Momen Positif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 3,21 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{321000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 6,424 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 200 mm (663,7 mm²).

- Momen Negatif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 4,86 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{486000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 9,726 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 135 mm (983,2 mm²).

2. Jalur Tengah

- Momen Positif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 3,02 tm

Tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{302000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 6,044 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 210 mm (632,1 mm²).

- Momen Negatif

Dari hasil ETABS diperoleh momen sebesar 3,55 tm

Tulangan yang diperlukan :

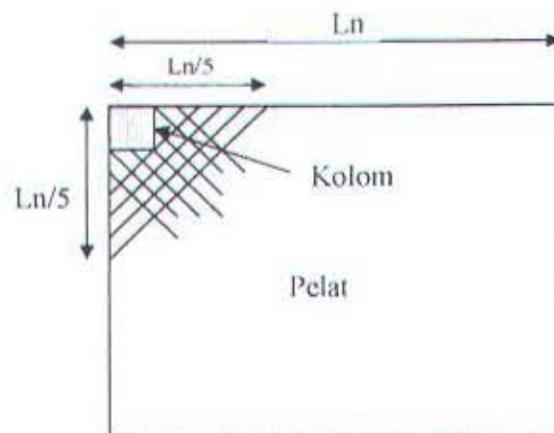
$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Mu}{0,8 \phi f_y d} \\ &= \frac{355000}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4000 \cdot 17,35} = 7,105 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan : D-13 – 180 mm (737,4 mm²).

5.4 Tulangan Pojok pada Pelat

Tulangan pojok diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya gempa searah diagonal bangunan. Oleh karena itu, maka tulangan pojok dipasang pada keempat sudut bangunan untuk menyalurkan kekuatan lentur apabila terjadi gempa searah ini.

Kebutuhan tulangan pojok dihitung berdasarkan momen positif pelat lantai yang dipasang selebar $1/5$ sisi pelat yang lebih besar. Cara perhitungannya seperti pada penulangan lentur. Hasil yang diperoleh adalah $\phi 13 - 200$.



Gambar 5.5 Penulangan Pojok Pelat

5.5 Penulangan Geser pada Pelat

Dengan memperhatikan syarat kompatibilitas deformasi pada struktur, dalam desain yang menggunakan Δm , ternyata momen-momen pada tumpuan pelat lebih besar dari momen kapasitas pelat. Maka diperlukan tulangan geser sepanjang lebar jalur kolom untuk ketahanan pelat terhadap beban gempa.

- Panjang penyaluran untuk diameter 13 (ϕ 13) berdasarkan UBC '97 1921.5.4.1 adalah :

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4\sqrt{f'_c}} = \frac{400 \times 13}{5,4\sqrt{30}}$$

$$= 175,81 \text{ mm}$$

$$l_d = 2,5 \times l_{dh} \quad [\text{UBC '97 1921.5.4.2}]$$

$$= 2,5 \times 175,81 = 439,5 \text{ mm}$$

- Pada section 1921.8.5.1 menyebutkan panjang pemasangan penulangan transversal harus dipasang melebihi l_d dari muka kolom, sebesar :

- 1). d pelat $\Rightarrow (200-20) = 180 \text{ mm}$ (dipakai)

- 2). 1/6 panjang bersih pelat $\Rightarrow 1/6 \times (6000-700) = 883,3 \text{ mm}$

- 3). 18 in (457mm)

- V_u akibat gempa = $(M_{ki} + M_{ko}) / l_n = (5002,65 + 5503,46) / (6,0-0,7)$
 $= 1982,28 \text{ Kg}$

- Berdasarkan UBC 1911.1.1 $\rightarrow \phi V_n \geq V_u$ (Pers. 11-1)

Dimana : $V_n = V_c + V_s$ $\phi = 0,85$ (1909.3.2.3)

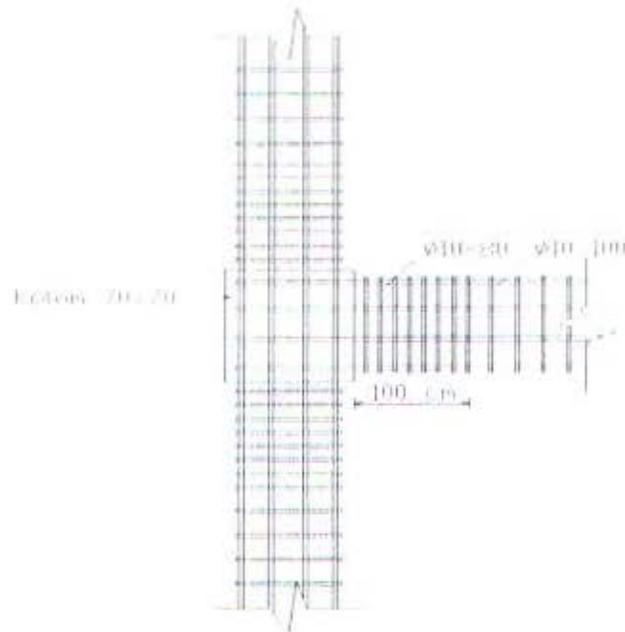
$$V_s = A_v \times f_y \times \frac{d}{s} \quad (\text{Pers. 11-15-1})$$

- $V_n \text{ min} = V_u / \phi = 1982,28 / 0,85 = 23320,94 \text{ N}$
- Direncanakan memasang tulangan transversal sepanjang 100 cm ($>88,3$ cm) di muka kolom dengan jarak yang tidak melebihi ketentuan yang terdapat pada section 1921.7.3.2 yakni untuk komponen lentur adalah $d/2 = 173,5/2 = 86,75 \text{ mm}$. Maka direncanakan jarak tulangan transversal = 80 mm.

- Dengan asumsi $V_c = 0$ sehingga kebutuhan tulangan transversal adalah :

$$A_v = \frac{V_s \times S}{f_y \times d} = \frac{23320,94 \times 80}{400 \times 173,5} = 26,88 \text{ mm}^2$$

- Dipasang sengkang $\phi 10 - 80$ sepanjang 100 cm pada jalur kolom.
- Sedangkan diluar 100 cm dari muka kolom dipasang $\phi 10 - 100$.



Gambar 5.6 Penulangan Transversal / Geser Pada Pelat di Jalur Kolom

5.6 Kontrol Retak

Berdasar UBC 1997 1910.6.4 beton untuk tulangan dengan $f_y > 275,8$ MPa retak dapat dikontrol berdasarkan nilai z dengan batasan sebagai berikut :

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (10-5)$$

Dimana : f_s = tegangan pada tulangan yang diambil 60% f_y

d_c = tebal dari penutup beton yang diukur dari serat tarik maksimum ke titik pusat yang paling dekat

A = luas efektif dari beton tarik sekeliling batang tarik terna
dan mempunyai titik berat yang sama dengan tulangan
tarik tersebut, dibagi dengan umlah tulangan = A_e / m

m = jumlah tulangan

z = batas distribusi penulangan lentur

$\Rightarrow z < 30,6 \text{ MN / m}$ untuk struktur interior

$z < 25,4 \text{ MN / m}$ untuk struktur eksterior

Persamaan di atas menunjukkan kontrol retak akibat beban lentur yang terdistribusi dan persamaan tersebut ditulis dalam bentuk yang lebih detail daripada lebar retak w , yaitu :

$$w = 0,076 \beta f_s \sqrt{d_c A}$$

- Kontrol retak untuk pelat lantai interior yang menggunakan $\phi 13 - 200 \text{ mm}$
- Direncanakan akan memasang sengkang $\phi 10 \text{ mm}$ pada jalur kolom
- $d_c = 20 \text{ (decking)} + 10 \text{ (}\phi \text{ sengkang)} + 0,5 \times 13 = 36,5 \text{ mm}$
- $d_s = \text{jarak ke titik pusat kumpulan tulangan tarik}$
 $= 20 \text{ (decking)} + 10 \text{ (}\phi \text{ sengkang)} + 13 \text{ (}\phi \text{ tulangan)} = 43 \text{ mm}$
- $A_e = 2 \times d_s \times b = 2 \times 43 \times 1000 = 86000 \text{ mm}^2$
- $M = \text{jumlah tulangan tarik} = 6$
- $A = 86000/6 = 14333,33 \text{ mm}^2 / \text{tulangan}$

$$\Rightarrow z = (0,6 \times 400) \sqrt[3]{36,5 \times 14333,33}$$

$$= 19338,58 \text{ N/mm}$$

$$= 19,34 \text{ MN/m} < 30,6 \text{ MN/m (OK).}$$

5.7 Perencanaan Balok Struktur Samping

Data perencanaan balok :

- b = 25 cm
- h = 35 cm
- decking = 4 cm
- tul. sengkang = 10 cm
- f_c' = 30 MPa
- f_y = 400 MPa

Syarat penulangan :

- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{(0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $= \frac{(0.85 \cdot 0.85 \cdot 30)}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0325$
- $\rho_{\max} = 0.75 \rho_{\text{balance}} = 0.75 \times 0.0325$
 $= 0.024$

5.7.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Hasil dari analisa struktur didapat :

$$M^- = 11090.1 \text{ kg m} = 11090.1 \times 10^4 \text{ N mm}$$

$$M^+ = 9051.58 \text{ kg m} = 9051.58 \times 10^4 \text{ N mm}$$

Sebagai contoh perhitungan digunakan pada balok melintang. Dalam perhitungan gaya dalam, menggunakan program computer ETABS.

- a. Perhitungan penulangan tumpuan (negative)

* Dari analisa struktur didapat :

$$M^- = 11090.1 \text{ kg m} = 11090.1 \times 10^4 \text{ N mm}$$

* Penentuan jarak d dan d'

dengan dimensi balok 250×350 cm,

$$- d' = 40 + 10 + 0.5 \times 20 = 60 \text{ mm}$$

$$- d = 350 - 40 - 10 - 0.5 \times 20 = 290 \text{ mm}$$

* Rasio tul tekan dan tul. tarik : $\delta = \frac{A_s'}{A_s} = 0.5$

* kebutuhan Tulangan :

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot f_c} = \frac{11090.1 \times 10^4}{250 \cdot 290^2 \cdot 30} = 0.176$$

dari table ω , didapat : $\omega = 0.243$

$$\rho = \frac{\omega \cdot f_c'}{f_y} = \frac{0.243 \cdot 30}{400} = 0.0182$$

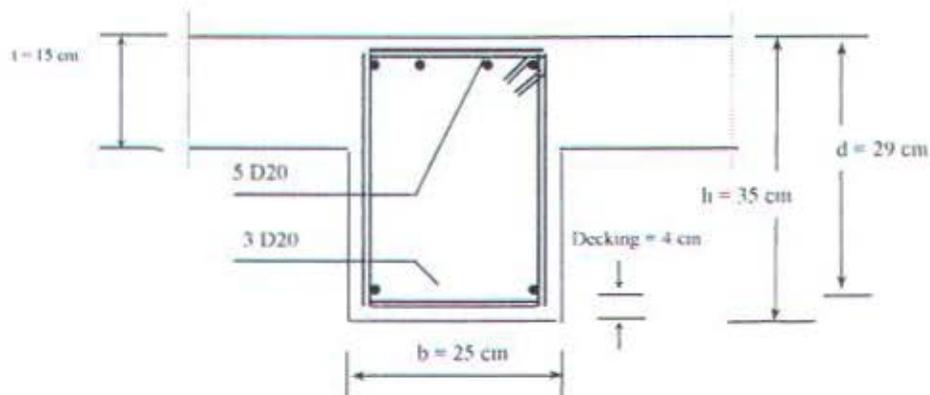
karena $\rho_{maks} > \rho > \rho_{min}$, maka pakai $\rho = 0.0182$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.0182 \times 250 \times 290 = 1319.5 \text{ mm}^2$$

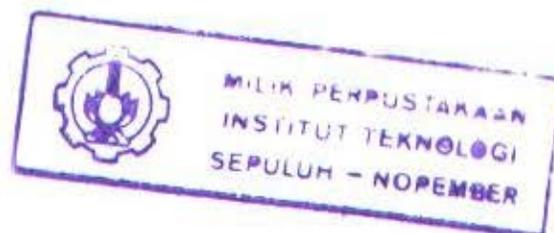
(pakai : 5 D20 $\rightarrow A_s = 1571 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = \delta \cdot A_s = 0.5 \times 1319.5 = 659.75 \text{ mm}^2$$

(pakai : 3 D20 $\rightarrow A_s = 942 \text{ mm}^2$)



Gambar 5.7 : Sket penulangan tumpuan balok struktur samping



b. Perhitungan penulangan lapangan (positif)

* Dari analisa struktur didapat :

$$M^+ = 9051.58 \text{ kg m} = 9051.58 \times 10^4 \text{ N mm}$$

* Penentuan jarak d dan d'

dengan dimensi balok $250 \times 350 \text{ cm}$,

$$- d' = 40 + 10 + 0.5 \times 20 = 60 \text{ mm}$$

$$- d = 350 - 40 - 10 - 0.5 \times 20 = 290 \text{ mm}$$

* Rasio tul tekan dan tul . tarik : $\delta = \frac{As'}{As} = 0.25$

* kebutuhan Tulangan :

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot fc} = \frac{9051.58 \times 10^4}{250 \cdot 290^2 \cdot 30} = 0.144$$

dari table ω , didapat : $\omega = 0.198$

$$\rho = \frac{\omega \cdot fc'}{fy} = \frac{0.198 \cdot 30}{400} = 0.015$$

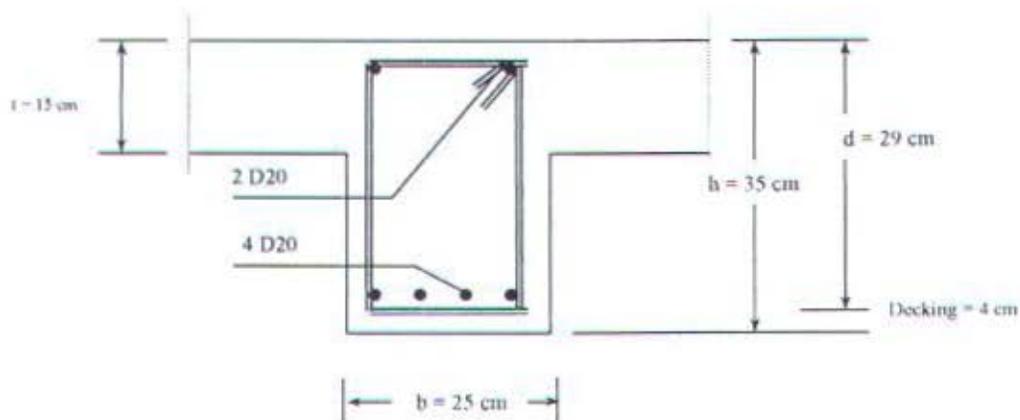
karena $\rho_{maks} > \rho > \rho_{min}$, maka pakai $\rho = 0.015$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0.015 \times 250 \times 290 = 1087.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{(pakai : 4 D20 } \rightarrow As = 1257 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$As' = \delta \cdot As = 0.25 \times 1087.5 = 271.875 \text{ mm}^2$$

$$\text{(pakai : 2 D20 } \rightarrow As = 628 \text{ mm}^2 \text{)}$$



Gambar 5.8 : Sket penulangan lapangan balok struktur samping

5.7.2 Perhitungan Momen Kapasitas Balok

a) Momen Kapasitas Negatif

$$A_s = 5 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \right) = 1571 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 3 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \right) = 942 \text{ mm}^2$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh

$$\epsilon'_{cu} = 0.003 ; \quad \epsilon_s' = \frac{c-5}{c} \epsilon'_{cu} ; \quad c = 1,18 a$$

$$f_s' = \epsilon_s' \times E_s =$$

$$\frac{1.18 a - 5}{1.18 a} \times 0.003 \times 21000 = \frac{743.4 a - 3150}{1.18 a} \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma H = 0 \quad C_1 + C_2 = T$$

$$C_1 = A_s' \times f_s' = 942 \times \left(\frac{743.4 a - 3150}{1.18 a} \right) = 593460 - \frac{2514661}{a}$$

$$C_2 = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0.85 \times 30 \times a \times 250 = 6375 a$$

$$T = (A_s) f_y = (1571) 400 = 628400$$

Jadi :

$$\left(593460 - \frac{2514661}{a} \right) + 6375 a = 628400$$

$$6375 a^2 - 34940 a - 2514661 = 0$$

$$\text{didapat : } a = 22.79 \text{ mm}$$

$$c = 1.18 a = 26.89 \text{ mm}$$

$$C_1 = 593460 - \frac{2514661}{22.79} = 483119.46 \text{ N}$$

$$C_2 = 6375 \times 22.79 = 144712.5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_1 (350 - 40 - 40) + C_2 (350 - 40 - a/2) \\ &= 483119.46 (270) + 144712.5 (298.61) \\ &= 173654130.3 \text{ N mm} \end{aligned}$$

$$M_{kop} = 1.25 \times M_n = 217067662.9 \text{ N mm}$$

b) Momen Kapasitas Positif

$$A_s' = 4 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \right) = 1257 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2 \right) = 628 \text{ mm}^2$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh

$$\varepsilon'_{cu} = 0.003 ; \quad \varepsilon_s' = \frac{c-5}{c} \varepsilon'_{cu} ; \quad c = 1.18 a$$

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s =$$

$$\frac{1.18 a - 5}{1.18 a} \times 0.003 \times 21000 = \frac{743.4 a - 3150}{1.18 a} \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma H = 0 \quad C_1 + C_2 = T$$

$$\begin{aligned} C_1 &= (A_s') \times f_s = (1257) \times \left(\frac{743.4 a - 3150}{1.18 a} \right) \\ &= 791910 - \frac{3355550.8}{a} \end{aligned}$$

$$C_2 = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0.85 \times 30 \times a \times 250 = 6375 a$$

$$T = A_s \times f_y = 628 \times 400 = 251200$$

Jadi :

$$\left(791910 - \frac{3355550.8}{a} \right) + 6375 a = 251200$$

$$6375 a^2 + 540710 a - 3355550.8 = 0$$

$$\text{didapat : } a = 5.81 \text{ mm}$$

$$c = 1.18 a = 6.86 \text{ mm}$$

$$C_1 = 791910 - \frac{3355550.8}{5.81} = 214362.53 \text{ N}$$

$$C_2 = 6375 \times 5.81 = 37038.75 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_1 (350 - 40 - 40) + C_2 (350 - 40 - a/2) \\ &= 214362.53 (270) + 37038.75 (307.095) \\ &= 69252298.03 \text{ N mm} \end{aligned}$$

$$M_{kap}^+ = 1.25 \times M_n = 86565372.54 \text{ N mm}$$

5.7.3 Penulangan Geser Balok

Untuk penulangan geser balok menggunakan Momen Kapasitas balok.

$$L_n = 4500 - 500 = 4000 \text{ mm}$$

$$M_{kap}^+ = 1.25 \times M_n^+ = 86565372.54 \text{ N mm}$$

$$M_{kap}^- = 1.25 \times M_n^- = 217067662.9 \text{ N mm}$$

Gaya geser total didaerah sendi plastis (muka kolom s/d 2 d) :

Gaya geser akibat beban gravitasi dimuka kolom :

$$1.05 V_g = 1.05 \times 14271 = 14984.55 \text{ N}$$

Gaya geser total :

$$\begin{aligned} V_{u,b} &= 0.7 \{M_{kap}^+ + M_{kap}^-\} / L_n + 1.05 V_g \\ &= 0.7 \{86565372.54 + 217067662.9\} / 4000 + 9051.58 \\ &= 62187.36 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_c = 0$ (kemampuan geser beton di daerah sendi plastis tidak diperhitungkan)

$$\begin{aligned} V_s &= V_{u,b} / \Phi - V_c \\ &= 62187.36 / 0.6 - 0 = 103645.6 \text{ N} \end{aligned}$$

Diameter sengkang = 10 mm

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

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

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157.08 \times 400 \times 290}{103645.6} = 175.8 \text{ mm}$$

(jarak terpasang ϕ 10 – 150)

Gaya geser total diluar sendi plastis (> 2 d) :

Gaya geser akibat beban gravitasi 2 d dimuka kolom :

$$1.05 V_g = 1.05 \times 12419.6 = 13040.58 \text{ N}$$

Gaya geser total :

$$\begin{aligned} V_{u,b} &= 0.7 \{M_{kap}^+ + M_{kap}^-\} / L_n + 1.05 V_g \\ &= 0.7 \{86565372.54 + 217067662.9\} / 4000 + 13040.58 \\ &= 66176.36 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c} b_w d = 1/6 \times \sqrt{30} \times 250 \times 290 = 66183.14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_{u,b}/\Phi - V_c \\ &= 13040.58 / 0.6 - 66183.14 \\ &= 44110.8 \text{ N} \end{aligned}$$

Diameter sengkang = 10 mm

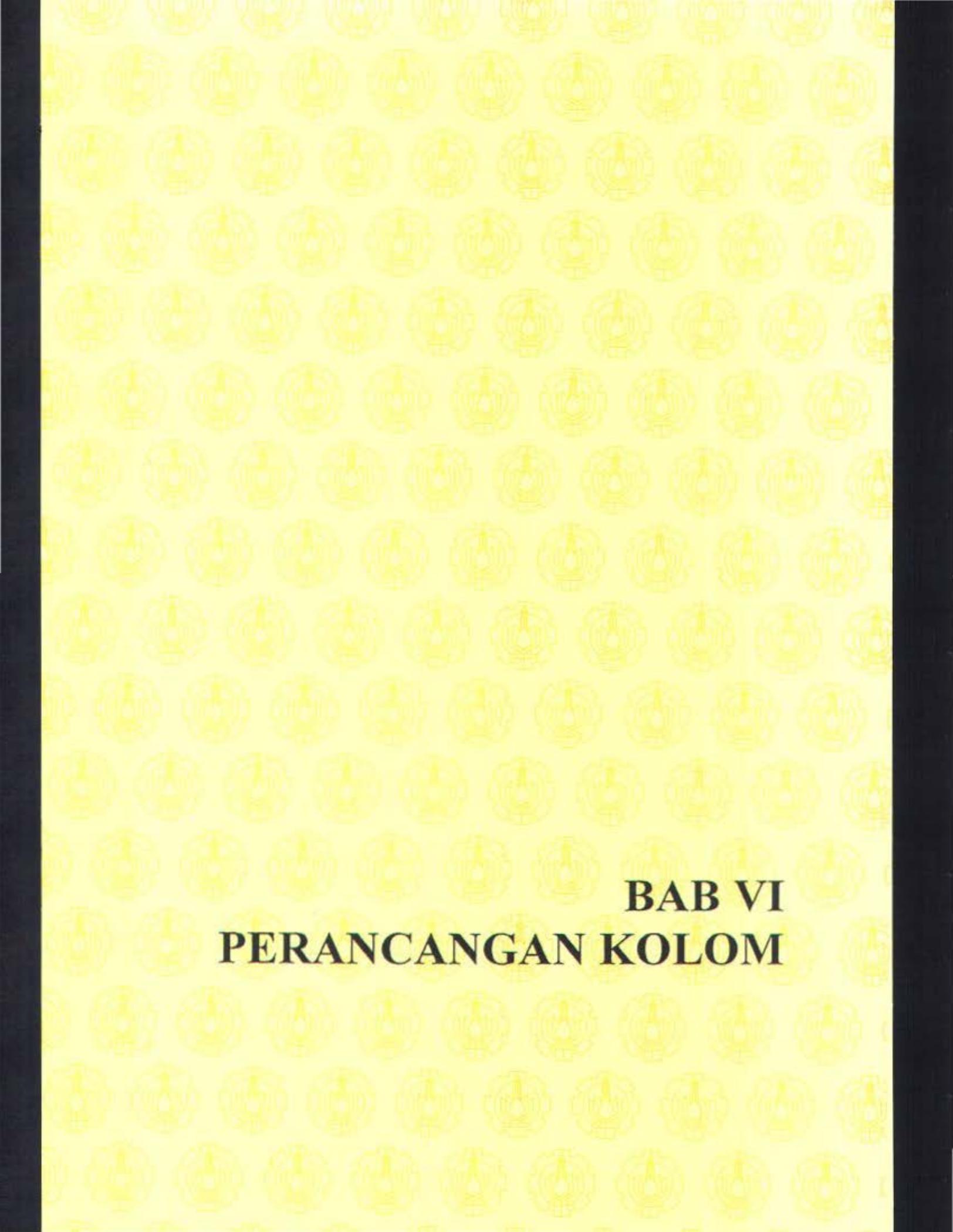
$$A_v = 157.08 \text{ mm}^2$$

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

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157.08 \times 400 \times 290}{44110.8} = 413.1 \text{ mm}$$

(jarak terpasang ϕ 10 – 300)





BAB VI
PERANCANGAN KOLOM

BAB VI PERANCANGAN KOLOM

6.1 Dasar Teori

Sebagai komponen vertical, kolom dapat dapat dibebani dengan kombinasi momen lentur dan beban aksial. Adalah umum untuk bangunan beton bertulang bahwa momen lentur bekerja pada semua kolom. Momen-momen ini umumnya ini diakibatkan oleh eban lantai yang tidak seimbang pada kolom luar dan dalam, atau akibat beban ateral seperti angin dan gempa. Bila kombinasi aksial tekan dan momen lentur bakerja pada suatu unsur dengan perbandingan kelangsingan yang rendah dimana tekuk kolom tidak mungkin sebagai mode/penyebab keruntuhan, kekuatan unsur ditekankan oleh kekuatan bahan dari penampang. Dalam UBC '97 1921.4.1 menyatakan bahwa apabila komponen struktur bangunan denan beban aksial berfaktor $P_u > A_g f'_c / 10$, boleh didesain sebagai komponen struktur yang menerima beban lentur dan aksial. Tetapi jika $P_u < A_g f'_c / 10$, maka komponen tersebut hanya didesain untuk menahan beban lentur (1921.3.1.1).

Satu hal yang perlu ditekankan adalah kolom harus didesain sedemikian rupa supaya tidak runtuh lebih cepat daripada komponen struktur horizontal.

⇒ Pengaruh Panjang pada Kolom

Kolom sebagai unsure tekan dalam angunan dapat dibagi menjadi 2 macam tergantung dari *angka kelangsingannya* yakni perbandingan dari panjang tanpa pengaku (*unsupported length* l_u – 1910.11.3.1) terhadap radius girasi r (1910.11.2) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

Untuk kolom persegi panjang $b \times h$:

dan untuk kolom lingkaran :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12}bh^3}{bh}} = 0,288h \cong 0,30 h \quad r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\pi d^4 / 64}{\pi d^2}} = 0,25 d$$

- Unsur-unsur Tekan yang Pendek

Suatu unsur tekan dikatakan *pendek* jika mempunyai angka kelangsingan yang *rendah*. Bila dibebani lebih, akan mengalami keruntuhan bahan (beton) sebelum mencapai ragamkeruntuhan tekuk. Sehingga dalam perancangan, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Sedangkan unsur-unsur tekan yang *panjang* (l_u/r besar), masalah stabilitas menjadi sangat penting. Karena untuk unsure yang kecil akan melendut lebih besar dibawah momen lentur primer dan mempunyai momen sekunder yang lebih besar.

⇒ **Panjang Ujung Sendi Ekuivalen**

Kondisi lain untuk angka kelangsingan adalah angka kelangsingan untuk suatu kolom dengan ujung-ujung *sendi* (yaitu tidak mempunyai kapasitas tahanan terhadap rotasi). Panjang ekuivalen kolom ujung sendi dengan kekangan ujung yang dapat dinyatakan dengan kl_u , di mana k adalah factor panjang efektif.

- Faktor yang sangat penting di dalam penentuan dari ujung sendi ekuivalen adalah menetapkan apakah system struktur diberi pengaku untuk encegah goyangan ke sampaing atau translasi ujung, atau tanpa pengaku di mana perpindahan relatif dimungkinkan dan kekangan hanya oleh kekakuan dari titik hubung dan kekakuan dari interaksi antara balok kolom.
- Untuk system **portal dengan pangaku, dinding geser** atau hubungan struktur gabungan yang bias mencegah translasi, $k \leq 1,0$.
- Untuk system **portal tanpa pengaku**, $k > 1,0$.

6.2 Pembesaran Momen untuk Portal dengan Pengaku (*Nonsway Frames*)

Dalam UBC '97 1910.12.2, pengaruh kelangsingan kolom dapat diabaikan jika :

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad \text{Pers. (10-8)}$$

Dimana : M_1 = Momen berfaktor yang lebih kecil dari ujung kolom
 M_2 = Momen berfaktor yang lebih besar dari ujung kolom
 $M_1 / M_2 \geq 0,5$

Kemudian, dalam section 1910.12.3 menyatakan bila syarat dalam persamaan diatas tidak terpenuhi maka komponen tekan harus didesain dengan momen yang dibesarkan dengan rumus :

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad \text{Pers. (10-9)}$$

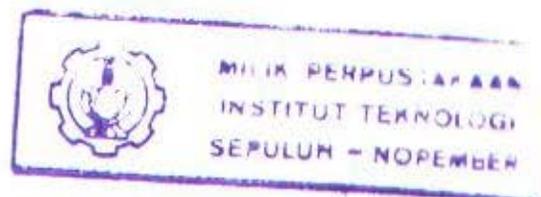
Dimana : M_c = momen berfaktor untuk mendesain tulangan
 δ_{ns} = factor penbesaran
 $M_{2,min} = P_u (0,6 + 0,03h) \quad \text{Pers. (10-15)}$
 P_u = beban aksial berfaktor = ϕP_n

Selanjutnya untuk enentuan factor pembesaran dapat dilihat dari UBC '97 section 1910.12.3 pers. (10-10) sampai dengan 1912.3.1 pers. (10-14) yang terdapat dalam lampiran.

6.3 Pembesaran Momen untuk Portal tanpa Pengaku (*Sway Frames*)

Dalam UBC '97 1910.13.2, pengaruh kelangsingan kolom dapat diabaikan jika $kl_u/r < 22$. Pembesaran momen dapat dihitung berdasarkan 1920.13.3 sampai dengan 1910.13.7.

- Karena dalam analisa struktur utama dengan program ETABS telah memasukkan factor P - Δ efek, maka gaya-gaya dalam yang erjadi tidak perlu diperbesar.



6.4 Data Perancangan

- dimensi kolom = 70 cm x 70 cm
- tinggi kolom = 3,5 m
- tebal pelat lantai = 20 cm
- mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa
- mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- selimut beton = 45 mm
- tulangan longitudinal / utama = ϕ 25
- tulangan geser / sengkang = ϕ 10

Contoh perhitungan adalah pada kolom C-13 lantai 1.

Gaya-gaya yang bekerja dari hasil output ETABS adalah :

- P_u = 4335,85 KN
- $M_{u,atas}$ = 163,90 KNm
- $M_{u,bwh}$ = 457,11 KNm
- V_u = 78,840 KN

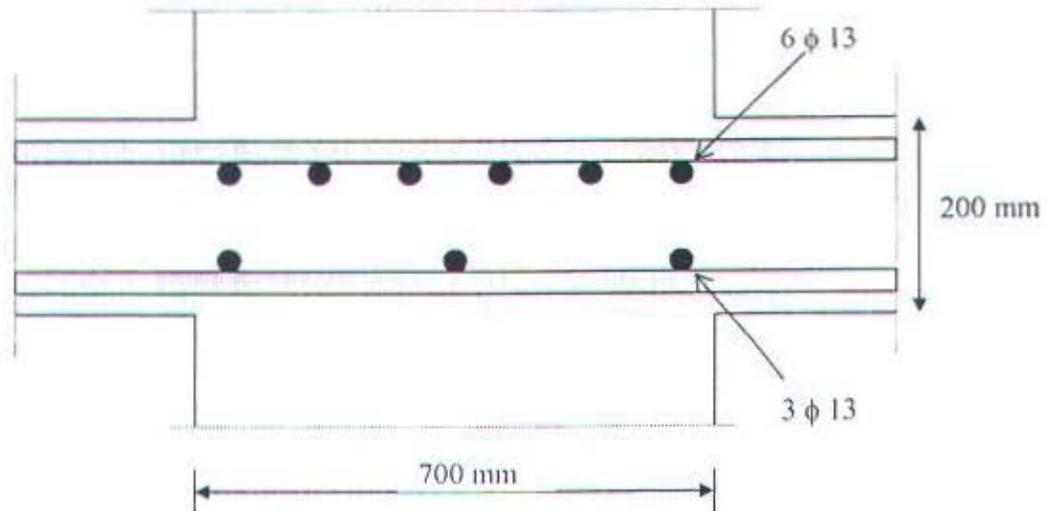
6.5 Penulangan Lentur Kolom

Berdasarkan UBC '97 1633.1 bahwa dalam zona gempa 2, 3 dan 4 perlu mempertimbangkan pengaruh gempa dari arah lain erhadap arah utama datangnya gempa (*orthogonal effects*) apabila erdapat salah satu kondisi seperti yang disebutkan di bawah ini :

1. Struktur mempunyai ketidakteraturan denah Type 5 (*nonparallel systems*) dalam Tabel 16-M.
2. Struktur mempunyai ketidakteraturan denah Type 1 (*torsional irregularity*) dalam Tabel 16-M.
3. Terdapat kolom yang menjadi bagian antara dua atau lebih komponen struktur penahan gempa, kecuali bila kolom tersebut mempunyai P_u akibat

gempa lebih kecil daripada $0,2 P_n$, maka *orthogonal effects* dapat diabaikan.

Perhitungan momen kapasitas pelat :



Gambar 6.1 Sket Gambar Tulangan Pelat pada Kolom

$$A_s = 6 \phi 13 = 763,39 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 3 \phi 13 = 398,2 \text{ mm}^2$$

M kapasitas negatif :

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{763,39 \times 400}{0,85 \times 30 \times 700} = 17,11 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 763,39 \times 400 \left(173,5 - \frac{17,11}{2} \right) \\ &= 50366945,42 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{kap-} &= 1,25 \times M_n \\
 &= 1,25 \times 50366945,42 \\
 &= 62958681,78 \text{ Nmm} = 62,96 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

M kapasitas positif :

$$\begin{aligned}
 0,85 \times f'_c \times b \times a &= A_s \times f_y \\
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{398,2 \times 400}{0,85 \times 30 \times 700} = 8,92 \text{ mm} \\
 M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 398,2 \times 400 \left(173,5 - \frac{8,92}{2} \right) \\
 &= 26924691,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{kap+} &= 1,25 \times M_n \\
 &= 1,25 \times 26924691,2 \\
 &= 33655864 \text{ Nmm} = 33,66 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Sehingga : $M_{kap-} = 62958681,78 \text{ Nmm} = 62,96 \text{ KNm}$
 $M_{kap+} = 33655864 \text{ Nmm} = 33,66 \text{ KNm}$

$$\Rightarrow M_{u,k} = \frac{h}{h_n} \times 0,7 \times \varpi_d \times \alpha \left[\frac{l}{l_n} (\Sigma M_{kap}) \right]$$

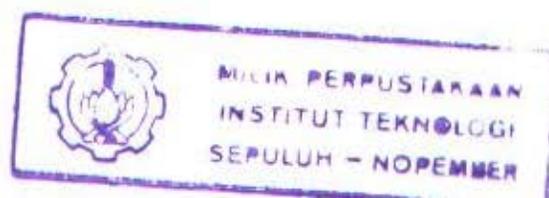
Momen pelat yang terjadi ditahan oleh kolom atas dan kolom bawah,
 $\alpha=0,5$.

$$M_{u,ka} = M_{u,kb} =$$

$$\frac{3500}{3500 - 200} \times 0,7 \times 1,3 \times 0,5 \left[\left(\frac{6000}{6000 - 700} \times 62958681,78 \right) + \left(\frac{4000}{4000 - 700} \times 33655864 \right) \right]$$

$$= 54081766 \text{ Nmm} = 54,08 \text{ KNm} < M_{u,bwh} = 457,11 \text{ KNm}$$

$$N_{g,k} = 868815 \text{ N} \text{ Geser di as kolom akibat beban mati dan hidup.}$$



$$\begin{aligned}
 N_{u,k} &= 1,05 N_{g,k} + 0,7 R_{v,n} (\Sigma M_{kap} / l_n) \\
 &= 1,05 \times 868815 + 0,7 \times 1,1 \times 12 \times \left[\frac{62958681,78}{6000 - 700} + \frac{33655864}{4000 - 700} \right] \\
 &= 1116254,097 \text{ N} = 1116,25 \text{ KN} < P_u = 4335,85 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Sehingga gaya yang bekerja pada kolom adalah :

$$P_u = 4335,85 \text{ KN}$$

$$M_u = 457,11 \text{ KNm}$$

Selanjutnya untuk perhitungan kebutuhan tulangan kolom menggunakan program analisa PCACOL dan didapat 20 ϕ 25 ($A_s = 10000 \text{ mm}^2$).

6.6 Penulangan Geser Kolom

Berdasarkan UBC '97 1912.7.2.2 bahwa komponen struktur dengan $P_u > Agf'_c/10$ tetapi tidak melebihi $0,3 P_o$, harus didesain sesuai section 1912.4.3, 1921.4.4.1 item 3 dan 1921.4.4.3.

- Cek apakah memenuhi syarat di atas :

$$P_u = 4335850 \text{ N} > Agf'_c/10 = (700^2 \times 30) / 10 = 1470000 \text{ N}$$

$$P_o = \text{Kekuatan nominal aksial tanpa eksentrisitas}$$

$$= 0,85 f'_c (Ag - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$= 0,85 \times 30 \times (700^2 - 10000) + 400 \times 10000$$

$$P_u = 4335850 \text{ N} < 0,3 P_o = 0,3 \times 16240000 = 4872000 \text{ N}$$

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

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

- ♥ 1921.4.4.1 item 3 menyebutkan bahwa tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk (overlapping hoops). Tulangan pengikat lateral/kait silang (crossties) dengan diameter tulangan dan spasi yang sama diijinkan. Setiap ujung dari crosstie yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada.
- ♥ 1921.4.4.3 menyebutkan bahwa kait silang (crossties) atau kaki dari sengkang tertutup majemuk (overlapping hoops) tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 356 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.
- ♥ Spasi sengkang maksimum (S_v) sepanjang tinggi kolom adalah :
 - (1) 6 kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil
 $\Rightarrow 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
 - (2) 16 kali diameter sengkang
 $\Rightarrow 16 \times 10 = 160 \text{ mm}$
 - (3) $\frac{1}{2}$ kali dimensi kolom terkecil
 $\Rightarrow \frac{1}{2} \times 700 = 350 \text{ mm}$
 - (4) 152 mm

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

$$V_{u,k} = \frac{(M_{u,ka} + M_{u,kb})}{h_n} = \frac{(163900000 + 457110000)}{3500} = 177431,43 \text{ N}$$

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

$$d = 700 - 45 - 10 - 25/2 = 632,5 \text{ mm}$$

Dengan mengambil nilai aksial berfaktor (N_u) \rightarrow 4335850 N

$$V_c = 0,166 \left(1 + 0,073 \frac{4335850}{700 \times 700} \right) \sqrt{30} \cdot 700 \cdot 632,5 = 662589,82 \text{ N}$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk komponen struktur dengan beban geser.

$$= 0,85 \quad [\text{UBC '97 1909.3.2.3}]$$

$$\phi V_c = 0,85 \times 662589,82 = 563201,35 \text{ N} > V_{u,k}$$

Dipakai tulangan sengkang praktis dengan ϕ 10 - 120 mm.

6.7 Panjang Lewatan Tulangan (*Lap Splice Length*)

Berdasarkan UBC '97 1912.2.2 untuk menghitung panjang lewatan tulangan dimana :

- Diameter tulangan longitudinal No.7 ($\phi 22$) atau lebih besar.
- Jarak bersih antar tulangan $> d_b$
- Selimut beton $> d_b$ (45 mm $>$ 25 mm, OK)
- Jarak sengkang sepanjang l_d tidak lebih kecil dari ketentuan minimum.

Maka rumus yang digunakan untuk kasus seperti ini adalah :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \alpha \beta \lambda}{20 \sqrt{f'_c}} \quad (\text{belum dikonversikan ke satuan SI})$$

Selain rumus di atas, berdasarkan 1912.2.3 terdapat rumus yang lain di mana memperhitungkan juga spasi dan indeks tulangan transversal sebagai berikut :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \gamma \lambda}{40 \sqrt{f'_c} \left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)} \quad (\text{belum dikonversikan ke satuan SI})$$

di mana :

α = factor lokasi tulangan yang ditentukan berdasar pada 1912.2.4

= 1,3 bila tulangan horizontal ditempatkan dengan jarak lebih dari 305 mm dari beton dalam member di bawah panjang penyaluran.

= 1 untuk kasus tulangan lainnya.

β = coating factor yang ditentukan berdasar pada 1912.2.4.

= 1,5 bila selimut beton untuk epoxy coated bars atau wires < 3 db, atau jarak bersih < 6 db

= 1,2 untuk epoxy coated bars atau wires yang lainnya

= 1 untuk tulangan uncoated.

** $\alpha\beta$ tidak perlu lebih dari 1,7

λ = factor dari beton ringan = 1,3

= 1 untuk beton normal

γ = factor ukuran tulangan

= 0,8 untuk ϕ 19 dan yang lebih kecil

= 1,0 untuk ϕ 22 dan yang lebih besar

c = spasi antar tulangan longitudinal

$$\Rightarrow \{700 - 2(45 + 10 + 25/2)\} / 5 = 113 \text{ mm} \quad \text{atau}$$

= jarak pusat tulangan longitudinal ke sisi terluar kolom

$$\Rightarrow 45 + 10 + 25/2 = 67,5 \text{ mm} \rightarrow 67,5 \times 0,03937 = 2,677 \text{ in}$$

K_{tr} = indeks tulangan transversal

= $A_{tr} f_{yt} / (1500 s n)$ dalam satuan lb/in

A_{tr} = luas tulangan transversal dengan spasi s

$$\Rightarrow 4 \times A_s \phi 10 = 4 \times 78,54 = 314,16 \text{ mm}^2 = 314,16 \times 0,00155 = 0,49 \text{ in}^2$$

F_{yt} = tegangan ijin tulangan transversal

$$= 400 \text{ Mpa} = 400 \times 145 \text{ psi} = 58000 \text{ psi}$$

s = spasi maksimum dari pusat ke pusat tulangan transversal dalam l_d

$$\Rightarrow 100 \text{ mm} = 100 \times 0,03937 \text{ in} = 3,937 \text{ in}$$

n = jumlah tulangan yang ingin dilewatkan $\Rightarrow 4$ buah

$$K_{tr} = 0,49 \times 58000 / (1500 \times 3,937 \times 4) = 1,203$$

$$\frac{c + K_{tr}}{d_b} = \frac{2,677 + 1,203}{25 \times 0,03937} = 3,94 > 2,5 \text{ pakai } 2,5$$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 \times 58000 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1}{40 \sqrt{(30 \times 145) \times 2,5}} = 26,38$$

$$l_d = 26,38 \times d_b = 26,38 \times (25 \times 0,03937) = 25,96 \text{ in}$$

$$= 25,96 \times 2,54 = 65,94 \text{ cm}$$

Berdasarkan 1921.7.2.2, sambungan tulangan harus sesuai dengan syarat yang tercantum dalam 1921.4.3.2 yaitu ditempatkan di tengah-tengah kolom dan diproporsikan sebagai tulangan tarik. Berdasar pada 1912.17.2.3 apabila tegangan yang terjadi melebihi $0,5 f_y$ maka sambungan diklasifikasikan dalam kelas B.

$\Rightarrow P_u = 4335850 \text{ N}$, maka tegangan yang terjadi adalah :

$$4335850 \text{ N} / A_s \phi 25 = 4335850 \text{ N} / 490,874 \text{ mm}^2 = 8832,921 \text{ N/mm}^2$$

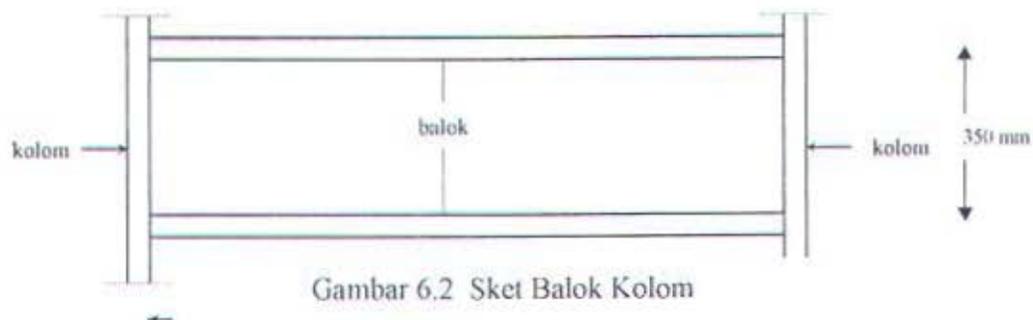
$$0,5 f_y = 0,5 \times 400 = 200 \text{ N/mm}^2 < 8832,921 \text{ N/mm}^2$$

Maka sambungan tulangan diklasifikasikan ke dalam kelas B, sehingga panjang sambungan adalah $1,3 l_d$ (UBC '97 1912.15.1).

$$1,3 l_d = 1,3 \times 65,94 \text{ cm} = 85,72 \text{ cm}$$

6.8 Perencanaan Kolom Struktur Samping

Pada tugas akhir ini jenis kolom yang ada terdiri dari kolom eksterior dan kolom interior. Seperti gambar di bawah ini :



$$M^- = 11040.16 \text{ kg m} = 11040.16 \times 10^4 \text{ N mm}$$

$$M^+ = 9073.4 \text{ kg m} = 9073.4 \times 10^4 \text{ N mm}$$

Data Perancangan

- dimensi kolom = 50 cm x 50 cm
- tinggi kolom = 3.5 m
- tebal pelat lantai = 15 cm
- mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa
- mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- selimut beton = 25 mm
- tulangan longitudinal / utama = ϕ 20
- tulangan geser / sengkang = ϕ 10
- $M_{kap}^- = 1.25 \times M_n^- = 11040.16 \times 10^4 \text{ N mm}$
- $M_{kap}^+ = 1.25 \times M_n^+ = 9073.4 \times 10^4 \text{ N mm}$

Contoh perhitungan adalah pada kolom interior lantai 1.

$$Mu,k = \frac{h}{lm} 0.7 \alpha l \alpha \left[\frac{l}{ln} (\sum M_{kap}) \right]$$

Momen balok yang terjadi ditahan oleh kolom atas dan kolom bawah, $\alpha = 0.5$

$$Mu,ka = Mu,kb$$

$$= \frac{3500}{3500 - 350} 0.7 \times 1.3 \times 0.5 \left[\frac{4500}{4500 - 500} (110401600 + 90724000) \right]$$

$$= 114390185 \text{ N mm}$$

$$Ng,k = 1271670 \text{ N} \rightarrow \text{geser di as kolom akibat } D + L$$

$$Nu,k = 1.05 Ng,k + 0.7 Rv n \left[\sum M_{kap} / ln \right]$$

$$= 1.05 (1271670) + 0.7 (1) (4) \left[(110401600 + 90734000) / 4000 \right]$$

$$= 1476041.42 \text{ N}$$

Gaya-gaya yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned}
 - P_u &= 1476041.42 \text{ N} && = 1476.04 \text{ kN} \\
 - M_u &= 114390185 \text{ N mm} && = 114.39 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6.9 Penulangan Lentur Kolom

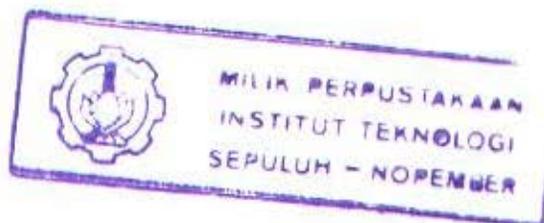
Berdasarkan UBC '97 1633.1 bahwa dalam zona gempa 3 dan 4 perlu mempertimbangkan pengaruh gempa dari arah lain terhadap arah utama datangnya gempa (*orthogonal effects*) apabila terdapat salah satu kondisi seperti yang disebutkan di bawah ini :

4. Struktur mempunyai ketidakteraturan denah Type 5 (*nonparallel systems*) dalam Tabel 16-M.
5. Struktur mempunyai ketidakteraturan denah Type 1 (*torsional irregularity*) dalam Tabel 16-M.
6. Terdapat kolom yang menjadi bagian antara dua atau lebih komponen struktur penahan gempa, kecuali bila kolom tersebut mempunyai P_u akibat gempa lebih kecil daripada $0,2 P_n$, maka *orthogonal effects* dapat diabaikan.

Dalam struktur ini tidak terdapat kondisi-kondisi yang disebutkan di atas, karena itu momen lentur biaksial yang terjadi pada kolom (M_{ux} dan M_{uy}) tidak perlu dijadikan momen lentur uniaksial ekuivalen. Momen yang dipakai untuk desain adalah momen yang lebih besar yakni $M_u = 114.39$ kNm dan $P_u = 1476.04$ kN.

- ◆ Mencari rasio tulangan dengan program PCACOL

Didapat 20 D20 ($A_s = 6000 \text{ mm}^2$)



6.10 Penulangan Geser Kolom

Berdasarkan UBC '97 1912.7.2.2 bahwa komponen struktur dengan $P_u > A_g \Gamma_c / 10$ tetapi tidak melebihi $0,3 P_o$ harus didesain sesuai section 1912.4.3, 1921.4.4.1 item 3 dan 1921.4.4.3.

- Cek apakah memenuhi syarat di atas :

$$\left. \begin{aligned} P_u &= 1476041.42 \text{ N} \\ A_g \Gamma_c / 10 &= (500^2 \times 30) / 10 = 750000 \text{ N} \end{aligned} \right\} P_u > A_g \Gamma_c / 10$$

- $P_u = \phi P_n = \phi [0.85 \Gamma_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$
 $= 0.7 [0.85 \times 30 (500^2 - 6000) + 400 \times 6000] = 6035400 \text{ N}$

$$0.3 P_u = 0.3 \times 6035400 = 1810620 \text{ N} \quad (\text{ok})$$

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

- ♥ 1921.4.3 menyebutkan bahwa ρ tulangan longitudinal adalah $0,01 - 0,06$.
- ♥ 1921.4.4.1 item 3 menyebutkan bahwa tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk (overlapping hoops). Tulangan pengikat lateral/kait silang (crossties) dengan diameter tulangan dan spasi yang sama diijinkan. Setiap ujung dari crosstie yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada.
- ♥ 1921.4.4.3 menyebutkan bahwa kait silang (crossties) atau kaki dari sengkang tertutup majemuk (overlapping hoops) tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 356 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.

♥ Pada sect. 1921.8.5.1 menyebutkan panjang pemasangan penulangan transversal harus dipasang melebihi l_0 dari muka kolom, sebesar :

- 1). d kolom $\Rightarrow 475$ mm
- 2). $1/6$ tinggi bersih kolom $\Rightarrow 1/6 \times 3600 = 600$ mm (dipakai)
- 3). 18 in (457mm)

♥ Spasi sengkang maksimum (S_s) sepanjang tinggi kolom adalah :

- (1) 6 kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil $\Rightarrow 6 \times 20 = 120$ mm
- (2) 16 kali diameter sengkang $\Rightarrow 16 \times 10 = 160$ mm
- (3) $1/2$ kali dimensi kolom terkecil $\Rightarrow 1/2 \times 500 = 250$ mm
- (4) 152 mm

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

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

Dengan mengambil nilai aksial berfaktor (N_u) yang terkecil $\rightarrow 1476041.42$ N

$$V_c = 0,166 \left(1 + 0,073 \times \frac{1476041.42}{500 \times 500} \right) \sqrt{30} \times 500 \times 475 = 309010.5 \text{ N}$$

ϕ = factor reduksi kekuatan untuk komponen struktur dengan beban geser.

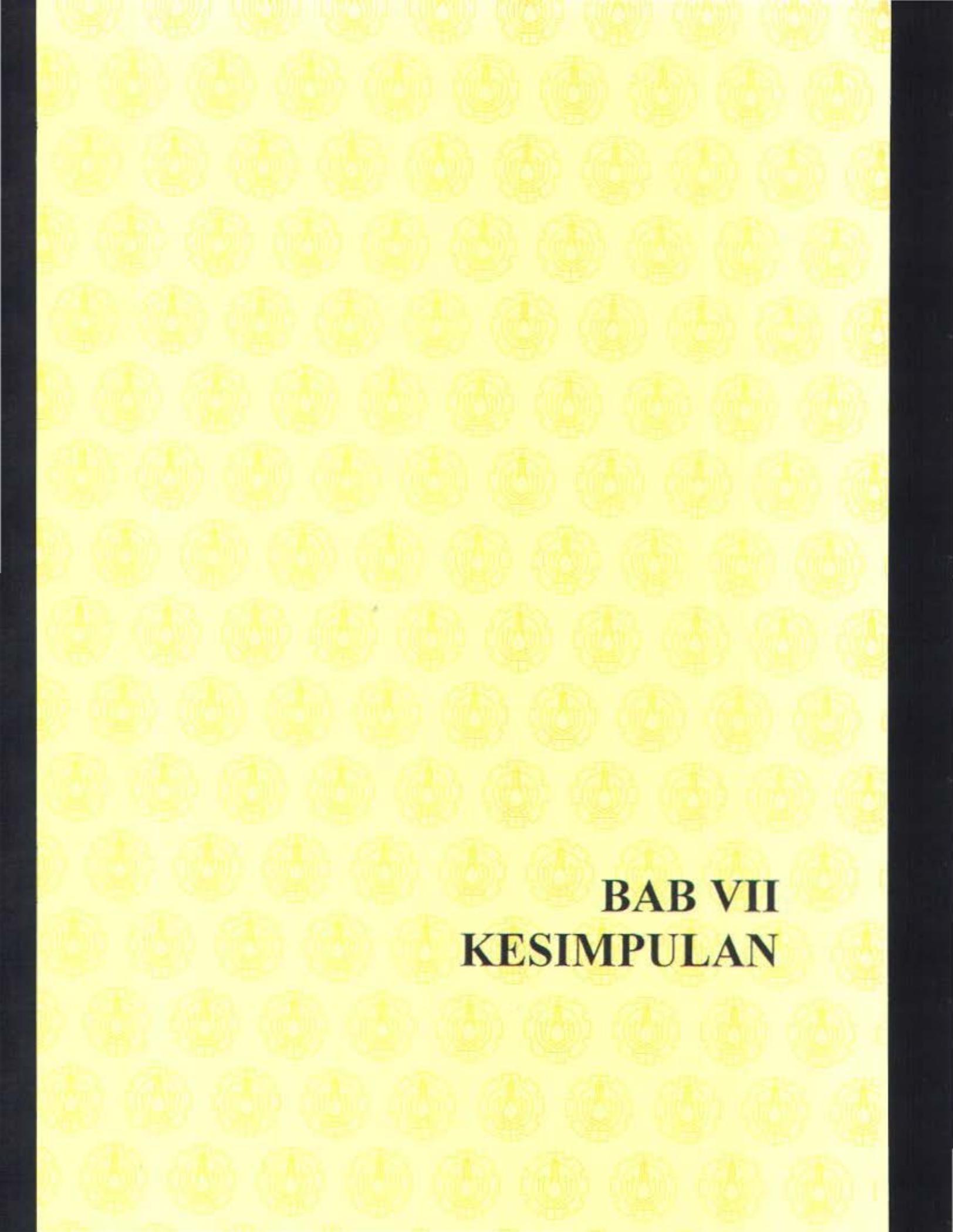
$$= 0,85 \quad \text{[UBC '97 1909.3.2.3]}$$

$$V_{u,k} = \frac{(M_{u,ka} + M_{u,kb})}{h_x} = \frac{(114390185 + 114390185)}{3500} = 65365.82 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 309010.5 = 262658.9 \text{ N} > V_{u,k}$$

(dipakai tulangan sengkang praktis dengan ϕ 10 - 120 mm).





BAB VII
KESIMPULAN

BAB VII KESIMPULAN

Perencanaan struktur gedung dengan menggunakan sistem diafragma atau flat plate column frame ini mengacu pada penyebaran gaya lateral yang merata. Karena pelat yang bersifat kaku dan menyebarkan gaya lateral ke elemen struktur yang lain dalam hal ini kolom yang selanjutnya oleh kolom diteruskan ke pondasi.

Hasil perhitungan dari tugas akhir ini, yang menggunakan sistem struktur diafragma, akan dibandingkan dengan hasil perhitungan sistem struktur yang lain yaitu dual system dan bearing wall system.

Perbedaan yang diperoleh antara lain :

a. Simpangan struktur.

Simpangan struktur akibat analisa dinamis pada system diafragma (pada lantai atas/atap) sebesar 0.0609 m. Harga ini dibandingkan dengan bearing wall sebesar 0.0313 m, dual system sebesar 0.0325 m akibat analisa dinamis.

Sehingga simpangan yang terjadi pada struktur system diafragma lebih kecil dari simpangan pada bearing wall dan dual system.

b. Kapasitas Momen Balok

Kapasitas momen balok pada system diafragma adalah sebesar 62,96 KNm. Nilai tersebut dibandingkan dengan kapasitas momen balok pada dual system sebesar 3461 KNm dan bearing wall system sebesar 5457 KNm.

Kapasitas momen balok dual system dan bearing wall system jauh lebih besar dari kapasitas penulangan jalur kolom system diafragma. Perbedaan ini menyebabkan kekuatan struktur bangunan bermacam-macam dalam menahan gaya gempa kuat.

c. Periode getar bangunan

Periode getar bangunan dengan dual system sebesar 1.627 dt. Pada bearing wall system sebesar 1.5209 dt. Pada system diafragma sebesar 2.312 dt.

Sehingga gaya geser dasar pada system diafragma jauh lebih kecil dari dual system dan bearing wall system.

d. Berat Bangunan.

Berat total bangunan pada system diafragma sebesar 2397 ton, berat total bangunan dual system sebesar 4143 ton, sedangkan bearing wall system sebesar 4623 ton.

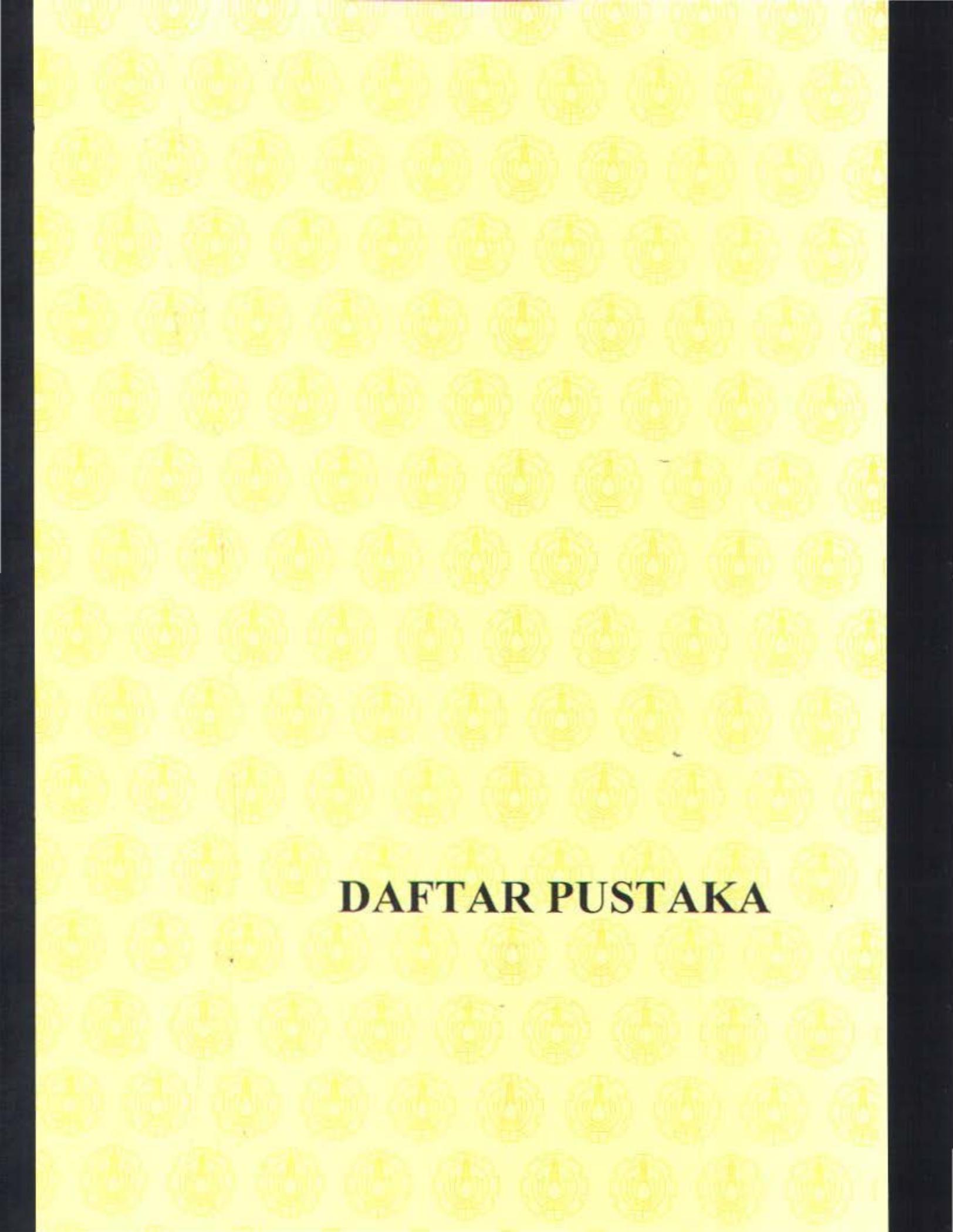
Dari berat total bangunan ini dapat dilihat bahwa system diafragma terlihat paling ekonomis dari segi bahan/material (menghemat material hampir 50 % material untuk dual system), karena volume pekerjaan system diafragma lebih kecil.

e. Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar pada system diafragma sebesar 94912.54 kg, dual system 164052.24 kg, pada bearing wall system sebesar 364745.60 kg.

Dari nilai tersebut terlihat bahwa gaya geser dasar system diafragma lebih kecil dari dual system dan bearing wall system.

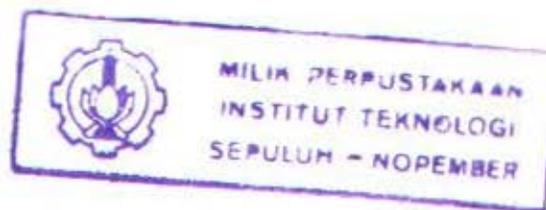
Permodelan struktur untuk bangunan samping tidak didesain menggunakan dual system, tetapi didesain dengan menggunakan Special Moment Resisting Frame (SMRF), dengan jumlah 4 lantai yang berfungsi sebagai pertokoan. Analisa struktur samping ini dipisahkan dengan struktur utama. Sehingga dalam pelaksanaannya juga harus diperhitungkan adanya pemisahan antara struktur utama dan samping.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Michael R. Lindeburg, 1994, **Seismic Design of Building Structures**, Sixth Edition, Profesional Publications, Inc., Belmont, CA.
- S.K Ghost, August W. Domel Jr, David A Fanella, 1995, **Design of Concrete Building for Earthquake and Wind Forces, Second Edition**, Illionis. PCA.
- International Conference of Building Officials. 1997. **Uniform Building Code**, Whittier, California.
- Computer and Structures Inc., **SAP 2000 Manual**, Computer and Structures Inc., Berkeley, California USA.
- Departemen Pekerjaan Umum, **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan .
- Departemen Pekerjaan Umum, **Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung**, Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum, **SKSNI T-15-1991-03, Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**, Yayasan LPBM, Bandung.

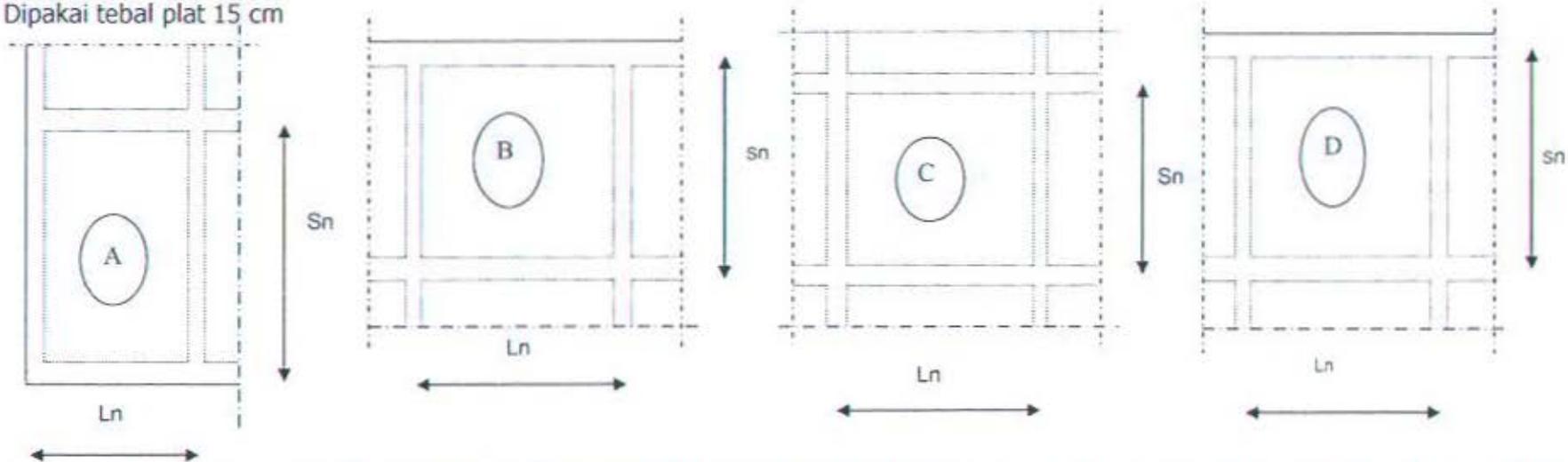


LAMPIRAN

TEBAL PELAT STRUKTUR SAMPING

TABEL KONTROL TEBAL PLAT LANTAI DAN ATAP

Dipakai tebal plat 15 cm



Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	α_n	tmin1	tmin2	Ket.
A	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319	10.9	8.9	14.106	ok
	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	337.5	3.2481	2338650	94,922	24.638				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	225	3.1328	279834.04	63,281	4.4221				

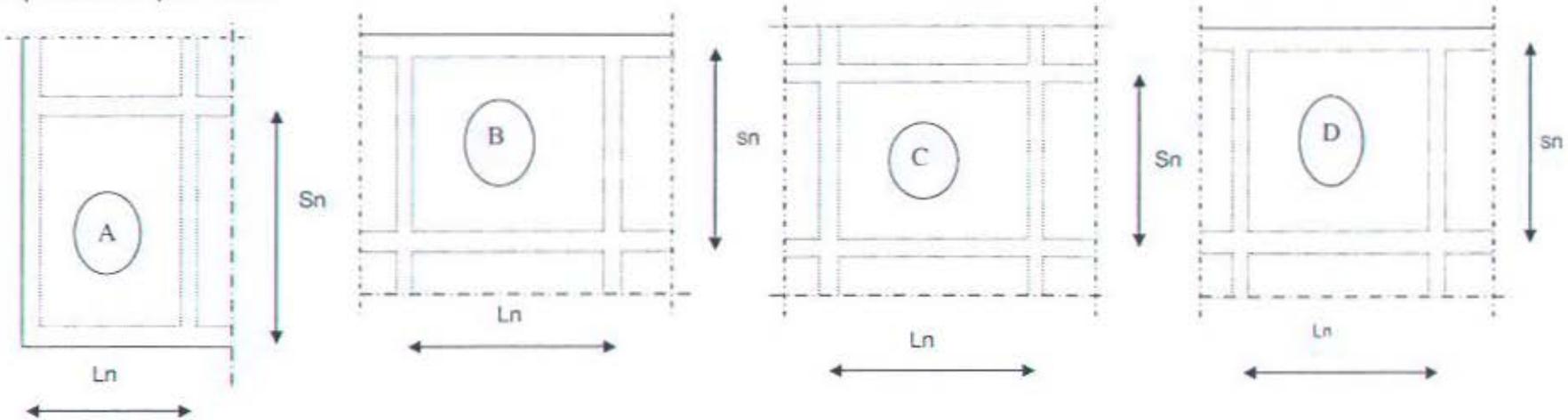
Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	α_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
B	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319	7.818	8.9	14.106	ok
	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	225	3.1328	279834.04	63,281	4.4221				

Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	α_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
C	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319	7.265	8.9	14.106	ok
	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				

Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	α_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
D	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	675	3.2481	2338650	189,844	12.319	10.34	8.9	14.106	ok
	40/60	650	410	1.585	130	40	15	60	337.5	3.2481	2338650	94,922	24.638				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				
	25/35	650	410	1.585	65	25	15	35	450	3.1328	279834.04	126,563	2.211				

TABEL KONTROL TEBAL PLAT ATAP

Dipakai tebal plat 15 cm



Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	C_n	tmin1	tmin2	Ket.
A	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558	4.742	8.9	13.722	ok
	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	337.5	3.2899	749485.42	77,175	9.7115				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	200	3.1933	143697.51	45,733	3.1421				

Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	C_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
B	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558	3.528	8.9	13.722	ok
	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	200	3.1933	143697.51	45,733	3.1421				

Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	C_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
C	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558	3.056	8.9	13.722	ok
	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				

Type	Balok	Ln	Sn	β	be	bw	t	h	bs	k	Ib	Is	α	C_m	t _{min1}	t _{min2}	Ket.
D	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	675	3.2899	749485.42	154,350	4.8558	4.27	8.9	13.722	ok
	30/45	645	380	1.697	92	30	14	45	337.5	3.2899	749485.42	77,175	9.7115				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				
	20/30	645	380	1.697	52	20	14	30	500	3.1933	143697.51	114,333	1.2568				

PELAT STRUKTUR SAMPING

Design Penulangan Plat Atap

Beban Pelat Atap

Beban Hidup

Beban Hidup Lantai

:: 100 Kg/m²

Beban Air Hujan

:: 30 Kg/m²

LL :: 130 Kg/m²

Beban Mati

Berat Sendiri : (0.15 x 2400)

:: 360 Kg/m²

Penggantung Langit-langit(kayu)

:: 7 Kg/m²

Plafon Eternit

:: 11 Kg/m²

Aspalt (1 cm)

:: 14 Kg/m²

Perpipaan + AC

:: 50 Kg/m²

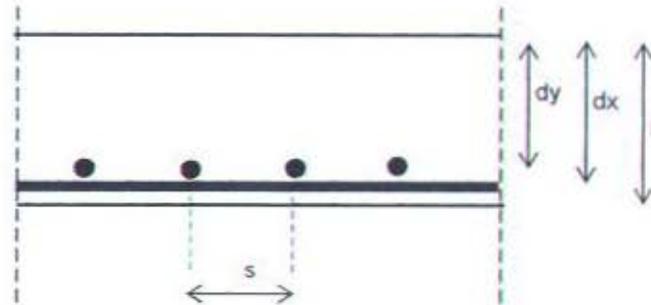
DL :: 442 Kg/m²

$q_{ult} = (1.2DL + 1.6LL)$:: 738.4 Kg/m²

= 7384 N/m²

$f_c = 30$ Mpa

$f_y = 400$ Mpa



$$\rho_{min} = 0.0018 \quad (\text{SK SNI 03 - XXXX - 2001})$$

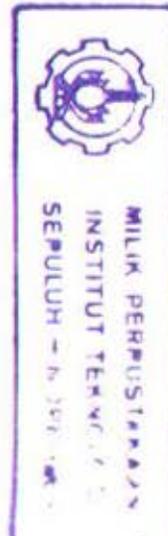
$$\rho_{balance} = 0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot 600 / (f_y \cdot (600 + f_y)) = 0.032513$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_{balance} = 0.024384$$

Dipakai tulangan diameter 10 mm, decking 20 mm, sehingga :

$$h = 150 \text{ mm} \quad dx = 150 - 20 - 0.5 \cdot 10 = 125$$

$$dy = 150 - 20 - 10 - 0.5 \cdot 10 = 115$$



Tipe pelat atap A dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 7384$ N/m²

Type Pelat : A	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.073	9061.12792	0.01933	0.0240	0.0018	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.037	4592.62648	0.009798	0.0130	0.000975	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.056	6951.00224	0.014829	0.0180	0.00135	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.049	6082.12696	0.01533	0.019	0.001425	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	0.025	3103.126	0.007821	0.009	0.000675	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	-	0.037	4592.62648	0.011576	0.014	0.00105	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat atap B dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 7384$ N/m²

Type Pelat : B	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.064	7944.00256	0.016947	0.0210	0.001575	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.033	4096.12632	0.008738	0.0110	0.000825	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.05	6206.252	0.01324	0.0170	0.001275	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.041	5089.12664	0.012827	0.014	0.00105	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	0.021	2606.62584	0.00657	0.008	0.0006	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	-	0.031	3847.87624	0.009698	0.011	0.000825	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat atap C dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 7384$ N/m²

Type Pelat : C	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.058	7199.25232	0.015358	0.0190	0.001425	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	-	-	-	-	-	-	-	-
Momen Positif	0.6667	0.043	5337.37672	0.011386	0.0140	0.00105	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.033	4096.12632	0.010324	0.013	0.000975	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Momen Positif	-	0.025	3103.126	0.007821	0.009	0.000675	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat atap D dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 7384$ N/m²

Type Pelat : D	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.073	9061.12792	0.01933	0.0250	0.001875	0.0018	198.75	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.037	4592.62648	0.009798	0.0130	0.000975	0.0018	190.8	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.056	6951.00224	0.014829	0.0190	0.001425	0.0018	190.8	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.049	6082.12696	0.01533	0.0192	0.00144	0.0018	190.8	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.025	3103.126	0.007821	0.01	0.00075	0.0018	190.8	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	0.6667	0.037	4592.62648	0.011576	0.0158	0.001185	0.0018	190.8	D10 - 350 (As=224)

Design Penulangan Plat Lantai

Beban Pelat Lantai

Beban Hidup

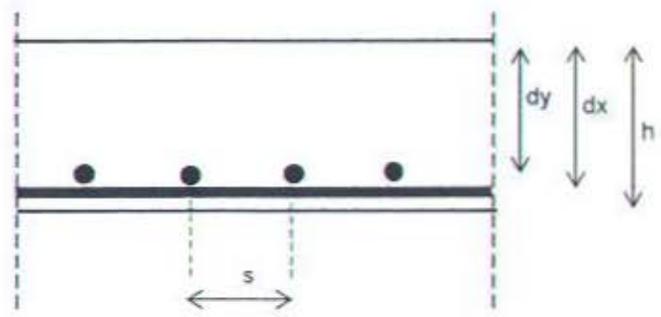
Beban Hidup Lantai	:	250 Kg/m ²
LL	:	250 Kg/m ²

Beban Mati

Berat Sendiri = (0.15 X 2400)	:	360 Kg/m ²
Spasi + Tegel(2*(21+24))	:	90 Kg/m ²
Ducting & Plumbing	:	40 Kg/m ²
Penyekat	:	60 Kg/m ²
DL	:	550 Kg/m ²

$q_{ult} = (1.2DL + 1.6LL) = 1060 \text{ Kg/m}^2 = 10600 \text{ N/m}^2$

$f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 300 \text{ Mpa}$



$\rho_{min} = 0.0018 \quad (\text{SK SNI 03 - XXXX - 2001})$
 $\rho_{balance} = 0.85 \cdot f_c \cdot 81 \cdot 600 / (f_y \cdot (600 + f_y)) = 0.048167$
 $\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_{balance} = 0.036125$

Dipakai tulangan diameter 10 mm, decking 20 mm, sehingga :
 $h = 150 \text{ mm} \quad dx = 150 - 20 - 0.5 \cdot 10 = 125$
 $dy = 150 - 20 - 10 - 0.5 \cdot 10 = 115$

Tipe pelat lantai A dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 10600$ N/m²

Type Pelat : A	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.073	13007.578	0.027749	0.0360	0.0027	0.0018	337.5	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.037	6592.882	0.014065	0.0180	0.00135	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.056	9978.416	0.021287	0.0270	0.002025	0.0018	253.125	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.049	8731.114	0.022007	0.028	0.0021	0.0018	241.5	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	0.025	4454.65	0.011228	0.014	0.00105	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	-	0.037	6592.882	0.016617	0.022	0.00165	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat lantai B dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 10600$ N/m²

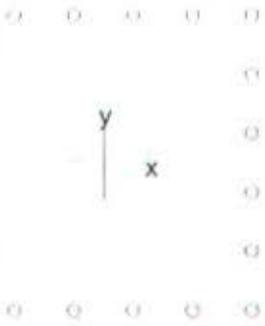
Type Pelat : B	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.064	11403.904	0.024328	0.0310	0.002325	0.0018	290.625	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.033	5880.138	0.012544	0.0170	0.001275	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.05	8909.3	0.019007	0.0250	0.001875	0.0018	234.375	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.041	5089.12664	0.012827	0.017	0.001275	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	0.021	2606.62584	0.00657	0.009	0.000675	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	-	0.031	3847.87624	0.009698	0.013	0.000975	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat lantai C dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 10600$ N/m²

Type Pelat : C	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.058	10334.788	0.022048	0.0280	0.0021	0.0018	262	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	-	-	-	-	-	-	-	-
Momen Positif	0.6667	0.043	7661.998	0.016346	0.0210	0.001575	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	-	0.033	5880.138	0.014821	0.019	0.001425	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
# sisi tidak menerus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Momen Positif	-	0.025	4454.65	0.011228	0.014	0.00105	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)

Tipe pelat lantai D dengan $l_x = 450$ cm dan $l_y = 675$ cm. $q_u = 10600$ N/m²

Type Pelat : D	lx/ly	Koef.	Mu	Mu	w	r	r min	As	Tul. Perlu
			(Koef. x $q_u \times l_n$)	($f_c'bd^2$)				(mm ²)	
Bentang Pendek (Arah X)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.073	13007.578	0.027749	0.0360	0.0027	0.0018	337.5	D10 - 225 (As=349)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.037	6592.882	0.014065	0.0180	0.00135	0.0018	225	D10 - 300 (As=262)
Momen Positif	0.6667	0.056	9978.416	0.021287	0.0370	0.002775	0.0018	346.875	D10 - 225 (As=349)
Bentang Panjang (Arah Y)									
Momen Negatif									
# sisi menerus	0.6667	0.049	8731.114	0.022007	0.028	0.0021	0.0018	241.5	D10 - 300 (As=262)
# sisi tidak menerus	0.6667	0.025	4454.65	0.011228	0.014	0.00105	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)
Momen Positif	0.6667	0.037	6592.882	0.016617	0.022	0.00165	0.0018	207	D10 - 350 (As=224)



700 x 700 mm

$f_c = 30$ MPa

$f_y = 400$ MPa

Confinement: Tied

cover = 51 mm

spacing = 89 mm

N-25 at 2.04%

$A_s = 10000$ mm²

$I_g = 2.001e+010$ mm⁴

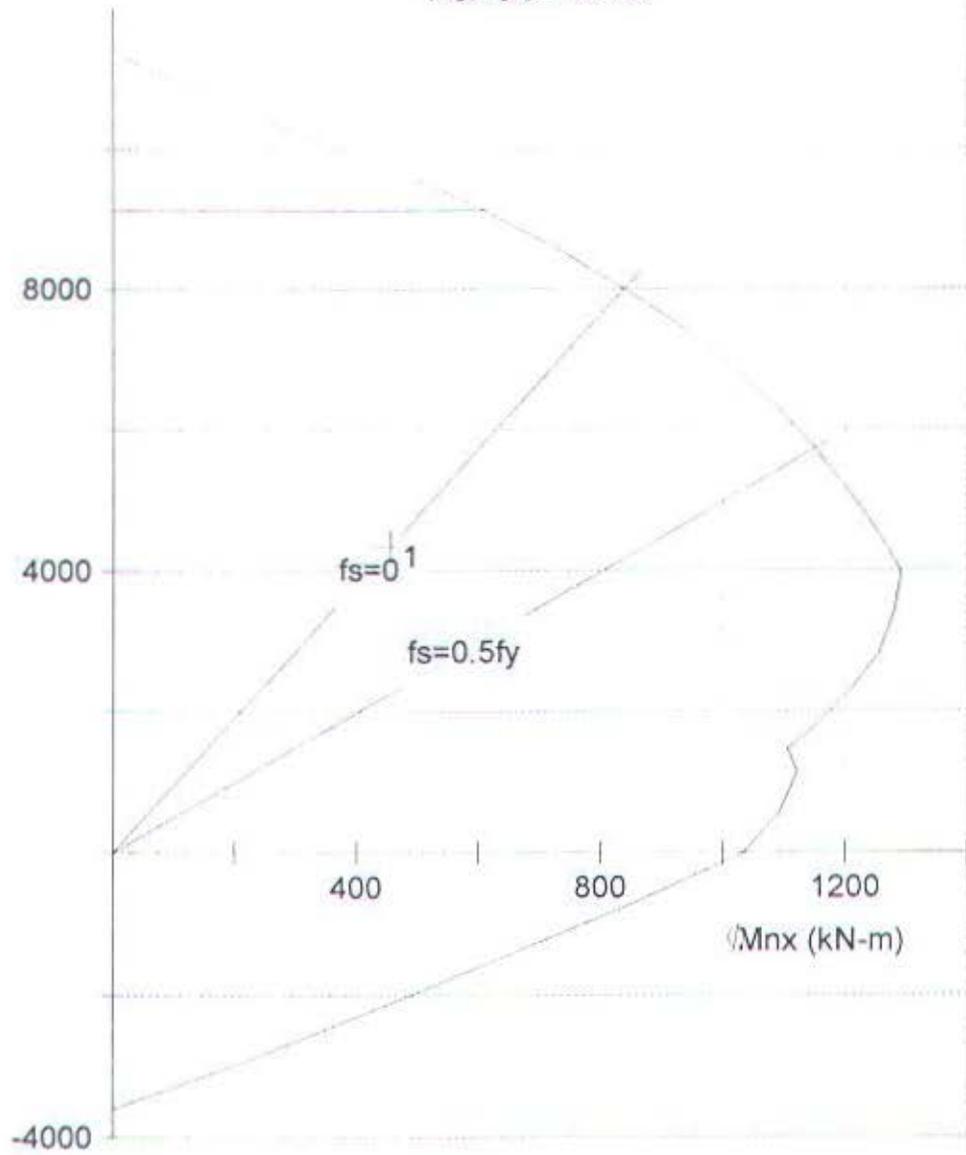
$I_e = 2.001e+010$ mm⁴

$e = 0$ mm

$e = 0$ mm

93 PCA

ϕ
P
n
k
N



Designed To: soni, surabaya, jatim

name: F:\PCACOLIDATA\IC13JAR.COL

Project: TUGAS AKHIR

Column Id: C-13 70x70

Designer: S U J A R W O

Date: 06/05/03 Time: 19:15:16

Code: ACI 318-89

Units: Metric

Slenderness is not considered.

Material Properties:

$E_c = 27692$ MPa

$\epsilon_u = 0.003$ mm/mm

$f_c = 25.50$ MPa

$E_s = 200000$ MPa

$\beta_1 = 0.83$

Stress Profile: Block

$\phi(c) = 0.70, \phi(b) = 0.90$



500 x 500 mm

$f_c = 40 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

Confinement: Tied

cover = 51 mm

spacing = 99 mm

$\rho = N-25 \text{ at } 2.40\%$

$A_g = 6000 \text{ mm}^2$

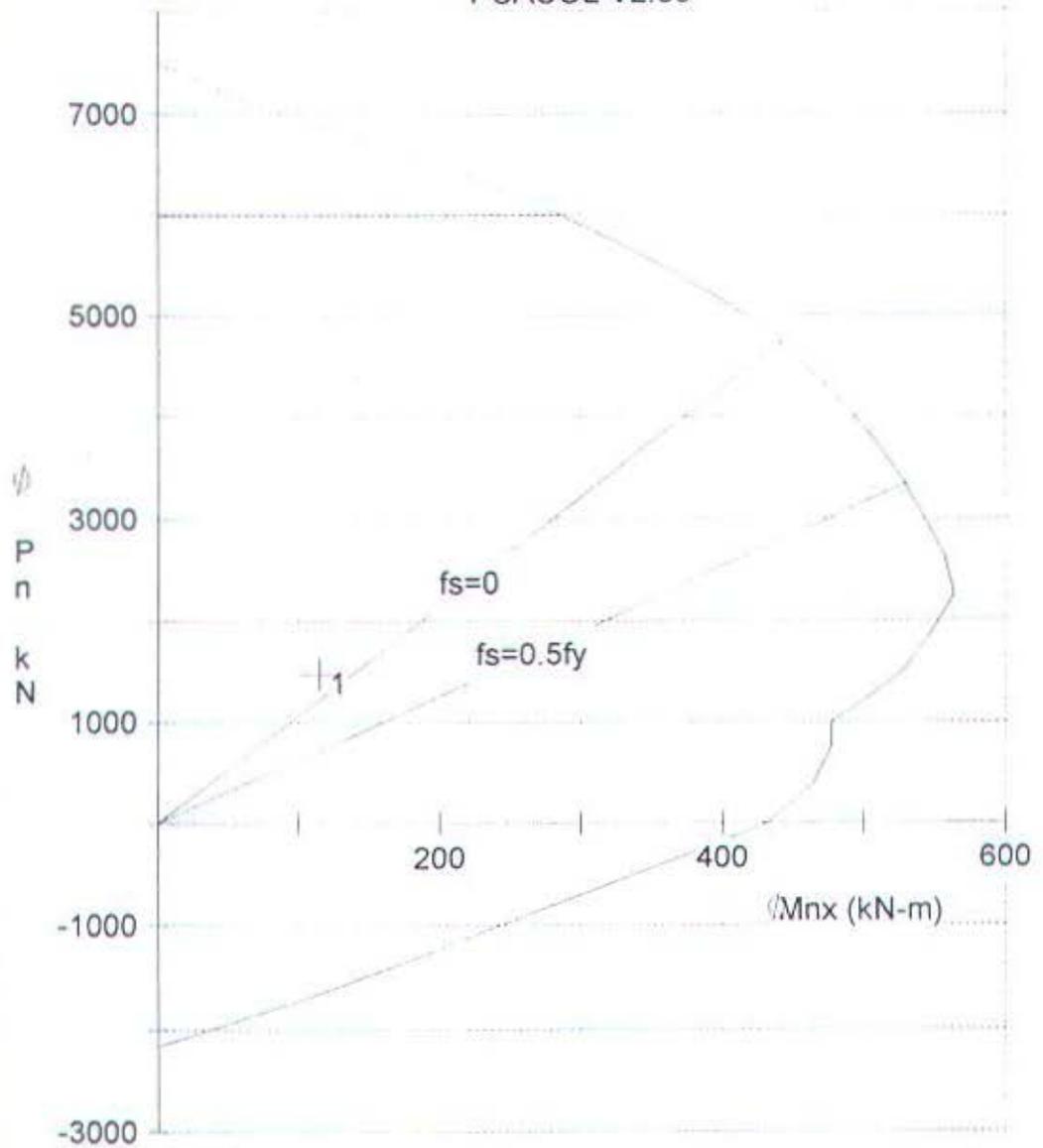
$I_g = 5.208e+009 \text{ mm}^4$

$I_e = 5.208e+009 \text{ mm}^4$

$e = 0 \text{ mm}$

$e = 0 \text{ mm}$

993 PCA



Designed To: soni, surabaya, jatim

File name: F:\PCACOL\DATA\50X50JAR.COL

Project: TUGAS AKHIR

Column Id: KOL 50X50 SAMPING

Engineer: S U J A R W O

Date: 06/05/03 Time: 19:19:19

Code: ACI 318-89

Units: Metric

Axis slenderness is not considered.

Material Properties:

$E_c = 31975 \text{ MPa}$

$\epsilon_u = 0.003 \text{ mm/mm}$

$f_c = 34.00 \text{ MPa}$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

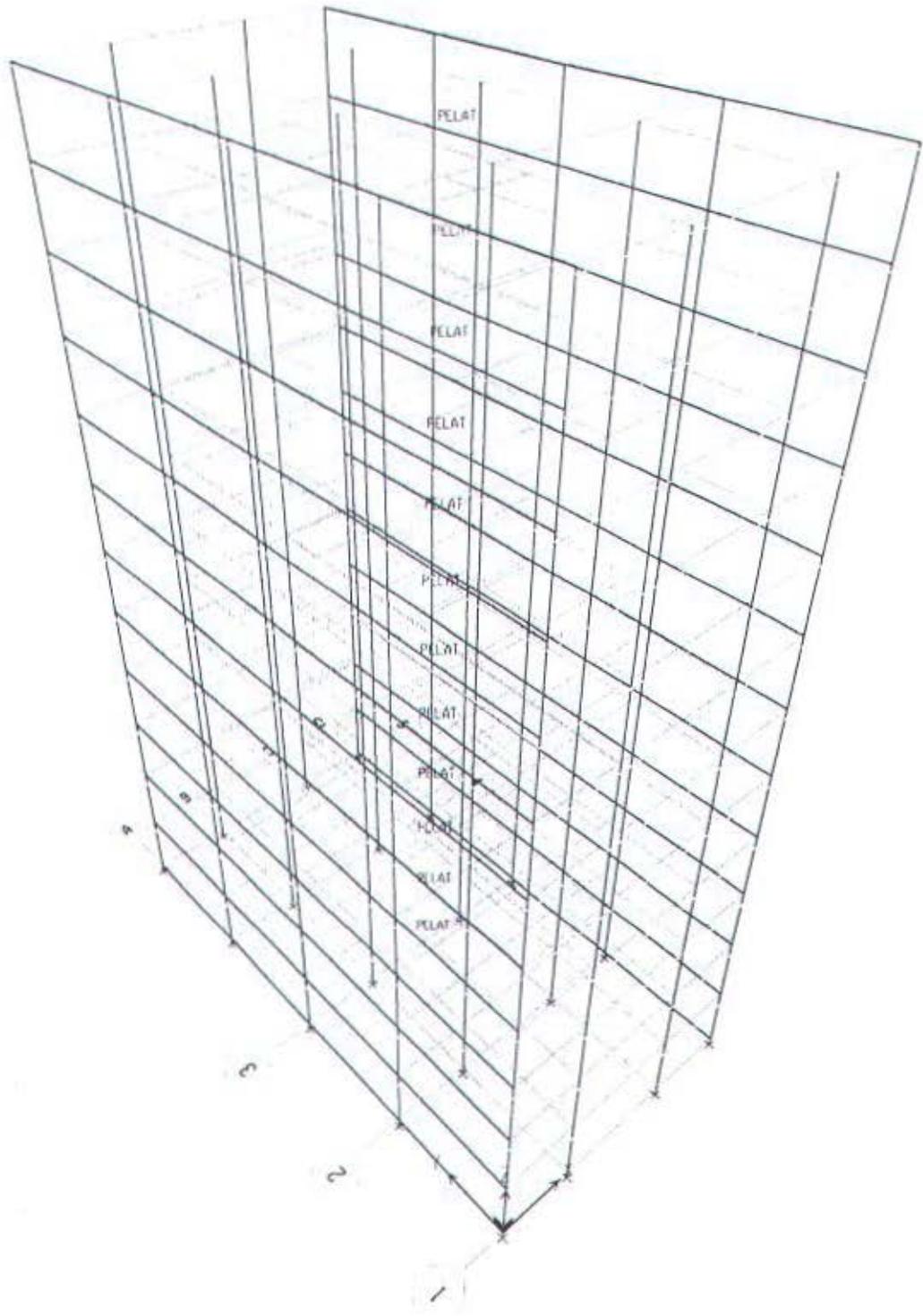
$\beta_1 = 0.76$

Stress Profile: Block

$\phi(c) = 0.70, \phi(b) = 0.90$



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER



INPUT STRUKTUR UTAMA

ETABS v8.00 File: STRUKTUR UTAMA FLAT PLATE
 Units
 June 26, 2003 3:02
 ITS

Kgf-m
 CIVIL ENGINEERING

MATERIAL PROPERTY DATA

MATERIAL SHEAR NAME MODULUS	MATERIAL TYPE	DESIGN TYPE	MATERIAL DIR/PLANE	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF
STEEL 7841930445	Iso	Steel	All	2.039E+10	0.3000	6.5000E-06
CONC 1054598984	Iso	Concrete	All	2531037561	0.2000	5.5000E-06
OTHER 7841930445	Iso	None	All	2.039E+10	0.3000	6.5000E-06

MATERIAL PROPERTY MASS AND WEIGHT

MATERIAL NAME	MASS PER UNIT VOL	WEIGHT PER UNIT VOL
STEEL	7.9814E+02	7.8334E+03
CONC	2.4483E+02	2.4025E+03
OTHER	7.9814E+02	7.8334E+03

MATERIAL DESIGN DATA FOR STEEL MATERIALS

MATERIAL NAME	STEEL FY	STEEL FU	STEEL COST (\$)
STEEL	35153481	45699526	1.00

MATERIAL DESIGN DATA FOR CONCRETE MATERIALS

MATERIAL NAME	LIGHTWEIGHT CONCRETE	CONCRETE FC	REBAR FY	REBAR FYS	LIGHTWT REDUC FACT
CONC	No	3059148.577	40788648	40788648	N/A

FRAME SECTION PROPERTY DATA

CONC FRAME SECTION NAME BEAM	MATERIAL NAME	SECTION SHAPE NAME OR NAME IN SECTION DATABASE FILE	CONC COL
KOLOM	CONC	Rectangular	Yes

FRAME SECTION PROPERTY DATA

FLANGE FRAME SECTION NAME WIDTH BOT	FLANGE THICK BOT	SECTION DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK
ConcCol 0.0000	0.0000	0.4572	0.4572	0.0000	0.0000
KOLOM 0.0000	0.0000	0.7000	0.7000	0.0000	0.0000

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SHEAR AREAS		SECTION	TORSIONAL	MOMENTS OF INERTIA	
FRAME SECTION NAME		AREA	CONSTANT	133	122
A2	A3				
ConcCol		0.2090	0.0062	0.0036	0.0036
0.1742	0.1742				
KOLOM		0.4900	0.0338	0.0200	0.0200
0.4083	0.4083				

FRAME SECTION PROPERTY DATA

RADIUS OF GYRATION		SECTION MODULI		PLASTIC MODULI	
FRAME SECTION NAME		S33	S22	Z33	Z22
R33	R22				
ConcCol		0.0159	0.0159	0.0239	0.0239
0.1320	0.1320				
KOLOM		0.0572	0.0572	0.0858	0.0858
0.2021	0.2021				

FRAME SECTION WEIGHTS AND MASSES

FRAME SECTION NAME	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
ConcCol	0.0000	0.0000
KOLOM	988848.9752	100773.6159

CONCRETE COLUMN DATA

NUM BARS	BAR	REINF CONFIGURATION		REINF	NUM BARS
FRAME SECTION NAME		LONGIT	LATERAL	SIZE/TYPE	3DIR/2DIR
CIRCULAR	COVER				
ConcCol		Rectangular Ties		#9/Design	3/3
N/A	0.0457				
KOLOM		Rectangular Ties		#9/Design	3/3
N/A	0.0400				

SHELL SECTION PROPERTY DATA

SHELL TOTAL SECTION MASS	MATERIAL NAME	SHELL TYPE	LOAD DIST ONE WAY	MEMBRANE THICK	BENDING THICK	TOTAL WEIGHT
PELAT	CONC	Shell-Thin	No	0.2000	0.2000	2325757
237017.9063						

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER
DEAD	DEAD	N/A	1.0000
LIVE	LIVE	N/A	0.0000
ANGIN	WIND	USC97	0.0000
GEMPA	QUAKE	USC97	0.0000

R E S P O N S E S P E C T R U M C A S E S

 RESP SPEC CASE: SPEC1

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION COMBO	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE
CQC	SRSS	0.0000	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	PUNC1	0.0010
U2	----	N/A
UZ	----	N/A

L O A D I N G C O M B I N A T I O N S

COMBO	COMBO TYPE	CASE CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB1	ADD	DEAD	Static	1.4000
		LIVE	Static	1.7000
COMB2	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		ANGIN	Static	1.2750
COMB3	ADD	DEAD	Static	0.9000
		ANGIN	Static	1.3000
COMB4	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		GEMPA	Static	1.4025
COMB5	ADD	DEAD	Static	0.9000
		GEMPA	Static	1.4300
COMB6	ADD	DEAD	Static	1.0000
		LIVE	Static	1.0000

A U T O S E I S M I C U B C 9 7

Case: GEMPA

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
 Typical Eccentricity = 5%
 Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
 Ct = 0.0488 (in feet units)

Top Story: STORY12
 Bottom Story: BASE

R = 0.5
 I = 1
 hn = 42.000 (Building Height)

Soil Profile Type = SD
 Z = 0.3
 Ca = 0.3600
 Cv = 0.5400

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

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

If $Z \geq 0.35$ (Zone 4) then: If $T_{etabs} \leq 1.30 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$
 If $Z < 0.35$ (Zone 1, 2 or 3) then: If $T_{etabs} \leq 1.40 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$

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

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

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

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

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

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

$T_a = 1.9627$ sec

T Used = 2.3120 sec

W Used = 2396781.23

V (Eqn 1) = 12.4636W

V (Eqn 2) = 48.0274W

V (Eqn 3) = 17.9623W

V (Eqn 4) = 20.4917W

V Used = 0.0396W = 94912.54

F_t Used = 15360.94

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY
STORY12 339547.258	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)				
	22818.30	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY11 178799.475	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)				
	12015.71	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY10 162544.977	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)				
	10923.37	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY9 146290.479	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)				
	9831.03	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY8 130035.981	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)				
	8738.70	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY7 113781.484	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)				
	7646.36	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY6 97526.986	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)				
	6554.02	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY5 81272.488	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)				
	5461.68	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY4	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)				

65017.991	4369.35	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY3	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)				
48763.493	3277.01	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY2	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)				
32508.995	2184.67	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)				
16254.498	1092.34	0.00	0.00	0.000	0.000 -

AUTO SEISMIC DIAPHRAGM FORCES

STORY MY	DIAPHRAGM MZ	FX	FY	FZ	MX
STORY12	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)			
0.000 -339547.258		22818.30	0.00	0.00	0.000
STORY11	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)			
0.000 -178799.475		12015.71	0.00	0.00	0.000
STORY10	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)			
0.000 -162544.977		10923.37	0.00	0.00	0.000
STORY9	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)			
0.000 -146290.479		9831.03	0.00	0.00	0.000
STORY8	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)			
0.000 -130035.981		8738.70	0.00	0.00	0.000
STORY7	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)			
0.000 -113781.484		7646.36	0.00	0.00	0.000
STORY6	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)			
0.000 -97526.986		6554.02	0.00	0.00	0.000
STORY5	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)			
0.000 -81272.488		5461.68	0.00	0.00	0.000
STORY4	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)			
0.000 -65017.991		4369.35	0.00	0.00	0.000
STORY3	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)			
0.000 -48763.493		3277.01	0.00	0.00	0.000
STORY2	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)			
0.000 -32508.995		2184.67	0.00	0.00	0.000
STORY1	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)			
0.000 -16254.498		1092.34	0.00	0.00	0.000



AUTO WIND UBC 97
Case: ANGIN

AUTO WIND INPUT DATA

Exposure From: Rigid diaphragm extents
Direction Angle = 0 degrees
Windward Cq = 0.8
Leeward Cq = 0.5

Top Story: STORY12
Bottom Story: BASE

No parapet is included

Basic Wind Speed, V = 70 mph
Exposure Type = C
Importance Factor, Iw = 1

AUTO WIND EXPOSURE WIDTH INFORMATION (Exposure widths are from diaphragm extents)

STORY	DIAPHRAGM	WIDTH	X	Y
STORY12	D1	27.610	7.000	13.500
STORY11	D1	27.610	7.000	13.500
STORY10	D1	27.610	7.000	13.500
STORY9	D1	27.610	7.000	13.500
STORY8	D1	27.610	7.000	13.500
STORY7	D1	27.610	7.000	13.500
STORY6	D1	27.610	7.000	13.500
STORY5	D1	27.610	7.000	13.500
STORY4	D1	27.610	7.000	13.500
STORY3	D1	27.610	7.000	13.500
STORY2	D1	27.610	7.000	13.500
STORY1	D1	27.610	7.000	13.500

AUTO WIND CALCULATION FORMULAS

P = wind pressure = SUM(Ce Cq qs Iw) -- Method 1

Ce, the combined height, exposure and gust factor coefficient, is from UBC97 Table 16-G

qs is the wind stagnation pressure at the standard height of 33 feet
qs = 0.00256 V² >= 10 psf

AUTO WIND CALCULATION RESULTS

qs = 12.5440 psf

AUTO WIND STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY
STORY12 183869.242	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)				
	13619.94	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY11 366961.679	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)				
	27182.36	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY10 353727.607	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)				
	26202.04	0.00	0.00	0.000	0.000 -
STORY9	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)				

351627.897	26046.51	0.00	0.00	0.000	0.000 -
	STORY8	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)			
		25567.01	0.00	0.00	0.000 0.000 -
345154.577					
	STORY7	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)			
		25383.30	0.00	0.00	0.000 0.000 -
342674.555					
	STORY6	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)			
		24790.71	0.00	0.00	0.000 0.000 -
334674.652					
	STORY5	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)			
		24001.72	0.00	0.00	0.000 0.000 -
324023.209					
	STORY4	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)			
		23797.54	0.00	0.00	0.000 0.000 -
321266.741					
	STORY3	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)			
		22743.83	0.00	0.00	0.000 0.000 -
307041.739					
	STORY2	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)			
		21617.10	0.00	0.00	0.000 0.000 -
291830.800					
	STORY1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)			
		20493.65	0.00	0.00	0.000 0.000 -
276664.334					

AUTO WIND DIAPHRAGM FORCES

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	FZ	MX
MY	MZ				
STORY12	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.0000)			
0.000 -183869.242		13619.94	0.00	0.00	0.000
STORY11	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 38.5000)			
0.000 -366961.879		27182.36	0.00	0.00	0.000
STORY10	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.0000)			
0.000 -353727.607		26202.04	0.00	0.00	0.000
STORY9	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 31.5000)			
0.000 -351627.897		26046.51	0.00	0.00	0.000
STORY8	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.0000)			
0.000 -345154.577		25567.01	0.00	0.00	0.000
STORY7	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 24.5000)			
0.000 -342674.555		25383.30	0.00	0.00	0.000
STORY6	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.0000)			
0.000 -334674.652		24790.71	0.00	0.00	0.000
STORY5	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 17.5000)			
0.000 -324023.209		24001.72	0.00	0.00	0.000

STORY4	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.0000)
0.000	-321266.741	23797.54 0.00 0.00 0.000
STORY3	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 10.5000)
0.000	-307041.739	22743.83 0.00 0.00 0.000
STORY2	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.0000)
0.000	-291830.800	21617.10 0.00 0.00 0.000
STORY1	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 3.5000)
0.000	-276664.334	20493.65 0.00 0.00 0.000



MILIA PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

CENTRE MASS OF STRUKTUR UTAMA

STASS v8.00 File: STRUKTUR UTAMA FLAT PLATS Kgf-m Units PAGE 1
 June 26, 2003 3:12

CIVIL ENGINEERING ITS

LOADING COMBINATIONS

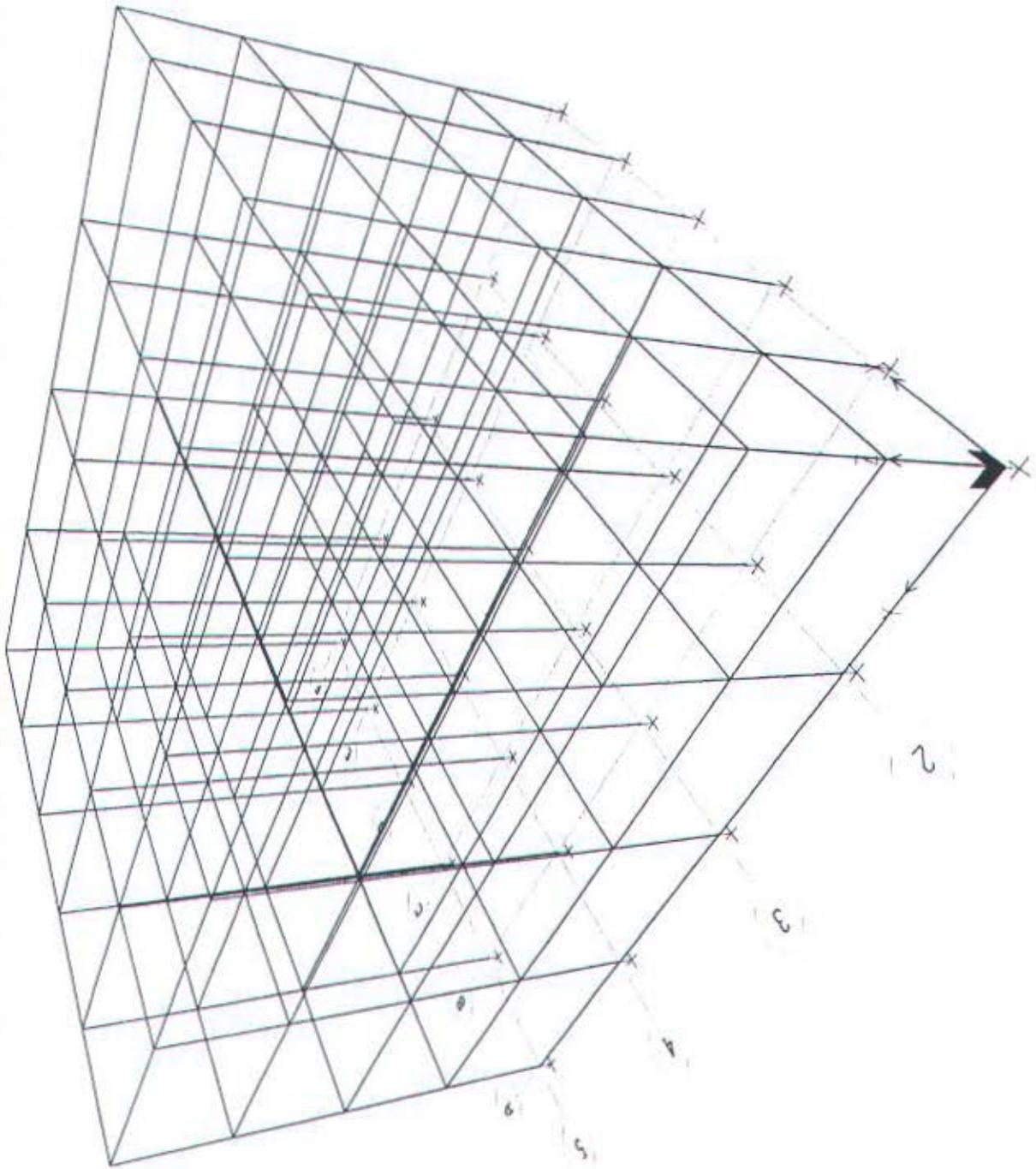
COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB4	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		GEMPA	Static	1.4025

CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//			---CENTER OF RIGIDITY---/	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY12	D1	12018.8369	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY11	D1	33144.7302	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY10	D1	54270.6234	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY9	D1	75396.5167	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY8	D1	96522.4100	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY7	D1	117648.3033	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY6	D1	138774.1966	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY5	D1	159900.0899	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY4	D1	181025.9832	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY3	D1	202151.8765	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY2	D1	223277.7698	7.000	13.500	7.000	13.500
STORY1	D1	244403.6631	7.000	13.500	7.000	13.500

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	LOCATION	P	VX	VY	Z	MX	MY
STORY12	COMB4	Top	307653.73	-32002.67	0.00	476215.029	4153325.324	-2153576
		Bottom	394178.01	-32002.67	0.00	476215.029	5221403.175	-2873359
STORY11	COMB4	Top	82205.11	-48954.69	0.00	72691.292	11109084	-5874378
		Bottom	903419.39	-48954.69	0.00	72691.292	12277162	-6657142
STORY10	COMB4	Top	1389136.48	-64174.72	0.00	954950.622	18064943	-9658161
		Bottom	1424660.77	-64174.72	0.00	954950.622	19232920	-10499996
STORY9	COMB4	Top	1853377.66	-77962.74	0.00	1160123.019	25020601	-13501016
		Bottom	1939902.15	-77962.74	0.00	1160123.019	26193679	-14399007
STORY8	COMB4	Top	2368619.24	-90218.76	0.00	1342498.493	31976360	-17399037
		Bottom	2455143.52	-90218.76	0.00	1342498.493	33144439	-19347025
STORY7	COMB4	Top	2883960.62	-100942.78	0.00	1502077.014	38922119	-21348044
		Bottom	2970384.90	-100942.78	0.00	1502077.014	40100196	-23342480
STORY6	COMB4	Top	3392101.99	-110134.79	0.00	1638858.612	45887877	-25343500
		Bottom	3485626.28	-110134.79	0.00	1638858.612	47055955	-26399149
STORY5	COMB4	Top	3914343.37	-117794.81	0.00	1752843.272	52843635	-29380169
		Bottom	4000967.66	-117794.81	0.00	1752843.272	54011713	-30450791
STORY4	COMB4	Top	4429584.75	-123922.82	0.00	1844031.009	59799394	-33451810
		Bottom	4516109.03	-123922.82	0.00	1844031.009	60967472	-34549529
STORY3	COMB4	Top	4944826.13	-128518.83	0.00	1912421.808	66755153	-37550549
		Bottom	5031350.41	-128518.83	0.00	1912421.808	67923231	-38664795
STORY2	COMB4	Top	5460067.50	-131582.83	0.00	1958015.674	73710911	-41665815
		Bottom	5546591.79	-131582.83	0.00	1958015.674	74978989	-42781493
STORY1	COMB4	Top	5975308.89	-133114.83	0.00	1980812.607	80666670	-45782513
		Bottom	6061833.17	-133114.83	0.00	1980812.607	81834745	-46876859



CIVIL ENGINEERING ITS

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER
DEAD	DEAD	N/A	1.0000
LIVE	LIVE	N/A	0.0000
ANGIN	WIND	UBC97	0.0000
GEMPA	QUAKE	UBC97	0.0000

CIVIL ENGINEERING ITS

LOADING COMBINATIONS

COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB1	ADD	DEAD	Static	1.4000
		LIVE	Static	1.7000
COMB2	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		ANGIN	Static	1.2750
COMB3	ADD	DEAD	Static	0.9000
		ANGIN	Static	1.3000
COMB4	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		GEMPA	Static	1.4025
COMB5	ADD	DEAD	Static	0.9000
		GEMPA	Static	1.4300
COMB6	ADD	DEAD	Static	1.0000
		LIVE	Static	1.0000

CIVIL ENGINEERING ITS

AUTO SEISMIC UBC97
Case: GEMPA

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Override: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.0488 (in feet units)

Top Story: STORY4
Bottom Story: BASE

R = 8.5
I = 1
hn = 16.000 (Building Height)



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Soil Profile Type = SD
 Z = 0.3
 Ca = 0.3600
 Cv = 0.5400

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

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

If Z >= 0.35 (Zone 4) then: If $T_{etabs} \leq 1.30 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$
 If Z < 0.35 (Zone 1, 2 or 3) then: If $T_{etabs} \leq 1.40 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$

$V = (C_v I W) / (R T)$ (Eqn. 1)

$V \leq 2.5 C_a I W / R$ (Eqn. 2)

$V \geq 0.11 C_a I W$ (Eqn. 3)

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

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

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

$T_a = 0.9517$ sec

T Used = 1.2887 sec

W Used = 2635070.18

V (Eqn 1) = 0.0493W

V (Eqn 2) = 0.1059W

V (Eqn 3) = 0.0396W

V (Eqn 4) = 0.0452W

V Used = 0.0493W = 129903.46

F_t Used = 11718.31

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY4	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 16.0000)					
	52873.29	0.00	0.00	0.000	0.000	-713789.391
STORY3	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 12.0000)					
	38515.09	0.00	0.00	0.000	0.000	-519953.649
STORY2	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 8.0000)					
	25676.72	0.00	0.00	0.000	0.000	-346635.766
STORY1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)					
	12838.36	0.00	0.00	0.000	0.000	-173317.883

AUTO SEISMIC DIAPHRAGM FORCES

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY4	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 16.0000)					
		52873.29	0.00	0.00	0.000	0.000	-713789.391
STORY3	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 12.0000)					
		38515.09	0.00	0.00	0.000	0.000	-519953.649
STORY2	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 8.0000)					
		25676.72	0.00	0.00	0.000	0.000	-346635.766
STORY1	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)					
		12838.36	0.00	0.00	0.000	0.000	-173317.883

AUTO WIND UBC97
Case: ANGIN

AUTO WIND INPUT DATA

Exposure From: Rigid diaphragm extents
Direction Angle = 0 degrees
Windward Cq = 0.8
Leeward Cq = 0.5

Top Story: STORY4
Bottom Story: BASE

No parapet is included

Basic Wind Speed, V = 70 mph
Exposure Type = C
Importance Factor, Iw = 1

AUTO WIND EXPOSURE WIDTH INFORMATION (Exposure widths are from diaphragm extents)

STORY	DIAPHRAGM	WIDTH	X	Y
STORY4	D1	27.000	11.250	13.500
STORY3	D1	27.000	11.250	13.500
STORY2	D1	27.000	11.250	13.500
STORY1	D1	27.000	11.250	13.500

AUTO WIND CALCULATION FORMULAS

$P = \text{wind pressure} = \text{SUM}(C_e C_q q_s I_w)$ -- Method 1

C_e , the combined height, exposure and gust factor coefficient, is from UBC97 Table 16-G

q_s is the wind stagnation pressure at the standard height of 33 feet
 $q_s = 0.00256 V^2 \geq 10 \text{ psf}$

AUTO WIND CALCULATION RESULTS

$q_s = 12.5440 \text{ psf}$

AUTO WIND STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY4	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 16.0000)					
	9930.85	0.00	0.00	0.000	0.000	-134066.428
STORY3	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 12.0000)					
	18860.79	0.00	0.00	0.000	0.000	-254620.667
STORY2	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 8.0000)					
	17720.78	0.00	0.00	0.000	0.000	-239230.593
STORY1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)					
	16122.07	0.00	0.00	0.000	0.000	-217647.878

AUTO WIND DIAPHRAGM FORCES

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY4	D1	(Forces reported) at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 16.0000)					
		9930.85	0.00	0.00	0.000	0.000	-134066.428
STORY3	D1	(Forces reported) at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 12.0000)					
		18860.79	0.00	0.00	0.000	0.000	-254620.667
STORY2	D1	(Forces reported) at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 8.0000)					
		17720.78	0.00	0.00	0.000	0.000	-239230.593
STORY1	D1	(Forces reported) at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)					
		16122.07	0.00	0.00	0.000	0.000	-217647.878

CIVIL ENGINEERING ITS

LOADING COMBINATIONS

COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB4	ADD	DEAD	Static	1.0500
		LIVE	Static	1.2750
		GEMPA	Static	1.4025

CIVIL ENGINEERING ITS

CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//			--CENTER OF RIGIDITY--/	
		MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY4	D1	56647.3981	11.250	13.500	11.250	13.500
STORY3	D1	127332.3899	11.250	13.500	11.250	13.500
STORY2	D1	198017.3816	11.250	13.500	11.250	13.500
STORY1	D1	268702.3733	11.250	13.500	11.250	13.500

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
LOAD1	DEAD	1.0000

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-2.50000	2.50000	0.00000	1 1 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000
2	0.00000	2.50000	2.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
3	1.50000	2.50000	2.00000	0 0 1 0 0 0	0.000	0.000	0.000

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
1	1	2	TANGGA	0.000	000000	2	0.000	0.000	1.000	3.202
2	2	3	BORDES	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.500

MATERIAL PROPERTY DATA

MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	2.039E+10	0.300	1.170E-05	7833.414	798.142
CONC	2.531E+09	0.200	9.900E-06	2402.616	244.801
OTHER	2.531E+09	0.200	9.900E-06	2402.616	244.801

MATERIAL DESIGN DATA

MAT LABEL	DESIGN CODE	STEEL FY	CONCRETE FC	REBAR FY	CONCRETE FCS	REBAR FYS
STEEL	S	25310506.5				
CONC	C		2812278.50	42184178.	2812278.50	28122785.0
OTHER	N					

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
TANGGA	CONC		0.228	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000
BORDES	CONC		0.150	3.250	0.000	0.000	0.000	0.000



FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	AREA	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREAS	
			I33	I22	A2	A3
TANGGA	0.342	5.366E-03	1.483E-03	6.415E-02	0.285	0.285
BORDES	0.488	3.550E-03	9.141E-04	0.429	0.406	0.406

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	SECTION MODULII S33	SECTION MODULII S22	PLASTIC MODULII		RADIOI OF GYRATION	
			Z33	Z22	R33	R22
TANGGA	1.301E-02	8.554E-02	1.951E-02	0.128	6.585E-02	0.433
BORDES	1.219E-02	0.264	1.828E-02	0.396	4.330E-02	0.938

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
TANGGA	2631.860	268.159
BORDES	1756.913	179.011

SHELL SECTION PROPERTY DATA

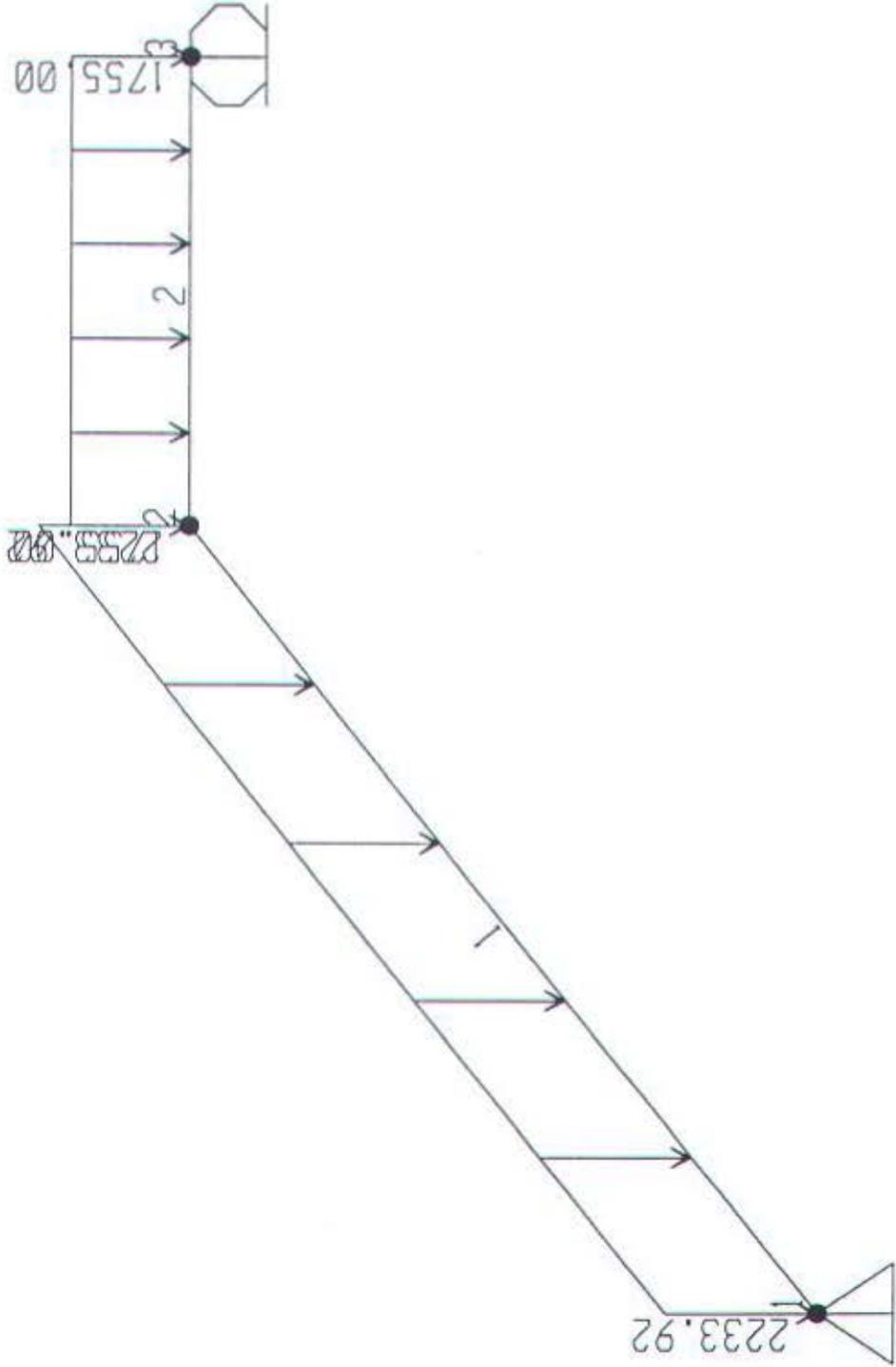
SECTION LABEL	MAT LABEL	SHELL TYPE	MEMBRANE THICK	BENDING THICK	MATERIAL ANGLE
SSEC1	CONC	4	1.000	1.000	0.000

SHELL SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
SSEC1	0.000	0.000

FRAME SPAN DISTRIBUTED LOADS Load Case LOAD1

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
1	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2233.9200	1.0000	-2233.9200
2	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-1755.0000	1.0000	-1755.0000



I T S

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	LOAD1							
		0.00	-4716.10	-5895.12	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.60	-1660.12	-2075.16	0.00	0.00	0.00	6379.34
		3.20	1395.85	1744.81	0.00	0.00	0.00	6643.74
2	LOAD1							
		0.00	0.00	2234.45	0.00	0.00	0.00	6643.74
		3.8E-01	0.00	3331.81	0.00	0.00	0.00	5600.06
		7.5E-01	0.00	4429.16	0.00	0.00	0.00	4144.89
		1.13	0.00	5526.51	0.00	0.00	0.00	2278.20
		1.50	0.00	6623.86	0.00	0.00	0.00	0.00

I T S

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
LOAD1	DEAD	1.0000

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C
1	-2.25000	0.00000	0.00000	1 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
2	2.25000	0.00000	0.00000	0 1 1 1 0 1	0.000	0.000	0.000
3	-0.75000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000
4	0.75000	0.00000	0.00000	0 0 0 0 0 0	0.000	0.000	0.000

I T S

FRAME ELEMENT DATA

FRAME	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1	R2	FACTOR	LENGTH
2	1	3	BALOK	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.500
3	3	4	BALOK	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.500
4	4	2	BALOK	0.000	000000	4	0.000	0.000	1.000	1.500

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

MAT LABEL	MODULUS OF ELASTICITY	POISSON'S RATIO	THERMAL COEFF	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL
STEEL	2.039E+10	0.300	1.170E-05	7833.414	798.142
CONC	2.531E+09	0.200	9.900E-06	2402.451	244.834
OTHER	2.531E+09	0.200	9.900E-06	2402.616	244.801

M A T E R I A L D E S I G N D A T A

MAT LABEL	DESIGN CODE	STEEL FY	CONCRETE FC	REBAR FY	CONCRETE FCS	REBAR FYS
STEEL	S	25310506.5				
CONC	C		3059148.58	40788648.	3059148.58	40788648.
OTHER	N					

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	MAT LABEL	SECTION TYPE	DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOTTOM	FLANGE THICK BOTTOM
FSEC1	STEEL		0.500	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000
BALOK	CONC		0.350	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

SECTION LABEL	AREA	TORSIONAL INERTIA	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREAS	
			I33	I22	A2	A3
FSEC1	0.150	2.817E-03	3.125E-03	1.125E-03	0.125	0.125
BALOK	8.750E-02	1.070E-03	8.932E-04	4.557E-04	7.292E-02	7.292E-02

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	SECTION MODULII		PLASTIC MODULII		RADIOI OF GYRATION	
	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
FSECI	1.250E-02	7.500E-03	1.875E-02	1.125E-02	0.144	8.660E-02
BALOK	5.104E-03	3.646E-03	7.656E-03	5.469E-03	0.101	7.217E-02

FRAME SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
FSECI	0.000	0.000
BALOK	945.965	96.403

SHELL SECTION PROPERTY DATA

SECTION LABEL	MAT LABEL	SHELL TYPE	MEMBRANE THICK	BENDING THICK	MATERIAL ANGLE
SSECI	CONC	4	1.000	1.000	0.000

FRAME SPAN DISTRIBUTED LOADS Load Case LOAD1

FRAME	TYPE	DIRECTION	DISTANCE-A	VALUE-A	DISTANCE-B	VALUE-B
2	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2520.0000	1.0000	-2520.0000
3	FORCE	GLOBAL-Z	0.0000	-2520.0000	1.0000	-2520.0000

I T S

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	F	V2	V3	T	M2	M3
2	LOAD1							
		0.00	0.00	-5512.98	0.00	0.00	0.00	0.00
		3.8E-01	0.00	-4489.15	0.00	0.00	0.00	1875.40
		7.5E-01	0.00	-3465.32	0.00	0.00	0.00	3366.86
		1.13	0.00	-2441.49	0.00	0.00	0.00	4474.39
		1.50	0.00	-1417.66	0.00	0.00	0.00	5197.98
3	LOAD1							
		0.00	0.00	-1417.66	0.00	0.00	0.00	5197.98
		3.8E-01	0.00	-393.83	0.00	0.00	0.00	5537.64
		7.5E-01	0.00	630.00	0.00	0.00	0.00	5493.36
		1.13	0.00	1653.83	0.00	0.00	0.00	5065.14
		1.50	0.00	2677.66	0.00	0.00	0.00	4252.98
4	LOAD1							
		0.00	0.00	2677.66	0.00	0.00	0.00	4252.98
		3.8E-01	0.00	2756.49	0.00	0.00	0.00	3234.08
		7.5E-01	0.00	2835.32	0.00	0.00	0.00	2185.61
		1.13	0.00	2914.15	0.00	0.00	0.00	1107.59
		1.50	0.00	2992.98	0.00	0.00	0.00	0.00