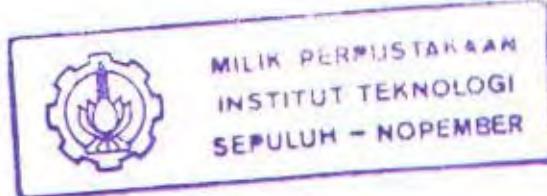


19.804/11/04



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG PERPUSTAKAAN UPN VETERAN JAWA TIMUR DENGAN METODA PRACETAK MEMAKAI BUILDING FRAME SYSTEM DAN SHEAR WALL

OLEH :

I NYOMAN DHARMA SUSILA
3196 100 037

RSS

690.28

Sus

M - 1

2003



PERPUSTAKAAN

ITS

Tgl. Terima	16-12-2003
Terima Dari	H1
No. Agenda Prp.	219457

PROGRAM SARJANA (S-1)

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2003

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG PERPUSTAKAAN UPN VETERAN JAWA TIMUR
DENGAN METODA PRACETAK
MEMAKAI BUILDING FRAME SYSTEM DAN SHEAR WALL

SURABAYA, 12 DESEMBER 2003
MENGETAHUI / MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING



Ir. KURDIAN SUPRAPTO, MS.

NIP. 130 532 020

PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003

**MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG PERPUSTAKAAN UPN VETERAN JAWA TIMUR
DENGAN METODA PRACETAK
MEMAKAI BUILDING FRAME SYSTEM DAN SHEAR WALL**

Oleh :

I Nyoman Dharma Susila

3196 100 037

Dosen Pembimbing :

Ir. Kurdian Suprapto, MS.

ABSTRAK

Metoda pracetak merupakan trobosan teknologi dalam bidang jasa konstruksi yang memiliki tujuan utama untuk mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi dan dimungkinkannya kontrol yang lebih baik dalam pengerjaan elemen struktur. Dengan demikian nantinya diharapkan dapat menghemat biaya konstruksi secara keseluruhan serta dengan kualitas yang terkontrol dengan baik. Juga sangat cocok untuk mengantisipasi lahan proyek yang semakin sempit dimasa-masa yang akan datang.

Dalam perancangan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini, sistem pemodelan struktur yang digunakan adalah *building frame system*, yaitu memanfaatkan pengaku lateral untuk menahan beban lateral seperti gempa dan angin sedangkan frame hanya memikul beban grafitasi saja.

Perhitungan beban lateral yaitu beban gempa dan beban angin dalam perencanaan ini menggunakan peraturan *UBC 1997*, sedangkan perhitungan tulangan penahan aksial, lentur, geser dan torsi elemen pracetak mengikuti ketentuan *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)*, serta perhitungan gaya-gaya dalam akibat pengangkatan mengikuti tata cara perhitungan yang ada dalam *PCI Design Handbook Fourth Edition*.

Elemen balok, kolom, pelat direncanakan dengan metoda pracetak, sedangkan elemen struktur lain seperti shearwall, tangga, overtopping, poer dan sloof direncanakan dengan metoda cor setempat.

Jumlah jenis type elemen pracetak yang berbeda sedapat mungkin dibuat seminimal mungkin. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalkan jumlah cetakan serta lebih menyeragamkan detail penulangan dan detail sambungan. Sehingga pada akhirnya tujuan utama seperti yang disebutkan diatas dapat terlaksana.

Hasil perancangan keseluruhan dari Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini dituangkan dalam gambar.

KATA PENGANTAR

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

Penulisan tugas akhir dengan judul "Modifikasi Perencanaan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur Dengan Metoda Pracetak Memakai Building Frame System" ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada program Strata 1 (S1) sesuai dengan kurikulum yang berlaku di Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Disamping itu, penulisan tugas akhir ini juga dimaksudkan untuk menambah wawasan dan pengetahuan penulis dalam bidang teknik sipil, khususnya tentang konstruksi beton pracetak.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, koreksi, maupun kritikan yang membangun untuk perbaikan selanjutnya.

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

- Ibu Prof. Ir. Noor Endah, MSc.PhD. selaku Pembantu Rektor I ITS
- Bapak Prof. Ir. Indra Surya B.Mochtar, MSc.PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.Eng selaku Ketua Program Bidang Studi S1 Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Bapak Ir. Kurdian Suprapto, MS. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar mengarahkan dan membimbing penulis.
- Bapak Ir. Sudjanarko Sudirham, M.Eng selaku dosen wali.
- Segenap dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.

- Keluarga di Bali, Bapak, Ibu, Putu Donik, dan Kadek Rai yang telah banyak memberikan semangat dan doa serta bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Teman-teman, Casper, Nusa, Saras, Putu, Asti, Gus Pradnyana, Agus Prasetyo, Santa, Taufik, Matt, Alit, dan Raditya atas waktu, canda dan pertolongannya.
- Teman-teman dan pihak-pihak lain yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

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

Surabaya, Nopember 2003

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Lingkup Permasalahan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Tinjauan Pustaka	2
1.6 Metodologi	3
BAB II DASAR-DASAR PERENCANAAN	
2.1 Umum	6
2.2 Data-Data Bangunan	6
2.3 Data Tanah	7
2.4 Pembebanan	7
2.4.1 Definisi Beban	7
2.5 Asumsi dan Metoda Analisa	8
2.5.1 Asumsi	8
2.5.2 Metoda analisa	8
BAB III PENGANTAR BETON PRACETAK	
3.1 Definisi Beban	9
3.2 Industri Beton Pracetak	9

3.2.1 Pabrikasi yang Bersifat Sementara	9
3.2.2 Pabrikasi yang Bersifat Permanen	9
3.3 Transportasi Komponen Pracetak	10
3.4 Pemasangan Elemen Beton Pracetak	10
3.4.1 Site Plan	10
3.4.2 Peralatan	10
3.4.3 Siklus Pemasangan Elemen Pracetak	11
3.4.4 Tenaga Kerja	11
3.5 Beberapa Type Elemen Pracetak	11
3.5.1 Pelat (Precast Slab)	11
3.5.2 Balok (Beam)	11
3.5.3 Kolom	12
3.6 Keuntungan Beton Pracetak	12
3.7 Aplikasi Beton Pracetak pada Gedung	13
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	15
4.1 Preliminary Design	15
4.1.1 Dimensi Balok Induk	15
4.2 Pemodelan dan Analisa Struktur Pelat	16
4.3 Perencanaan Pembebaan Pelat	17
4.3.1 Pembebaan Pelat Lantai	17
4.3.2 Pembebaan Pelat Atap	17
4.3.3 Kombinasi Pembebaan	18
4.4 Perencanaan Pelat	18
4.4.1 Penentuan Tebal Pelat	19
4.4.2 Perhitungan Tulangan Pelat	21
4.4.2.1 Penulangan Sebelum Komposit	23
4.4.2.2 Penulangan Akibat Pengangkatan	25
4.4.2.3 Penulangan Sesudah Komposit	27
4.4.2.4 Penulangan Pelat yang Terpasang	28
4.4.2.5 Penulangan Stud Pelat Lantai	29



4.4.3 Kontrol Retak	31
4.4.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat	32
4.4.5 Perhitungan Tulangan Angkat	32
4.4.6 Kontrol Tegangan Pelat	36
4.5 Perencanaan Tangga	39
4.5.1 Pembebanan Tangga	40
4.5.2 Perhitungan Momen	41
4.5.3 Penulangan Tangga	42
4.5.3.1 Penulangan Pelat Anak Tangga	42
4.5.3.2 Penulangan Bordes	43
4.5.3.3 Penulangan Bagi	44
4.6 Perencanaan Balok Anak	44
4.6.1 Perhitungan Momen dan Geser	45
4.6.2 Perhitungan Beban Terbagi Rata	45
4.6.3 Perhitungan Momen	46
4.6.4 Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit	46
4.6.5 Perhitungan Tulangan Sesudah Komposit	47
4.6.7 Pengangkatan Elemen Balok Anak	50
4.6.8 Kontrol Guling	53
4.6.9 Kontrol Lendutan	54
4.6.10 Kontrol Retak	55
4.6.11 Penulangan Stud Balok Anak	57
4.6.12 Panjang Penyaluran Balok Anak	60

BAB V ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 Umum	61
5.2 Data-Data Perencanaan	61
5.3 Perhitungan Pembebanan Vertikal pada Gedung	62
5.4 Perhitungan Gaya Horisontal pada Gedung	62
5.4.1 Perhitungan Berat Total Gedung	62
5.4.2 Perhitungan Gaya Geser Dasar	65

5.4.3 Perhitungan Gaya Geser Tiap Lantai	67
5.4.4 Perhitungan Analisa Gempa Dinamis	68
5.4.5 Perhitungan Beban Akibat Angin	72
5.4.6 Pemodelan Struktur	74
5.5 Kombinasi Pembebanan	76
5.6 Kontrol Periode (T) Getar Alami Struktur	77
5.7 Kontrol Gaya Gempa Dinamis	79
5.7.1 Kontrol Partisipasi Massa pada Gempa Dinamis	79
5.7.2 Kontrol Gaya Geser Dasar	80
5.8 Kontrol Drift Antar Tingkat	80
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA	
6.1 Umum	82
6.2 Perencanaan Balok Induk	82
6.2.1 Pengangkatan dan Penumpukan Elemen Balok	82
6.2.1.1 Pengangkatan Elemen Balok	82
6.2.1.2 penumpukan Elemen Balok	86
6.2.2 Penulangan Balok NLFRS	87
6.2.2.1 Penulangan Lentur Sebelum Komposit	87
6.2.2.2 Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan	90
6.2.2.3 Penulangan Lentur Setelah Komposit	91
6.2.2.4 Penulangan Geser dan Torsi	94
6.2.2.5 Penulangan Stud Balok Induk	96
6.2.2.6 Panjang Penyaluran	100
6.2.2.7 Kontrol Lendutan	101
6.2.2.8 Kontrol Retak	102
6.2.2.9 Kontrol Guling	102
6.2.2.10 Kontrol Tegangan Balok Induk	104
6.3 Perencanaan Kolom	108
6.3.1 Umum	108
6.3.2 Dasar Teori	108

6.3.3 Panjang Tekuk Kolom	108
6.3.4 Pembatasan Penulangan Kolom	109
6.3.5 Kolom Pendek	109
6.3.6 Kolom Panjang	110
6.3.7 Faktor Pembesaran Momen untuk Kolom Panjang	110
6.3.8 Penulangan Lentur Kolom	112
6.3.9 Kontrol dengan Bresler Reciprocal Method	116
6.3.10 Penulangan Geser dan Torsi Kolom	118
6.3.11 Pengangkatan Elemen Kolom	119
6.4 Perencanaan Dinding Geser	122
6.4.1 Umum	122
6.4.2 Kuat Beban Aksial Rancang	122
6.4.3 Perencanaan Geser	122
6.4.3.1 Ketentuan Perencanaan Dinding Geser	123
6.4.3.2 Ketentuan Perencanaan untuk Struktur dengan Tingkat Daktilitas 2	124
6.4.4 Data-Data Perencanaan	125
6.4.5 Dasar-Dasar Perencanaan	125
6.4.6 Perhitungan Penulangan Dinding Geser	126
6.4.6.1 Kontrol Komponen Pembatas	126
6.4.6.2 Cek Kekuatan Shearwall	129
6.4.6.3 Penulangan Lentur pada Shearwall	129
6.4.6.4 Penulangan Geser Horisontal (Av)	130
6.4.6.5 Penulangan Geser Vertikal (Ah)	132
6.4.6.6 Penulangan pada Tumpuan Tangga	132
BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN	
7.1 Umum	136
7.2 Kreteria Perencanaan Sambungan	137
7.2.1 Kekuatan	137
7.2.2 Daktilitas	137

7.2.3 Perubahan Volume	137
7.2.4 Daya Tahan	138
7.2.5 Ketahanan Terhadap Kebakaran	138
7.2.6 Kesederhanaan Sambungan	138
7.2.7 Kesederhanaan Pemasangan	138
7.3 Konsep Desain Sambungan	139
7.3.1 Mekanisme Pemindahan Beban	139
7.3.2 Pola-Pola Kehancuran	140
7.3.3 Stabilitas dan keseimbangan	141
7.3.4 Klasifikasi Sistem Pracetak dan Sambungannya	142
7.4 Pertimbangan-Pertimbangan Perancangan	142
7.5 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Kolom	145
7.5.1 Perencanaan Konsol pada Kolom	145
7.5.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing	148
7.6 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak	152
7.6.1 Perencanaan Konsol pada Balok Induk	152
7.7 Perencanaan Sambungan Antar Kolom Pracetak	159
7.7.1 Menentukan Panjang Penyaluran Kolom	159
7.7.2 Menentukan Tebal Las	160
7.8 Perencanaan Column Base Plate	162
7.8.1 Pada Saat Pemasangan Kolom Sebelum Digrouting di Bawah Base Plate	162
7.8.2 Pada Saat Service (Pemakaian)	165
7.8.3 Menentukan Jumlah Baut	162

BAB VIII PERENCANAAN PONDASI

8.1 Umum	168
8.2 Data Tanah	168
8.3 Perencanaan Tiang Pancang	169
8.4 Perhitungan Tiang Pancang pada Kolom	173
8.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	173

8.4.1 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang dan Dimensi Poer	174
8.4.3 Beban Maksimum Tiang	175
8.4.4 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral	176
8.5 Perencanaan Poer (pile Cap)	177
8.5.1 Data-Data Perencanaan Poer	177
8.5.2 Kontrol Geser Pons pada Poer	177
8.5.3 Penulangan Poer	179
8.6 Perhitungan Tiang Pancang pada Shearwall	183
8.6.1 Rencan Jumlah Tiang dan Dimensi Poer	183
8.6.2 Beban Maksimum Tiang	184
8.6.3 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral	185
8.7 Perencanaan Sloof (tie beam)	186
8.7.1 Data-Data Perencanaan	186
8.7.2 Dimensi Sloof	186
8.7.3 Penulangan Sloof	187

BAB IX PELAKSANAAN

9.1 Umum	189
9.2 Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	190
9.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane	190
9.4 Poses Pemasangan Elemen Beton Pracetak	192
9.5 Transportasi Elemen Beton Pracetak	195

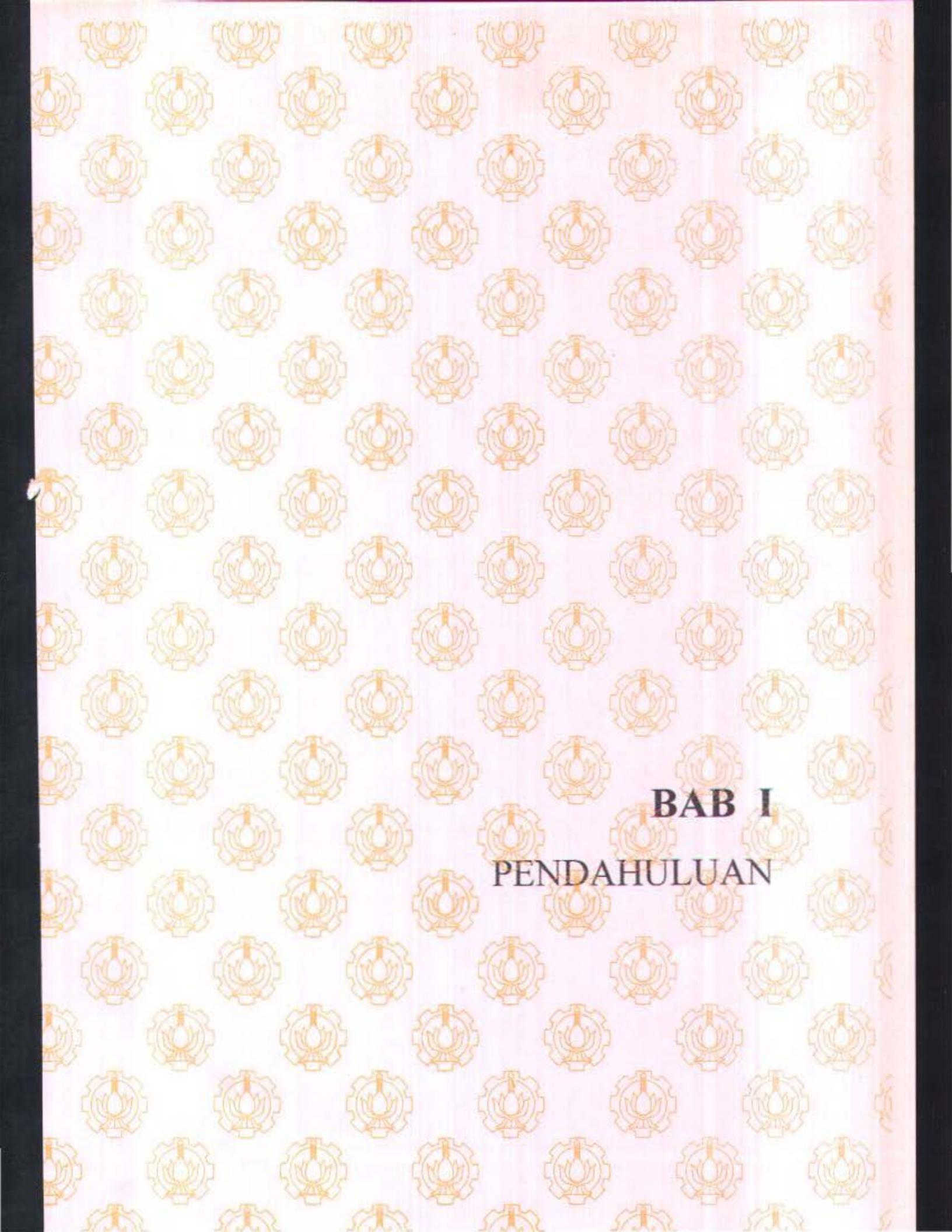
BAB X PENUTUP

10.1 Kesimpulan	198
10.2 Saran	199

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR PERENCANAAN



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pracetak sebagai metode konstruksi dan material konstruksi mulai banyak digunakan. Hal ini dikarenakan beberapa keuntungan yang ada seperti kecepatan dan kemudahan dalam pelaksanaan serta kontrol kualitas yang lebih terjamin. Untuk konstruksi yang akan dibangun dalam waktu yang relatif singkat, maka pracetak merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat digunakan untuk penyelesaiannya.

Pracetak bukan lagi sebagai sesuatu hal yang sulit untuk dilaksanakan. Hal ini dimungkinkan karena jenis dan kemampuan peralatan konstruksi , seperti sarana transportasi dan alat-alat berat sebagai pendukung mobilisasi mengalami perkembangan yang pesat untuk mendukung pelaksanaan konstruksi.

Pembuatan pracetak bisa dilakukan di lapangan ataupun dipabrik. Disamping itu, pracetak mempunyai standar model-model struktural yang ada seperti double tee, single tee, channel slab, flat slab dan lain sebagainya dengan ukuran tertentu.

Pada tugas akhir ini akan digunakan gedung perpustakaan universitas pembangunan nasional veteran jawa timur (tahap 1) sebagai model yang mana pada bangunan aslinya direncanakan dengan metode cor setempat , dilatarbelakangi beberapa alasan yaitu fungsi gedung sebagai sarana pelayanan pendidikan sehingga sangat dibutuhkan waktu penggeraan yang cepat, kemudian ditinjau dari segi struktural gedung ini memiliki bentuk ruangan yang typical sehingga banyak komponen yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama dimana hal ini akan sangat cocok untuk dikerjakan secara massal di pabrik ataupun dilapangan dan pada akhirnya akan mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi. atau sama sehingga akan cukup beralasan diterapkannya metode pracetak.

1.2 TUJUAN

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan ulang struktur gedung perpustakaan universitas pembangunan nasional veteran jawa timur (tahap 1) dengan menggunakan beton pracetak, memakai *building frames system*.

1.3 LINGKUP PERMASALAHAN

Perencanaan struktur yang menggunakan sistem beton pracetak perlu diperhatikan struktur penahan beban gravitasinya maupun beban lateral serta detailing sambungannya, agar dapat berprilaku monolit dan berprilaku sesuai dengan *building frame system*. Demikian pula halnya dengan masalah produksi, pengangkutan, pengangkatan dan pemasangan diperlukan pertimbangan ekonomi dalam perencanaan untuk elemen-elemen pracetak. Dengan mempertimbangkan hal diatas maka akan didapatkan sistem yang tepat dan efisien.

1.4 BATASAN MASALAH

Dalam perencanaan gedung perpustakaan universitas pembangunan nasional veteran jawa timur (tahap 1) ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

1. Elemen struktur yang meliputi kolom, balok induk, balok anak dan pelat direncanakan dengan beton pracetak. Sedangkan untuk tangga, overtopping dan shearwall direncanakan cor setempat.
2. Pada perencanaan ini tidak melakukan analisa dari segi biaya , serta tidak membahas kecepatan pelaksanaan konstruksi menggunakan metode pracetak dibandingkan dengan metode cor setempat.
3. Tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi dilapangan namun akan dibahas detail penulangan dari elemen.

1.5 TINJAUAN PUSTAKA

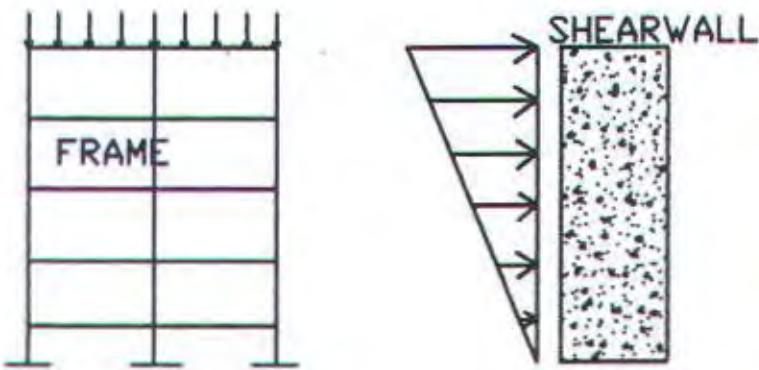
Pengertian pracetak atau precast disebutkan dalam beberapa sumber antara lain :

1. Menurut Plant Cast Precast and Prestressed Concrete (A Design Guide), menyebutkan beton pracetak (precast concrete) adalah beton yang dicetak dibeberapa lokasi (baik dilingkungan proyek maupun dipabrik) yang pada

akhirnya dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga rangkaian elemen demi elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu struktur.

2. Dalam SKSNI T-15-1991-03 (psl 3.9.1) disebutkan beton pracetak adalah komponen beton yang dicor di tempat yang bukan merupakan posisi akhir di dalam suatu struktur.

Pada perencanaan gedung perpustakaan universitas pembangunan nasional veteran jawa timur (tahap 1) ini akan dipakai tipe pemodelan struktur sebagai *building frames system*. Building Frame system yang seperti pengertiannya disebutkan dalam Peraturan UBC 1997 (Uniform Building System) pasal 1629.6.3 yaitu system struktur yang pada dasarnya memanfaatkan space frame untuk menjadi penahan beban gravitasi sedangkan penahan terhadap gaya lateral dilakukan oleh shear wall atau braced frames.



Gambar 1.1 Building Frame System

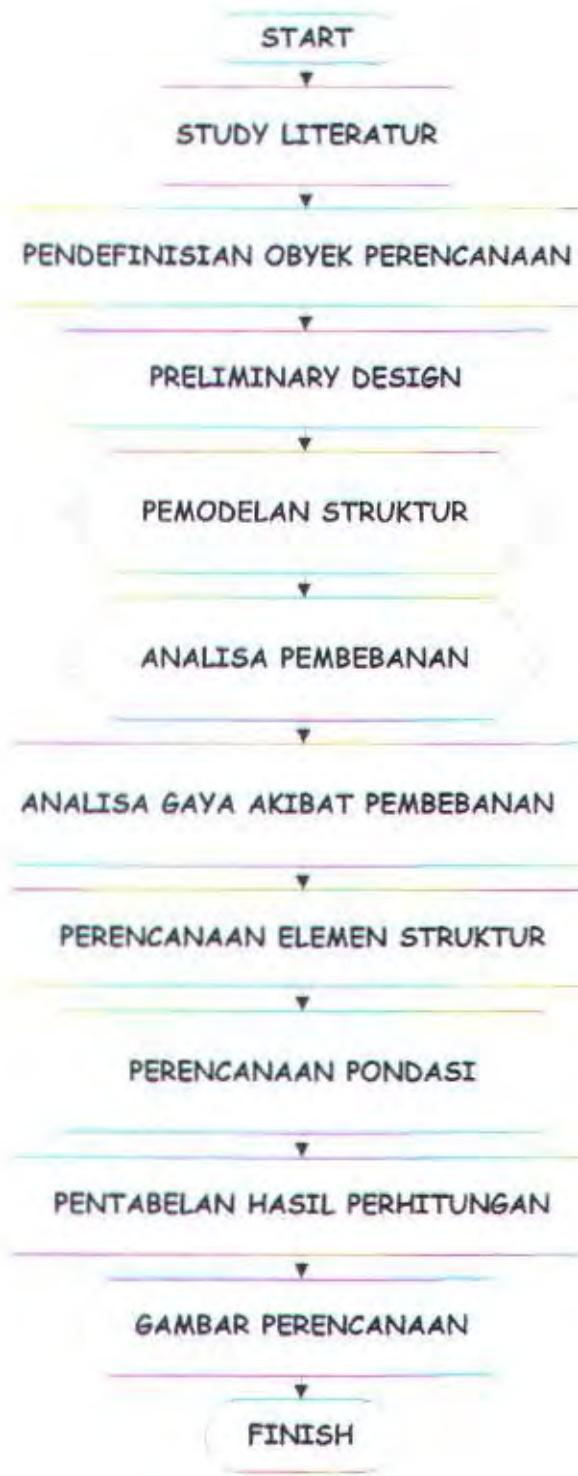
1.6 METODOLOGI

Metode atau langkah-langkah yang akan digunakan dalam merencanakan struktur gedung perpustakaan universitas pembangunan nasional veteran jawa timur (tahap 1) ini adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan perencanaan.

2. Pendefinisian obyek perencanaan yaitu penentuan gedung sebagai obyek perencanaan, peruntukan gedung dan lokasi dibangunnya gedung yang dipakai untuk menetukan zona gempa lokasi bangunan.
3. Preliminary design yang mencakup perkiraan dimensi elemen struktur.
4. Analisa pembebanan meliputi :
 1. Besarnya beban hidup dan beban mati sesuai dengan ketentuan PPIUG 1983
 2. Besarnya beban angin dan beban gempa sesuai dengan ketentuan UBC 1997
 3. Kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan UBC 1997 section 1612.2.1 dan section 1909.2.1
5. Pemodelan struktur meliputi :
 1. Struktur utama dimodelkan sebagai *building frame system*, dimana gaya gravitasi ditahan oleh space frame dan beban lateral ditahan oleh shearwall dengan perletakan dasar jepit.
 2. Lantai dimodelkan sebagai diafragma yang kaku dengan tumpuan terjepit elastis dengan balok.
 3. Tangga dimodelkan sebagai frame 2 dimensi dengan perletakan jepit dan rol pada bagian bordes.
6. Analisa gaya – gaya dalam akibat pembebanan yang terjadi pada struktur :
 1. Untuk analisa struktur utama dipakai bantuan software SAP2000
 2. Untuk analisa elemen tangga dipakai bantuan software SAP2000
 3. Untuk analisa struktur sekunder (pelat dan balok anak) dipakai tabel koefisien pada PBI 1971
7. Detail elemen struktur:
 1. Detail penulangan sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03
 2. Tipe sambungan sesuai dengan PCI Design Handbook Precast and Prestressed concrete, fourth edition.
8. Perhitungan pondasi dari struktur gedung.
9. Hasil perhitungan dibuat dalam bentuk tabel.
10. Bentuk struktur serta hasil perhitungannya akan dituangkan dalam bentuk gambar.

Diagram alir metode perencanaan :



BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR – DASAR PERENCANAAN

2.1 UMUM

Perencanaan struktur bangunan aslinya dari gedung perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini adalah dengan sistem beton konvensional (beton bertulang biasa) dan sepuluh buah balok saja yang memakai balok prestress . Pada Tugas Akhir ini akan dicoba untuk memodifikasi perencanaan struktur bangunan aslinya dengan metode pracetak yaitu pada elemen balok, kolom dan pelat. Sedangkan untuk shearwall, ramp, serta balok dan kolom yang berhubungan langsung dengan ramp tetap direncanakan dengan metode cor setempat. Atap bangunan aslinya yang memakai rangka atap baja dimodifikasi menjadi struktur atap beton.

Adapun data-data yang akan digunakan untuk perencanaan adalah data-data bangunan aslinya yang meliputi gambar denah, gambar bestek struktur, data tanah , data alat berat yang digunakan dan data-data teknik lain yang langsung diperoleh dari pengamatan di lapangan.

Dalam perencanaan ini gedung diasumsikan berprilaku sebagai building frame system yaitu sistem struktur yang pada dasarnya memanfaatkan space frame sebagai penahan beban gravitasi sedangkan sebagai penahan gaya lateral dilakukan oleh shearwall.

2.2 DATA-DATA BANGUNAN

Data-data bangunan meliputi:

1. Nama : Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur
2. Lokasi : UPN Veteran Jawa Timur.
3. Tinggi: 36 m
4. Jumlah Lantai : 9 lantai ditambah atap
5. Bahan Struktur : Beton bertulang

6. Pemilik Proyek : Universitas Pembangunan Nasional
7. Kontraktor : PT. Pembangunan Perumahan

2.3 DATA TANAH

Untuk mengetahui jenis tanah & daya dukung tanah pada setiap kedalaman akan digunakan data dari test dilapangan berupa data SPT. Data SPT ini juga akan digunakan untuk perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan.

2.4 PEMBEBANAN

2.4.1 Definisi Beban

Pembebanan yang dimaksud dalam pembahasan berikut adalah beban-beban yang diperkirakan akan bekerja pada struktur **Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur**. Adapun jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perancangan gedung ini meliputi :

1. Beban Mati (PPI 1983 Bab I pasal 1 ayat 1)

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

2. Beban Hidup (PPI 1983 Bab I pasal 1 ayat 1)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpisah,mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.Untuk beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut tabel 3.1 PPI 1983 dimana kedalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m.

3. Beban Angin

Sesuai dengan UBC 1997 Division III Wind Design, tabel 16F
untuk basic wind speed = 70 mph

$$\begin{aligned} q &= 12.6 \times 0.0479 \text{ KN/m}^2 \\ &= 0.60354 \text{ KN/m}^2 \\ &= 603,54 \text{ N/m}^2 \\ &= 61.52 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.Beban Gempa

Sesuai dengan UBC 1997 Division IV Earthquake Design

$$\text{gaya geser lateral dasar , } V = \frac{C_w J.W}{R.T}$$

2.5 ASUMSI DAN METODE ANALISA

2.5.1 Asumsi

- Untuk pelat dipakai pelat biasa & lantai dimodelkan sebagai diafragma yang kaku dengan tumpuan terjepit elastis dengan balok.
- Struktur tangga dihitung sebagai frame 2 dimensi dengan perletakan sendi dan perletakan rol pada bagian bordes sehingga struktur ini tidak akan mempengaruhi prilaku struktur utama.
- Perletakan kolom & shearwall dasar diasumsikan sebagai perletakan jepit.
- Sesuai dengan Building Frame System , bahwa space frame diperuntukkan sebagai penahan gaya gravitasi sedangkan shearwall diperuntukkan sebagai penahan gaya lateral.

2.5.2 Metoda Analisa

- Analisa gaya dalam elemen tangga memakai bantuan software SAP2000
- Analisa gaya dalam struktur utama memakai bantuan software SAP2000

BAB III

PENGANTAR BETON PRACETAK

BAB III

PENGANTAR BETON PRACETAK

3.1 DEFINISI BETON PRACETAK

1. SKSNI 1991 pasal 3.9.1 mendefinisikan beton pracetak sebagai komponen beton yang dicor di tempat yang bukan merupakan posisi akhir dalam suatu struktur.
2. **Plant Cast Precast and Prestressed Concrete (A Desain Guide)** mendefinisikan beton pracetak sebagai beton yang dicetak di beberapa lokasi (baik di lingkungan proyek maupun di pabrik-pabrik) yang pada akhirnya dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga rangkaian elemen demi elemen beton precetak menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu struktur.

3.2 INDUSTRI BETON PRACETAK

3.2.1 Pabrikasi yang bersifat sementara :

1. Luas areal proyek cukup luas sehingga terdapat cukup tempat untuk membuat maupun menyimpan bahan-bahan baku dan elemen-elemen pracetak yang sudah jadi untuk menunggu gilirannya dipasangkan pada struktur.
2. Lingkungan mendukung untuk pergerakan transportasi dari komponen pracetak yaitu berkaitan dengan pengaturan letak tower crane , tempat penyimpanan elemen pracetak dan tempat dipasangkannya elemen pracetak pada struktur sehingga pelaksanaannya berjalan dengan lancar.
3. Tempat dan proses pabrikasi akan berakhir seiring dengan berakhirnya proyek

3.2.2 Pabrikasi yang bersifat permanen :

1. Pabriknya membutuhkan areal yang luas, karena produksi akan dilakukan secara masal & tentunya didukung dengan lokasi sumber bahan baku yang relatif dekat dengan lokasi proyek.

2. Proses berlangsungnya pabrikasi juga diharapkan tidak mengganggu dan tidak menimbulkan polusi pada lingkungan sekitarnya.
3. Sarana jalannya juga diharapkan mendukung pergerakan dari bahan baku, elemen pracetak yang sudah jadi, serta truk dan kendaraan berat lainnya baik masuk maupun keluar dari elemen proyek.

3.3 TRANSPORTASI KOMPONEN PRACETAK

Hal-hal yang harus diperhatikan :

1. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk membawa elemen pracetak dari lokasi pabrikasi sampai dengan lokasi proyek , hal ini dipakai untuk merencanakan waktu pengiriman elemen pracetak dari lokasi pabrikasi dan waktu penerimaan dari elemen pracetak di lokasi proyek.Sehingga pemasangan elemen pracetak berjalan sesuai dengan time schedule.
2. Adanya alternatif jalan lain yang harus dilewati seandainya pada alternatif jalan yang seharusnya dilewati terjadi hambatan .
3. Daya tampung gudang di lokasi proyek yaitu agar elemen pracetak yang harus dipasang sesuai dengan rencana selalu tersedia.
4. Kemampuan tower crane dalam mengangkat elemen pracetak.
5. Kejelian dalam pemberian tanda pada elemen pracetak dan pada lokasi dimana elemen pracetak akan ditempatkan sehingga sekecil mungkin dihindari kesalahan pengangkatan elemen pracetak yang seharusnya diangkat sesuai dengan lokasinya pada struktur.

3.4 PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

3.4.1 Site Plan

Dengan site plan diperoleh hal-hal berikut :

- 1.Tempat penempatan tower crane
- 2.Tempat penumpukan elemen pracetak sehingga dijangkau oleh tower crane
- 3.Perencanaan jalan proyek

3.4.2 Peralatan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

1. Jumlah tower crane agar agar berfungsi semaksimal mungkin.

2. Berapa diameter perputaran tower crane.
3. Berapa kapasitas angkat maksimal tower crane.
4. Peralatan pembantu yang diperlukan.

3.4.3 Siklus Pemasangan Elemen Pracetak

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

3.4.4 Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja secara keseluruhan yang diperlukan untuk penyelesaian struktur bangunan yang memakai elemen pracetak tentu saja lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk penyelesaian struktur bangunan yang memakai sistem cor setempat biasa , akan tetapi pada pemasangan elemen pracetak diperlukan pengawasan yang lebih ketat.

3.5 BEBERAPA TYPE ELEMEN PRACETAK

3.5.1 Pelat (precast slab)

1.Pelat Pracetak Berlubang (Hollow Core Slab)

Pelat jenis ini biasanya memakai kabel pratekan .Kelebihan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan , durabilitas tinggi dan ketahanan terhadap api tinggi.

2.Pelat Pracetak Tanpa Berlubang (Non Hollow Core Slab)

Kelebihan dari pelat jenis ini adalah ketebalan pelatnya lebih tipis dan tidak banyak makan tempat penumpukan.

Jenis pelat yang dipakai adalah pelat pracetak tanpa berlubang

3.5.2 Balok (Beam)

1.Balok Berpenampang Bentuk Persegi (Rectangular Beams)

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

2.Balok Berpenampang Bentuk U (U - Shell Beams)

Kelebihan dari balok jenis ini adalah lebih ringan , dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang dan penyambungan pada joint lebih monolit.

Jenis balok yang dipakai adalah balok berpenampang bentuk persegi.

3.5.3 Kolom

Kolom yang dipakai adalah kolom berpenampang persegi.

3.6 KEUNTUNGAN BETON PRACETAK

1.Ketebalan elemen kecil (shallow construction depth)

Dengan perencanaan yang baik dan kontrol yang baik akan diperoleh dimensi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan elemen cor setempat untuk ukuran kekuatan elemen yang sama.

Dengan dimensi elemen yang lebih kecil, dari segi struktur bisa meringankan berat struktur secara keseluruhan sehingga akan memperkecil beban gempa yang harus dipikul struktur.

2.Daya dukung beban tinggi (high load capacity)

Memiliki kekuatan yang lebih tinggi guna menerima beban yang cukup berat jika dibandingkan dengan elemen cor setempat dengan dimensi elemen yang sama.

3.Keawetan (durability)

Dengan perencanaan yang baik akan dapat dicapai ukuran penampang yang lebih kecil sehingga memiliki kepadatan dan kekédapan air yang lebih tinggi sehingga lebih tahan terhadap korosi ,cuaca dan kerusakan – kerusakan lain , khususnya kerusakan yang tergantung waktu.

4.Bentang panjang (long span)

Dengan perencanaan yang baik akan dapat dibuat bentang yang lebih panjang bentang jika dibandingkan dengan elemen cor setempat dengan ukuran penampang yang sama sehingga lebih leluasa untuk desain interior gedung.

5.Fleksibel untuk dikembangkan (flexibility for expansion)

Beton pracetak dapat diproduksi untuk penyediaan fasilitas atau vertikal dan horizontal secara lebih mudah. Misalnya untuk listrik , untuk saluran air kotor dan lain sebagainya.

6.Sedikit perawatan (low maintenance)

Sebab memiliki kepadatan yang lebih tinggi sehingga lebih tahan terhadap keropos dan korosi.

7.Penyediaannya mudah (ready availability)

Terutama untuk produksi massal disesuaikan dengan scedul pemasangan selama pemesanan masih dibawah kapasitas produksi maksimum.

8.Ekonomis (economy)

Yaitu dapat menghemat material yang digunakan karena dengan perencanaan yang baik akan dapat dihasilkan luasan penampang yang lebih kecil. Diperlukan tenaga yang lebih sedikit karena sebagian pekerjaan telah dilakukan dipabrik yaitu elemennya sudah dicetak dipabrik, sehingga tidak diperlukan lagi tenaga untuk pembuatan bekisting diproyek. Dan hal ini juga tentu saja dapat menghemat waktu penyelesaian pekerjaan.

9.Kontrol kualitas (quality control)

Karena produksinya di pabrik tentu saja kontrol kualitasnya lebih mudah dilakukan. Dalam pelaksanaan kontrol kualitas merupakan program utama untuk standar tinggi dari pabrikasi.

10.Transmisi Kegaduhan Rendah (Low Noise Transmission)

Dikarenakan elemen sudah dikerjakan di pabrik , di lokasi tinggal dipasang.

11.Kontrol dari creep dan shrinkage (control of creep and shrinkage)

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

12.Kecepatan konstruksi (speed of construction)

Hal ini karena sebagian pekerjaan dapat atau telah dilakukan di pabrik.

3.7 APLIKASI SISTEM PRACETAK PADA GEDUNG

Jenis-jenis elemen pracetak yang dipakai adalah sistem pabrikasi serta sistem sambungannya adalah sebagai berikut :

- 1.Pelat pracetak yang dipakai adalah pelat pracetak tidak berlubang
- 2.Kolom pracetak yang dipakai berpenampang persegi.

- 3.Sambungan yang dipakai adalah sambungan basah (cor setempat) atau sambungan kering(dengan pengelasan), disesuaikan dengan keperluan.
- 4.Pabrikasi elemen pracetak diasumsikan dibuat dilokasi lain yang terletak tidak terlalu jauh dari lokasi proyek.

BAB IV
PERENCANAAN
STRUKTUR SEKUNDER

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 PRELIMINARY DESIGN

Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan , namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebahan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung , ataupun tegangan akibat perubahan bentuk dari struktur primer.Bagian ini meliputi pelat dan tangga. Sebelum menentukan dimensi pelat , perlu diadakan preliminary design untuk menentukan besarnya pembebahan pada pelat.

4.1.1 Dimensi Balok Induk

Sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 –03 pasal 3.2.5 tabel 3.2.5(a)

- Dimensi Balok Arah Memanjang :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times l.b \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 500 \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right) = 26.79 \text{ cm}$$

.....pakai... $h = 70 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3} \times 50 = 33.33 \text{ cm} \dots\dots \text{pakai } b = 35 \text{ cm}$$

- Dimensi balok Arah Melintang :

Juga dipakai $b = 35 \text{ cm}$

$h = 70 \text{ cm}$

- Dimensi kolom $80 \times 80 \text{ cm}$

- Dimensi Balok Anak :

$b = 30 \text{ cm}$

$h = 40 \text{ cm}$

- Dimensi Balok Luar:

$b = 20 \text{ cm}$

$h = 30 \text{ cm}$

4.2 Pemodelan Dan Analisa Struktur Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 13 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 8 cm dan pelat cor setempat dengan tebal 5 cm. Peraturan yang digunakan sebagai patokan menentukan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Peraturan Pembebaan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983). Desain pelat direncanakan pada dua keadaan yaitu:

1. Sebelum Komposit, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas.

2. Sesudah Komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis.

Permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja.

Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

4.3 Perencanaan Pembebaan Pelat

Besarnya beban yang bekerja sesuai dengan PPIUG 1983

4.3.1 Pembebaan Pelat Lantai

Sebelum Komposit

Untuk mengantisipasi adanya penumpukan saat pengecoran topping maka tebal topping dalam perhitungan beban perlu diadakan penambahan ketebalan topping sebesar 0.02 m, sehingga dalam perhitungan ketebalan topping menjadi 0.07 m (dalam perhitungan beban saja).

1. Beban Mati (DL)

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

$$\text{Berat topping} = 0.07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2 \dots\dots\dots (a)$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Berat kerja} = 200 \text{ kg/m}^2 \quad \dots \dots \dots (\text{b})$$

Dalam pembebaan sebelum komposit akan diperhitungkan dua keadaan yaitu:

1. Berat orang yang bekerja dan peralatannya pada saat pemasangan pelat pracetak ataupun saat pengecoran topping dianggap sebagai beban kerja (b), berat topping(a) belum bekerja.
2. Topping telah terpasang tapi belum berkomposit dengan pelat pracetak, sehingga yang terjadi hanya beban topping (a).

Pada dua keadaan ini dicari nilai yang paling kritis.

Setelah Komposit

1.Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0.13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond + Penggantung} = 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ubin (} t = 2 \text{ cm }) = 0.02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (} t = 2 \text{ cm }) = 0.02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting AC + pipa} = 10 \text{ kg/m}^2 = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\overline{\text{DL}} = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$2.\text{Beban Hidup (LL)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

4.3.2. Pembebaan Pelat Atap**Sebelum Komposit**

1.Beban Mati (DL)

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

$$\text{Pelat Topping : } 0.07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

2.Beban Hidup (LL)

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

Setelah Komposit

1.Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri : } 0.13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (} t = 1 \text{ cm }) : 0.01 \times 1400 = 14 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (} t = 2 \text{ cm }) : 0.02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting AC + pipa : } = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond + Penggantung : } 11+7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 396 \text{ kg/m}^2$$

2.Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup Untuk Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

4.3.3.Kombinasi Pembebaan

Kombinasi pembebaan yang digunakan berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 psl

3.2.2

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

1. Beban Kombinasi Pelat Lantai

- Beban Kombinasi Sebelum Komposit

$$Qu_1 = 1.2(192) + 1.6(200) = 550.40 \text{ kg/m}^2 \dots \dots \text{ keadaan 1, ada beban kerja.}$$

$$Qu_1^* = 1.2(192+168) + 1.6(0) = 374.4 \text{ kg/m}^2 \dots \dots \text{ keadaan 2, topping telah terpasang.}$$

- Beban Kombinasi Setelah Komposit

$$Qu_2 = 1.2(430) + 1.6(250) = 916 \text{ kg/m}^2$$

2.Beban Kombinasi Pelat Atap

- Beban Kombinasi Sebelum Komposit

$$Qu_3 = 1.2(192) + 1.6(200) = 550.40 \text{ kg/m}^2 \dots \dots \text{ keadaan 1, ada beban kerja}$$

$$Qu_3^* = 1.2(192 - 168) + 1.6(0) = 374.40 \text{ kg/m}^2 \dots \dots \text{ keadaan 2, topping telah terpasang.}$$

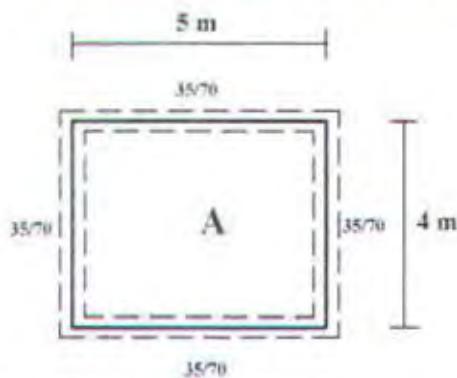
- Beban Kombinasi Setelah Komposit

$$Qu_4 = 1.2(396) + 1.6(100) = 635.2 \text{ kg/m}^2$$

4.4 Perencanaan Pelat

Sebagai contoh dilakukan pada pelat type A . Sesuai dengan tabel 3.2.5 (a) SKSNI T-15-1991-03 , tebal minimum balok nonpratekan atau pelat satu arah bila

lendutan tidak dihitung dimana komponen tidak mendukung atau menyatu dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar.



Gambar 4.1 Pelat type A

4.4.1 Penentuan Tebal Pelat

$$L_n = 500 - \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2} \right) = 465 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 - \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2} \right) = 365 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{465}{365} = 1.274 \quad \text{pelat dua arah}$$

- Kontrol tebal pelat

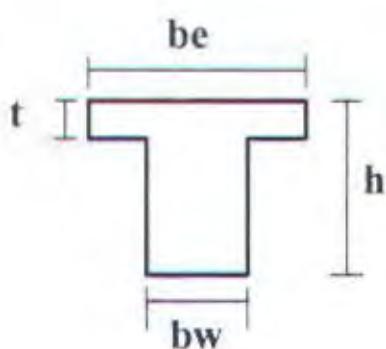
Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 psl.3.2.5 btr 3 :

Untuk balok memanjang

$$t = 13 \text{ cm}$$

$$bw = 35 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$



Gambar 4.2 Penampang balok memanjang

$$bel \leq \frac{1}{4}L = \frac{1}{4}500 = 125\text{cm}$$

$$be2 \leq bw + 16t = 35 + (16 \times 3) = 243\text{cm}$$

$$be3_a \leq \frac{1}{2}(365 + 267.5) = 317.5\text{cm}$$

$$be3_b \leq \frac{1}{2}(365 + 365) = 365\text{cm}$$

..... jadi $be = 125\text{cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{125}{35} - 1\right)\left(\frac{13}{70}\right) \left[4 - 6\left(\frac{13}{70}\right) + 4\left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{125}{35} - 1\right)\left(\frac{13}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{125}{35} - 1\right)\left(\frac{13}{70}\right)} = 1.69$$

$$Ib = 1.69 \times 35 \times \left(\frac{70^3}{12}\right) = 1064700\text{cm}^4$$

$$Is = 500 \times \frac{13^3}{12} = 91541.67\text{cm}^4$$

$$\alpha = \frac{Ib}{Is} = 11.63$$

Untuk balok melintang

$$t = 13\text{ cm}$$

$$bw = 35\text{ cm}$$

$$h = 70\text{ cm}$$

$$bel \leq \frac{1}{4}L = \frac{1}{4}400 = 100\text{cm}$$

$$be2 \leq bw + 16t = 35 + (16 \times 3) = 243\text{cm}$$

$$be3_a \leq \frac{1}{2}(465 + 317.5) = 391.25\text{cm}$$

$$be3_b \leq \frac{1}{2}(465 + 565) = 515\text{cm}$$

..... jadi $be = 100\text{cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{100}{35} - 1 \right) \left(\frac{13}{70} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{13}{70} \right) + 4 \left(\frac{13}{70} \right)^2 + \left(\frac{100}{35} - 1 \right) \left(\frac{13}{70} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{100}{35} - 1 \right) \left(\frac{13}{70} \right)} = 1.545$$

$$I_b = 1.545 \times 35 \times \left(\frac{70^3}{12} \right) = 1064700 \text{ cm}^4$$

$$I_s = 400 \times \frac{13^3}{12} = 73233.33 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 14.53$$

$$\text{Sehingga } \alpha_m = \frac{1}{4} (14.53 + 14.53 + 11.63 + 11.63) = 13.08$$

- Tidak boleh kurang dari :

$$h1_{\min} = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0.12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + 5 \times 1.274 \left[13.08 - 0.12 \left(1 + \frac{1}{1.274} \right) \right]} = 5.25 \text{ cm}$$

- Tidak boleh kurang dari :

$$h2_{\min} = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + 9 \times 1.274} = 9.93 \text{ cm}$$

- Tidak perlu lebih dari :

$$h3_{\max} = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} = 13.09 \text{ cm}$$

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

9 cm untuk $\alpha_m \geq 2$

Jadi tebal pelat 13 cm telah memenuhi syarat.

4.4.2 Perhitungan Tulangan Pelat

Seperti pembahasan diatas, perhitungan penulangan akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua penulangan sesudah komposit. Untuk kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan,

yang tentu saja memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan diatas, tulangan pelat mempergunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Pada tugas akhir ini akan dicontohkan penulangan pada pelat lantai.

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

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u

2. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \text{SKSNI - T - 15 - 1991 - 03...psl3.14butir3}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b \dots \text{SKSNI - T - 15 - 1991 - 03...psl3.3butir3}$$

$$\rho_{\min} = 0.002 \dots \text{SKSNI - T - 15 - 1991 - 03...psl3.16.12butir2(1)(a)}$$

3. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

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

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

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

Data-data perencanaan untuk penulangan pelat :

- Dimensi Pelat (5.0 x 4.0)
- Tebal Pelat (pracetak + topping cor setempat) 130 mm
- Tebal decking 20 mm
- Diameter tulangan rencana 12 mm
- Mutu Tulangan $f_y = 320$ MPa
- Mutu Beton $f'_c = 30$ MPa
- Untuk Sebelum Komposit :
 - $d_x = 80 - 20 - 0.5(12) = 54$ mm
 - $d_y = 80 - 20 - 12 - 0.5(12) = 42$ mm
- Untuk Sesudah Komposit :
 - $d_x = 130 - 20 - 0.5(12) = 104$ mm
 - $d_y = 130 - 20 - 12 - 0.5(12) = 92$ mm

- $\beta_1 = 0.85$ untuk f_c' hingga 30 Mpa (SKSNI T-15-1991-03 3.3.2-7)



Gambar 4.3 Potongan Pelat

4.4.2.1 Penulangan Sebelum Komposit

$$Q_{\text{ultimate}} = 550.4 \text{ kg/m}^2$$

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

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

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

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

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{500}{400} = 1.25$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen

- $M_{lx} = 0.001 q (Lx)^2 c_x$... dengan nilai $c_x = 66$
- $M_{ly} = 0.001 q (Lx)^2 c_x$... dengan nilai $c_x = 44$

Sehingga :

$$M_{lx} = 0.001 \times 550.4 \times 3.65^2 \times 66 = 483.958 \text{ kgm} = 0.483958 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \times 550.4 \times 3.65^2 \times 44 = 322.638 \text{ kgm} = 0.322638 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

1. Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{0.483958 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 54^2} = 2.075 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.075}{320}} \right) = 0.006771$$

ternyata $\rho_{\min} = 0.002 < \rho < \rho_{\max} = 0.033$

maka digunakan $\rho = 0.006771$

Tulangan arah x sebelum komposit :

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

$$= 0.006771 \times 1000 \times 54 = 379.161 \text{ mm}^2$$

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

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

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

Digunakan tulangan lentur

$$\phi 12 - 240 \text{ mm}$$

$$As_{\text{ada}} = 471 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 379.161 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots\dots\dots OK!$$

2. Penulangan Arah Y

- Tulangan lapangan

$$Rn = \frac{0.322638 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 42^2} = 2.286$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.286}{320}} \right) = 0.00749$$

ternyata $\rho_{\min} = 0.002 < \rho < \rho_{\max} = 0.033$

maka digunakan $\rho = 0.00749$

Tulangan arah y sebelum komposit :

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

$$= 0.00749 \times 1000 \times 42 = 419.85 \text{ mm}^2$$

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

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

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\phi 12 - 240 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 471 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 419.85 \text{ mm}^2 \dots \dots \dots \text{OK!}$$

4.4.2.2 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku "Precast And Prestrssed Concrete", figure 5.2.1. Dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu sebagai berikut :

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

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

Pada pelat type 5 x 4, sehingga $a = 4 \text{ m}$ dan $b = 5 \text{ m}$

$$\text{Dengan } w = 0.08 \times 2400 = 2880 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga :

$$M_x = 0.0054 \times 2880 \times 4^2 \times 5 = 1244.16 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0.0027 \times 2880 \times 4 \times 5^2 = 777.6 \text{ kg.m}$$

1. Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan = tulangan tumpuan

$$R_n = \frac{1.24416 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 54^2} = 5.333 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 5.333}{320}} \right) = 0.01891$$

ternyata $\rho_{\text{min}} = 0.002 < \rho < \rho_{\text{max}} = 0.033$

maka digunakan $\rho = 0.01891$

Tulangan arah x sebelum komposit :

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

$$= 0.01891 \times 1000 \times 54 = 1021.177 \text{ mm}^2$$

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

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

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\phi 12 - 100\text{mm}$

$$A_{s_{\text{akt}}}=1130.4\text{mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}=1021.177\text{mm}^2 \dots\dots\dots OK!$$

2. Penulangan Arah Y

- Tulangan lapangan = tulangan tumpuan

$$R_n = \frac{0.7776 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 42^2} = 5.5102$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 5.5102}{320}} \right) = 0.01964$$

ternyata $\rho_{\text{min}} = 0.002 < \rho < \rho_{\text{max}} = 0.033$

maka digunakan $\rho = 0.01964$

Tulangan arah y sebelum komposit :

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

$$= 0.01964 \times 1000 \times 42 = 824.871 \text{ mm}^2$$

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

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

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

Digunakan tulangan lentur

$\phi 12 - 130\text{mm}$

$$A_{s_{\text{akt}}} = 869.54\text{mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 824.871\text{mm}^2 \dots\dots\dots OK!$$

4.4.2.3 Penulangan Sesudah Komposit

Sebagai contoh diberikan penulangan pada pelat lantai type 5 x 4

$$Q_{\text{ultimate}} = 916 \text{ kg/m}^2$$

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

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

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0.044$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

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

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{500}{400} = 1.25$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen :

- $M_{lx} = 0.001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 50$
- $M_{ly} = 0.001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 38$
- $M_{tx} = -0.001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 50$
- $M_{ty} = -0.001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 38$

Sehingga :

- $M_{lx} = 0.001 \times 916 \times 3.65^2 \times 50 = 610.17 \text{ kgm} = 0.61017 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ly} = 0.001 \times 916 \times 3.65^2 \times 38 = 463.73 \text{ kgm} = 0.46373 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{tx} = -0.001 \times 916 \times 3.65^2 \times 50 = -610.17 \text{ kgm} = -0.61017 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ty} = -0.001 \times 916 \times 3.65^2 \times 38 = -463.73 \text{ kgm} = -0.46373 \times 10^7 \text{ Nmm}$

1. Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan = tulangan tumpuan

$$R_n = \frac{0.61017 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 104^2} = 0.679 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.679}{320}} \right) = 0.00215$$

$$\rho = 0.00215$$

Tulangan arah x sesudah komposit :

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

$$= 0.00215 \times 1000 \times 104 = 223.631 \text{ mm}^2$$

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

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

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

Digunakan tulangan lentur

φ12 - 390mm

$$As_{\text{ada}} = 289.846 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 223.631 \text{ mm}^2 \dots \dots \dots \text{OK!}$$

- Karena momen yang terjadi sama maka tulangan tumpuan sama dengan tulangan lapangan.

2. Penulangan Arah Y

- #### • Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{0.46373 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 92^2} = 0.604 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.604}{320}} \right) = 0.0019$$

ternyata $\rho < \rho_{\min} = 0.002$

maka digunakan $\rho = 0,002$

Tulangan arah x sebelum komposit

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

$$= 0.002 \times 1000 \times 92 = 175.63 \text{ mm}^2$$

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

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

≤ 500 mm

Digunakan tulangan lentur

$\phi 12 - 390mm$

$$As_{\text{min}} = 289.846 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 175.63 \text{ mm}^2 \dots \dots \text{OK!}$$

- Karena momen yang terjadi sama maka tulangan tumpuan sama dengan tulangan lapangan

4.4.2.4 Penulangan Pelat Yang Terpasang

Penulangan pelat yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari ketiga keadaan diatas (keadaan sebelum komposit , akibat pengangkatan , sesudah komposit) yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tulangan terpasang pada pelat type A

Type Pelat	Tulangan terpasang (mm ²)			
	Tul lapangan		Tul tumpuan	
	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
5 x 4	D12 – 100 = 1130.4 (akibat pengangkatan)	D12 – 130 = 869.54 (akibat pengangkatan)	D12 – 100 = 1130.4 (akibat pengangkatan)	D12 – 130 = 869.54 (akibat pengangkatan)

4.4.2.5 Penulangan Stud Pelat Lantai

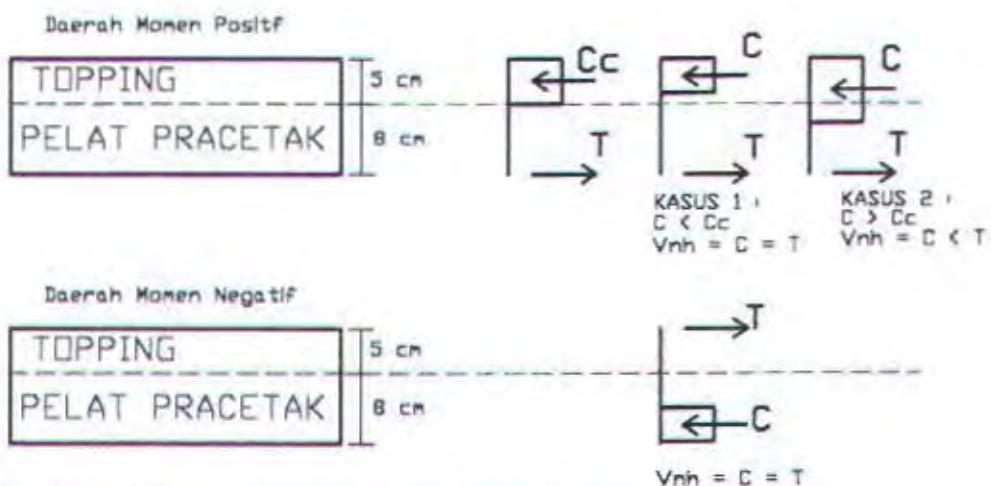
Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor ditempat maka transfer gaya regangan horizontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor ditempat. Guna mengikat elemen pracetak dan elemen cor ditempat maka dipakai tulangan stud .

Stud ini berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen harus mampu mentrasfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban.

Dalam SKSNI T 15 – 1991 – 03 pasal 3.10.5.3 gaya geser horizontal boleh diperiksa dengan jalan menghitung perubahan aktual dari gaya tekan dan gaya tarik di dalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horizontal ke elemen – elemen pendukung .

Gaya geser horizontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus :

- Kasus 1 : Gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2 : Gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



Gambar 4.4 Diagram gaya geser horizontal penampang komposit

Contoh perhitungan :

Pelat type 5 m x 4 m

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

$$= 0.85 \times 30 \text{ MPa} \times 50 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$$

$$= 1275000 \text{ N} = 1275 \text{ KN}$$

Dipakai stud D12 mm

$$A_s = 0.25 \times 3.14 \times 12^2 = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$V_{nh} = C = T$$

$$= A_s \times f_y$$

$$= 113.04 \times 320 = 36172.8 \text{ N} = 36.1728 \text{ KN}$$

$$0.6 A_c = 0.6 \times b_v \times d$$

$$= 0.6 \times 1000 \times (104) = 62400 \text{ N} = 62.4 \text{ KN} > V_{nh}$$

Sesuai SKSNI T-15-1991 :

- Pasal 3.10.5 butir 2 subbutir2 : bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan ayat 3.10.6 tetapi tidak sengaja dikasarkan , maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari 0.6 $b_v \cdot d$ dalam Newton.
- Pasal 3.10.6 butir 1 : bila dipasang sengkang untuk memindahkan geser , maka luas sengkang tidak boleh diambil kurang dari yang diperlukan oleh

ayat 3.4.5 butir 5 subbutir 3, dan spasi sengkang pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil dari elemen pendukung (tebal cast in place) atau 600mm.

- Pasal 3.4.5 butir 5 subbutir 3 :

$$Av_{mm} = \frac{bw.s}{3.fy} = \frac{1000.(4.50)}{3.320} = 208.3mm$$

maka dipasang stud D12 – 200 mm ($565.2mm^2$)

4.4.3 Kontrol Retak

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

$$Z = fs \times \sqrt[3]{dc.A} \dots\dots\dots SKSNI - T - 15 - 1991 - 03..psl.3.3.6..butir4$$

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

fs = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, fs dapat diambil

$$0.6 f_y$$

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

dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan (decking – setengah jari-jari tulangan)

$$= 26 \text{ mm untuk arah x}$$

$$= 38 \text{ mm untuk arah y}$$

A = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan (dalam hal ini diambil selebar 1 m) tersebut dibagi dengan jumlah batang tulangan dalam 1 m tersebut.

- Retak dalam arah x

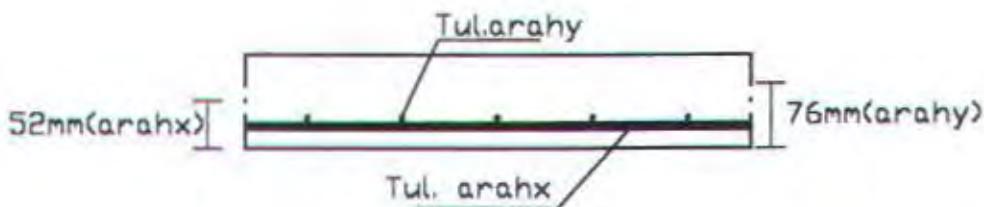
$$A = (0.052 \times 1\text{m}) : 9 = 0.00577 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.026 \times 0.00577} = 10.2 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Retak dalam arah y

$$A = (0.076 \times 1\text{m}) : 7 = 0.0109 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.038 \times 0.0109} = 14.293 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots\dots\dots \text{OK!}$$



Gambar 4.5 Potongan Pelat

4.4.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

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

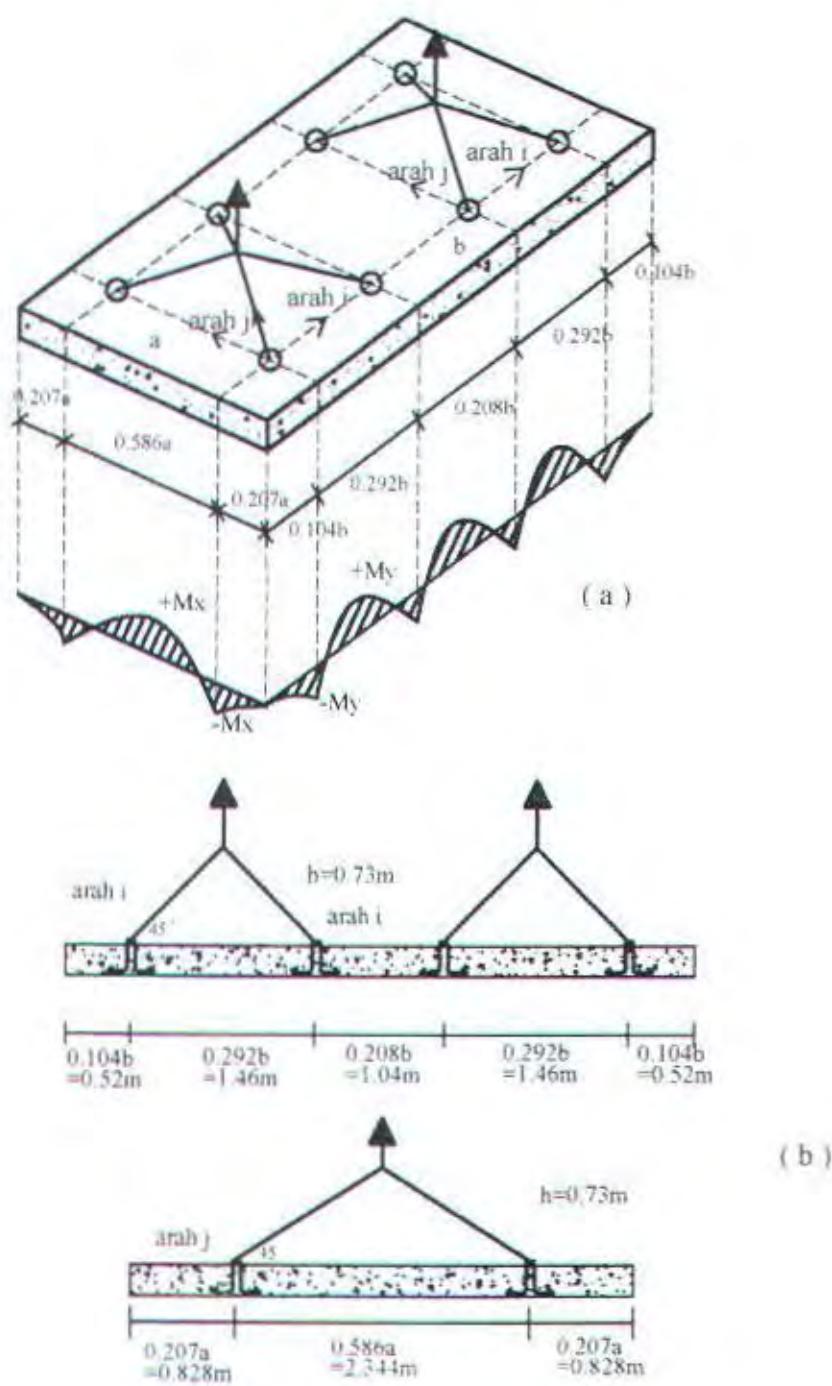
1. $ldh > 8 db = 8 \times 12 = 96 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 /3.5.5.1)
2. $ldh > 150 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 /3.5.5.1)
3. $lhb = \frac{100.db}{\sqrt{fc'}} = \frac{100.12}{\sqrt{30}} = 219.089 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 /3.5.5.2)
4. $ldh > lhb \times \frac{f_y}{400} = 175.27 \text{ mm}$ (SKSNI T-15-1991-03 /3.5.5.3)

Maka dipakai panjang penyaluran $ldh = 200 \text{ mm}$

4.4.5 Perhitungan Tulangan Angkat

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

Contoh perhitungan pelat dimensi 500cm x 400cm dengan empat titik pengangkatan (four point pick – up) seperti pada gambar 4.6 .



Gambar 4.6 Pengaturan Jarak Tulangan Angkat Menurut Buku
 "Precast And Prestressed Concrete", figure 5.2.1
 (a) sketsa 3D, (b) Potongan Arah i & Arah J

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horisontal , yaitu arah i dan arah j .
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 73 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k = 1.2$) pada saat pengangkatan.
- $DL = 0.08 \times 5 \times 4 \times 2400 = 3840 \text{ kg}$
- Sesuai PPIUG 1983 psl.3.2 butir (2) subbutir (b) bahwa beban 1 orang pekerja adalah 100 kg.

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat.

Maka $LL = 200 \text{ kg}$.

$$\text{Beban Ultimate} = (1.2 \times 1.2 \times 3840) + (1.2 \times 1.6 \times 200) = 5913.6 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya angkat (Tu) setiap tulangan} = 5913.6 : 8 = 739.2 \text{ kg}$$

Sesuai dengan PPBBI pasal 2.2.2 , tegangan tarik ijin baja U32

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

$$\text{Maka diameter tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 739.2}{\pi \times 2133.33}} = 0.664 \text{ cm}$$

$$\alpha_i = \arctg \frac{(\sqrt{1.172^2 + 0.73^2})}{0.73} = 62.14^\circ$$

$$\alpha_j = \arctg \frac{(\sqrt{0.73^2 + 0.73^2})}{1.172} = 41.37^\circ$$



Faktor gaya horisontal :

$$T_i = 739.2 \times \cos 62.14^\circ = 670.08 \times \cos 62.14^\circ = 345.44 \text{ kg}$$

$$T_j = 739.2 \times \cos 41.37^\circ = 670.08 \times \cos 41.37^\circ = 554.74 \text{ kg}$$

Ambil yang terbesar $P = 554.74 \text{ kg}$

Maka diameter tulangan angkat arah i dan arah j :

$$\phi_{tulangan} \geq \sqrt{\frac{4 \times 554.74}{3.14 \times 2133.33}}$$

$$\phi_{tulangan} \geq 0.576 \text{ cm}$$

dipasang tulangan $\phi 8\text{mm}$

Kontrol Tulangan Angkat

$$f_{plast} < f_{cr}$$

f_{cr} untuk beton 3 hari adalah 2.4 Mpa

$$y_c = 0.5 \times 0.08 = 0.04 \text{ m}$$

berdasarkan PCI Design Handbook, momen maksimum diperhitungkan

Berdasarkan gambar diatas :

- arah i sama dengan arah y
- arah j sama dengan arah x

$$w = (0.08 \times 2400) + (200/(5 \times 4)) = 202 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} +M_x = -M_x &= 0.0054 w a^2 b \\ &= 0.0054 \times 202 \times 4.0^2 \times 5.0 \\ &= 87.264 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +M_y = -M_y &= 0.0027 w a b^2 \\ &= 0.0027 \times 202 \times 4.0 \times 5.0^2 \\ &= 54.54 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$P = \frac{5913.6}{8} = 739.2 \text{ kg}$$

$$My = \frac{P \times y_c}{Tg 45} = \frac{739.2 \times 0.04}{Tg 45} = 29.568 \text{ kg.m}$$

$$M_{tot} = 54.54 + 29.568 = 84.108 \text{ kg.m}$$

- My ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 400/2 = 200 \text{ cm}$

$$Z = \frac{1}{6} \times 200 \times 8^2 = 2133.3 \text{ cm}^3$$

$$fr = 0.7 \times \sqrt{fc'} \quad \text{utk beton normal SKSNI} \quad Psl 3.2.5, btr 3$$

$$fr = 3.834 \text{ Mpa}$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{84.108 \times 10^4 \text{ Nmm}}{2133.3 \times 10^3} = 0.394 \text{ Mpa} < fr = 3.834 \text{ Mpa}$$

- M_x ditahan oleh penampang selebar 15.t=120cm atau b/4=125cm
Ambil yang terkecil = 120 cm

$$Tg\alpha = \frac{0.73}{(0.5 \times 2.34)} = 0.6229$$

$$M_x = \frac{739.2 \times 0.04}{0.6229} = 47.47 \text{ kg.m}$$

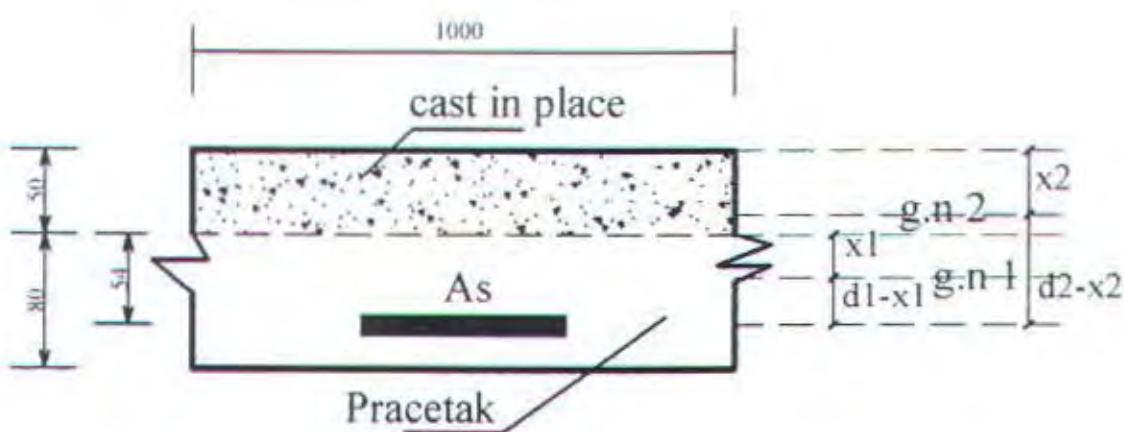
$$M_{tot} = 87.264 + 47.47 = 134.732 \text{ kg.m}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 120 \times 8^3 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{134.732 \times 10^4}{1280 \times 10^3} = 1.053 \text{ MPa} \quad < f_r = 3.834 \text{ MPa}$$

4.4.6 Kontrol Tegangan Pelat

Kontrol tegangan-tegangan yang timbul pada pelat pracetak untuk kasus tanpa penyangga (unproved)



Gambar 4.7 Garis Netral Pelat Sebelum dan Sesudah Komposit

Titik berat sebelum komposit

$$\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot x_1^2 = n \cdot A_s \cdot (d_1 - x_1)$$

$$500 \cdot x_1^2 = 8.1413 \cdot (54 - x_1) \rightarrow x_1 = 25.41\text{mm}$$

Titik berat sesudah komposit

$$\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot x_1^2 = n \cdot A_s \cdot (d_2 - x_1)$$

$$500 \cdot x_1^2 = 8.1413 \cdot (104 - x_2) \rightarrow x_2 = 38.5\text{mm}$$

Tegangan sebelum komposit

$$M_{sbl} = 0.30797 \times 10^7 \text{Nmm}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b \cdot x_1^3 + n \cdot A_s \cdot (d_1 - x_1)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot (25.06)^3 + 11304 \cdot (54 - 25.06)^2 = 14713290.18 \text{mm}^4$$

$$ya = x_1 = 25.06\text{mm}, yb = (d_1 - x_1) = 28.94\text{mm}$$

$$Teg.serat\ atas = \frac{M_{sbl}.ya}{I_{cr}} = \frac{0.30797 \times 10^7 \times 25.06}{14713290.18} = 5.245 \text{Mpa}$$

$$Teg.serat\ bawah = \frac{M_{sbl}.yb}{I_{cr}} = \frac{0.30797 \times 10^7 \times 28.94}{14713290.18} = 6.057 \text{Mpa}$$

Tegangan sesudah komposit

$$M_{ssd} = 0.4393 \times 10^7 \text{Nmm}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b \cdot x_2^3 + n \cdot A_s \cdot (d_2 - x_2)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot (38.5)^3 + 11304 \cdot (104 - 38.5)^2 = 67500172 \text{mm}^4$$

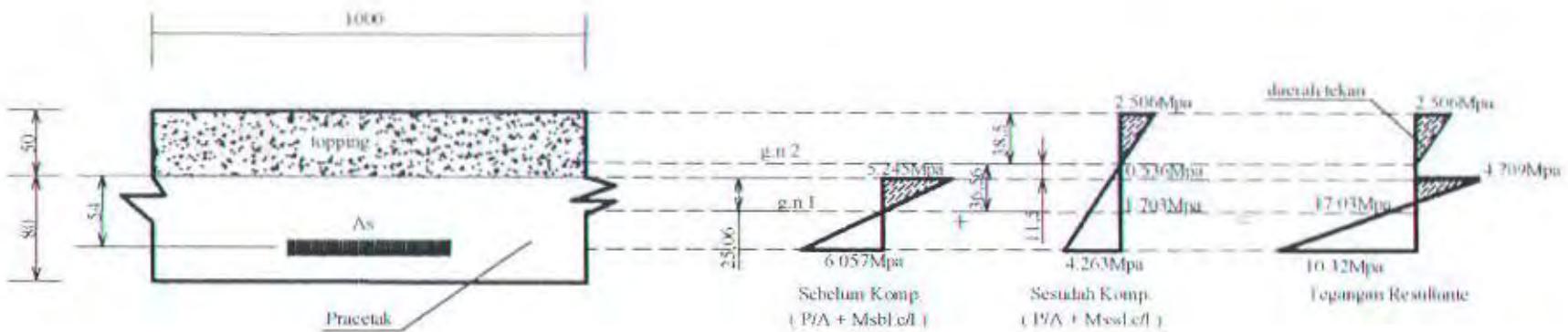
$$ya = x_2 = 38.5\text{mm}, yb = (d_2 - x_2) = 65.5\text{mm}$$

$$Teg.serat\ atas = \frac{M_{ssd}.ya}{I_{cr}} = \frac{0.4393 \times 10^7 \times 38.5}{67500172.13} = 2.506 \text{Mpa}$$

$$Teg.serat\ bawah = \frac{M_{ssd}.yb}{I_{cr}} = \frac{0.4393 \times 10^7 \times 65.5}{67500172.13} = 4.263 \text{Mpa}$$

$$\frac{\sigma_a}{4.263} = \frac{11.5}{91.5} \rightarrow \sigma_a = 0.536 \text{Mpa}$$

$$\frac{\sigma_b}{4.263} = \frac{36.56}{91.5} \rightarrow \sigma_b = 1.703 \text{Mpa}$$



Gambar 4.8 Diagram Tegangan Resultante Pelat

4.5 Perencanaan Tangga

Struktur tangga dimodelkan sebagai frame dua dimensi dengan perletakan jepit serta rol pada bagian bordes. Perhitungan momen dilakukan dengan program SAP2000. Karena tangga terletak didalam shearwall maka antara dinding shearwall dengan perletakan rol harus diberi jarak sebesar defleksi maksimum yang dihasilkan oleh uotput SAP2000 (kombinasi pembebanan 1.1(1.2D + L + Spek)). Pelaksanaannya dilapangan dilakukan dengan cor setempat, termasuk juga balok pada tumpuan jepit.

Data – data perencanaan

- tebal pelat miring = 15 cm
- tebal pelat bordes = 15 cm
- diameter tulangan lentur = 12 mm
- tebal selimut beton = 20 mm
- $\rho_{min} = 0.002$ $\rho_{max} = 0.033$
- lebar injakan i = 32cm
- tinggi injakan dihitung sebagai berikut :

$$60 \leq 2t + i \leq 62$$

$$60 \leq 2t + 32 \leq 62$$

$$14 \leq t \leq 15$$

$$\text{sehingga } t = 15\text{cm}$$

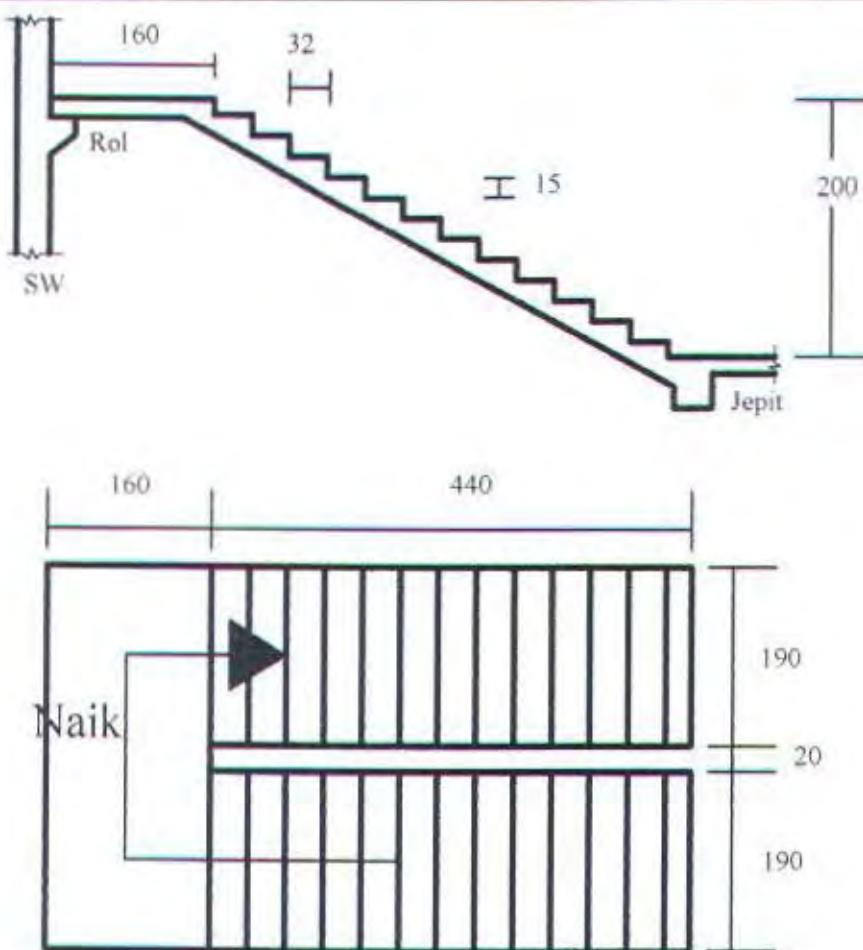
- syarat kemiringan tangga

$$20 \leq \alpha \leq 40$$

$$\alpha = \text{arcTg} \left[\frac{15}{32} \right] = 28.07^\circ \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

$$\bullet \quad tr = \frac{i}{2} \times \sin \alpha = \frac{32}{2} \times \sin 28.07^\circ = 7.06\text{cm}$$

$$\bullet \quad l_{total} = 15\text{cm} + 7.06\text{cm} = 22.06\text{cm}$$



Gambar 4.9 Denah Tangga

4.5.1 Pembebanan Tangga

4.5.1.1 Pembebanan Pelat Anak Tangga

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} = 0.2206 \times 2400 = 529.44 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{tegel} = 0.02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{spesi} = 0.01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{sandaran} = 50 \text{ kg/m}$$

$$2. \text{Beban Hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

4.5.1.2 Pembebanan Pelat Bordes

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} = 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{tegel} &= 0.02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2 \\ \text{spesi} &= 0.01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban Hidup (LL) = 300 kg/m²

4.5.2 Perhitungan Momen

Perhitungan momen ,gaya aksial dan gaya geser dilakukan dengan program SAP2000 .Caranya adalah pelat miring dan pelat bordes tersebut dimodelkan sebagai balok dengan dimensi

- Untuk pelat bordes : Panjang = 1.6 m

Lebar = 1.9 m

Tinggi = 0,15m

- Untuk pelat anak tangga : Panjang = $\frac{4.4}{\cos 28.07^\circ} = 4.987m$

Lebar = 19 m

Tinggi = 0.2206m

- Berat sendiri dimasukkan sebagai beban gravity

- Beban spesi, ubin, hidup dimasukkan sebagai beban uniform setelah terlebih dahulu dikalikan dengan lebar sebesar 1.9 m

- Beban sandaran dimasukkan sebagai beban uniform.

Combo 1 = 1.2 DL + 1.6 LL

Combo 2 = 1.1(1)

- Hasil – hasil maksimal yang

- Untuk pelat anak tangga

$$M_{mak} = -18215.47 \text{ kg}$$

$$V_{\text{mak}} = 15349,5 \text{ / kg}$$

- $$N_{\text{mak}} = -606 / 98 \text{ kg}$$

- Untuk pelet bordes

Mihak = 8028.44 kg

VIIak --

Published online: 2004-07-01

Tabel 4.2 Output joint displacement SAP2000

Joint	DX	DY	DZ	RX	Ry	Rz	RFx	RFy	RFz
1 42 100	-2.153E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2 42 100	-4.276E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3 42 100	-7.029E-03	0.0000	-5.420E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4 41 100	-1.212E-03	0.0000	-9.304E-03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5 42 100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6 43 100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7 44 100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

4.5.3 Penulangan Tangga

4.5.3.1 Penulangan Pelat Anak Tangga

- Penulangan lentur

Dipakai diameter 16 mm

$$M_{mak} = 1.821547 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$d = 220.6 - 20 - (\frac{16}{2}) = 194.6 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{1.821547 \times 10^7}{0.8 \times 1900 \times 194.6^2} = 3.16$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.16}{320}} \right] = 0.0105$$

$$A_{s_perlu} = 0.0105 \times 1900 \times 194.6 = 3916.79 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan lentur 20D16 = 4019.2 mm²

→ dipasang D16 - 100mm

Sesuai dengan SKSNI T - 15 - 1991-03 3.16.6 butir 1

Jarak minimum tulangan

$$S_{min} \geq 12 \text{ mm}$$

$$\geq 25 \text{ mm}$$

- Penulangan Geser

Sesuai dengan SKSNI T- 15- 1991-03 psl.3.4.3 butir 1 subbutir2

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$V_c = 2 \left[1 + \frac{(-6067.98 \times 9.81)}{14 \times (1900 \times 194.6)} \right] \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1900 \times 194.6$$

$$V_c = 667286.88 N = 66728.688 kg$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 66728.688 = 40037.12 kg$$

$\phi V_c = 40037.12 kg > V_u = 13349.57 kg \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

4.5.3.2 Penulangan Pelat Bordes

- Penulangan lentur

Dipakai diameter 16 mm

Mmak = 8.028×10^7 Nmm

$$d = 150 - 20 - (\frac{16}{2}) = 124 mm$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d} = \frac{8.028 \times 10^7}{0.8 \times 1900 \times 124^2} = 3.43$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.43}{320}} \right] = 0.01157$$

$$As_{perlu} = 0.01157 \times 1900 \times 124 = 2727.05 mm^2$$

dipakai tulangan lentur 14D16 = $2813.44 mm^2$

\rightarrow dipasang D16 - 140 mm

Sesuai dengan SKSNI T - 15 - 1991- 03 3.16.6 butir 5

Jarak minimum tulangan

$$S_{min} \geq 12 mm$$

$$\geq 25 mm$$

- Penulangan Geser

Sesuai dengan SKSNI T- 15- 1991-03 ps1.3.4.3 butir 1 subbutir2

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_c = 2 \left[1 + \frac{0}{14 \times (1900 \times 124)} \right] \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1900 \times 142$$

$$V_c = 492585.05 \text{ N} = 49258.505 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_c = 0.6 \times 49258.505 = 29555.109 \text{ kg}$$

$\phi \cdot V_c = 29555.109 \text{ kg} > V_u = 7300.66 \text{ kg} \rightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$

4.5.3.3 Penulangan Bagi

Tulangan lentur pada pelat miring dan pelat bordes adalah memanjang pada satu arah saja sehingga perlu diberi tulangan bagi dengan :

$$\rho_{\min} = 0.002 \quad \text{SKSNI T-15-1991-03, psl.3.16.12 butir}$$

Dipakai diameter tulangan = 8 mm

- Untuk pelat anak tangga

$$d = 220.6 - 20 - (8/2) = 196.6 \text{ mm}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0.002 \times 1900 \times 196.6 = 747.08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan 16 D8} = 803.84 \text{ mm}^2$$

- Untuk pelat bordes

$$d = 150 - 20 - (8/2) = 124 \text{ mm}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 0.002 \times 1900 \times 124 = 471.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan 10D8} = 502.4 \text{ mm}^2$$

4.6 Perencanaan Balok Anak

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 bahwa suatu balok dianggap terlepas elastis pada suatu tumpuan, apabila balok tersebut pada tumpuan tersebut merupakan satu kesatuan monolit dengan balok lain, dinding atau kolom beton bertulang yang dapat dianggap dapat memberikan perlakuan terhadap perubahan bentuk balok di tumpuan tersebut.

Atas dasar itulah maka balok anak sebelum komposit tumpuannya dianggap terletak bebas, dan balok anak setelah komposit tumpuannya dianggap terjepit elastis.

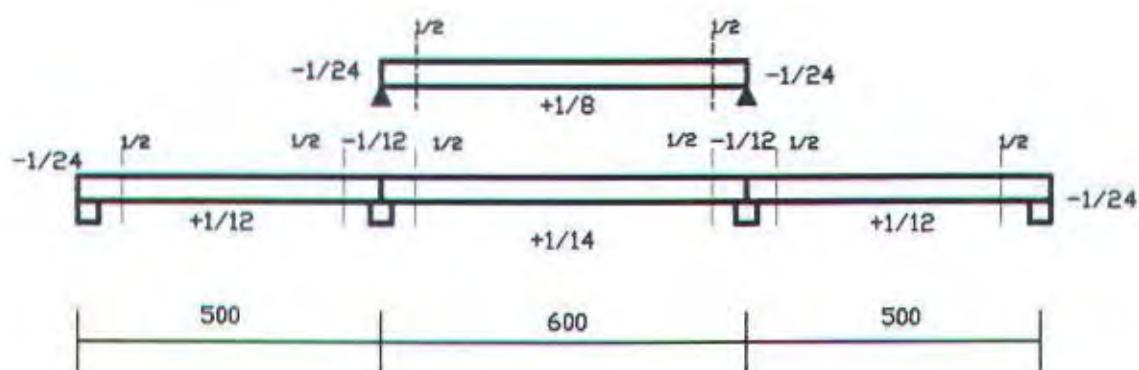
4.6.1 Perhitungan Momen dan Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen-momen dan gaya-gaya melintang dari PBBI 1971 pasal 13.2

$$\text{Momen} = \text{Koefisien} \times ql^2$$

$$\text{Gaya melintang (geser)} = \text{Koefisien} \times ql$$

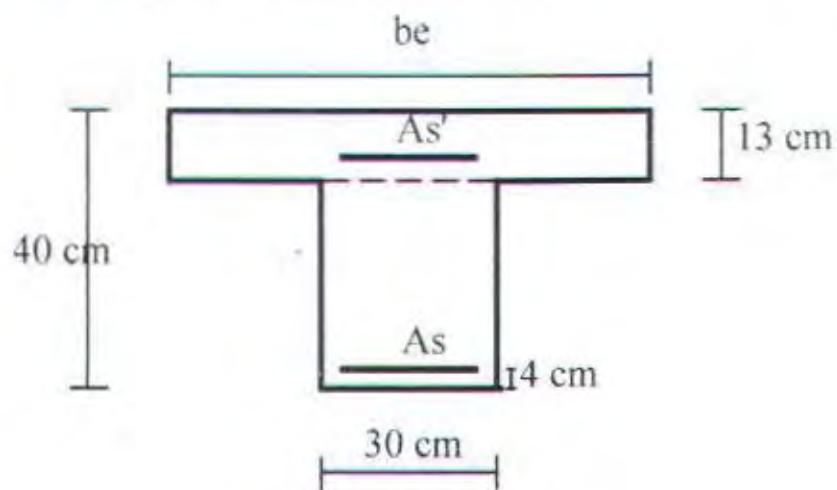
Dimana q = beban terbagi rata



Gambar 4.10 Momen-momen dan Gaya-gaya Melintang dari PBBI 1971

4.6.2 Perhitungan Beban Terbagi Rata

Yang menjadi beban terbagi rata dari balok anak adalah berat akibat pelat ditambah dengan berat sendiri dari balok anak .



Gambar 4.11 Potongan melintang balok anak

$$q_{\text{relat sbl komp}} = 550.4 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{relat ssd komp}} = 916 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{balok anak}} = (0.27 \times 0.3 \times 2400) \times 1.2 = 233.28 \text{ kg/m}$$

$$q = 2 \times \left[\frac{1}{2} \times q_{\text{relat}} \times l_x \times \left(1 - \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \right) \right]$$

$$q_{\text{sblkomp}} = 2 \times \left[\frac{1}{2} \times 550.4 \times 3 \times \left(1 - \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{3}{6} \right)^2 \right) \right) \right] = 1513.6 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ssdkomp}} = 2 \times \left[\frac{1}{2} \times 916 \times 3 \times \left(1 - \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{3}{5} \right)^2 \right) \right) \right] = 2418.24 \text{ kg/m} \quad (l = 5m)$$

$$q_{\text{ssdkomp}} = 2 \times \left[\frac{1}{2} \times 916 \times 3 \times \left(1 - \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{3}{6} \right)^2 \right) \right) \right] = 2519 \text{ kg/m} \quad (l = 6m)$$

4.6.3 Perhitungan Momen

4.6.3.1 Momen Sebelum Komposit

- $M_{\text{tump}} = -1/24 \times (1513.6 + 233.28) \times 6^2 = 2620.32 \text{ kg.m}$
- $M_{\text{lap}} = 1/8 \times (1513.6 + 233.28) \times 6^2 = 7860.96 \text{ kg.m}$
- $V = 1/2 \times (1513.6 + 233.28) \times 6 = 5240.64 \text{ kg}$

4.6.3.2 Momen Sesudah Komposit

- $M_{\text{tump}} = -1/24 \times (2418.24 + 233.28) \times 5^2 = 2761.99 \text{ kg.m}$
- $M_{\text{lap}_1} = 1/12 \times (2418.24 + 233.28) \times 5^2 = 5523.99 \text{ kg.m}$
- $M_{\text{lap}_2} = 1/14 \times (2519 + 233.28) \times 6^2 = 7077.29 \text{ kg.m}$
- $V_1 = 1/2 \times (2418.24 + 233.28) \times 5 = 6628.8 \text{ kg}$
- $V_2 = 1/2 \times (2519 + 233.28) \times 6 = 8256.84 \text{ kg.m}$

4.6.4 Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

Dimensi Balok Anak = 30/40

- Tebal selimut beton = 30mm
- Diameter tulangan utama = 22 mm
- Diameter tulangan sengkang = 10 mm

- $F_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $F_y = 320 \text{ Mpa}$
- Tinggi efektif = $270 - 30 - 10 - 22/2 = 219 \text{ mm}$
- $d' = 30 + 10 + 22/2 = 51 \text{ mm}$
- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$
- $\rho_{\max} = 0.033$

4.6.4.1 Tulangan tumpuan

- $M_{tump} = 2620.32 \text{ kgm} = 26203200 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{26203200}{0.8 \times 300 \times 219^2} = 2.27 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.27}{320}} \right] = 0.0075$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0.0075 \times 300 \times 219 = 490.3 \text{ mm}^2$$

pakai 2D22 = 759.8 mm^2

4.6.4.2 Tulangan lapangan

- $M_{lap} = 7860.96 \text{ kgm} = 78609600 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{78609600}{0.8 \times 300 \times 219^2} = 6.83 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 6.83}{320}} \right] = 0.025$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0.025 \times 300 \times 219 = 1642.5 \text{ mm}^2$$

pakai 5D22 = 1899.7 mm^2

4.6.5 Perhitungan Tulangan Sesudah Komposit

4.6.5.1 Tulangan Tumpuan

- $M_{tump} = 8256.84 \text{ kgm} = 82568400 \text{ Nmm}$

$$t_{\text{efektif}} = 400 - 30 - 10 - \frac{22}{2} = 349 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{82568400}{0.8 \times 300 \times 349^2} = 2.824 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.824}{320}} \right] = 0.0094$$

$$As_{perlu} = 0.0094 \times 300 \times 349 = 981.95 \text{ mm}^2$$

pakai 3D22 = 1139.82 mm²

4.6.5.2 Tulangan Lapangan

$$M_{lap} = 7077.29 \text{ kgm} = 70772900 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{70772900}{0.8 \times 300 \times 349^2} = 2.421 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.421}{320}} \right] = 0.00797$$

$$As_{perlu} = 0.00797 \times 300 \times 349 = 833.8 \text{ mm}^2$$

pakai 3D22 = 1139.82 mm²

4.6.6 Perhitungan Tulangan Geser

Dipakai tulangan diameter 10mm

4.6.6.1 Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = 5240.64 \text{ kg} = 52406.4 \text{ N}$$

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

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 219$$

$$V_c = 59975.62 N$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 59975.62 N = 35985.37 N$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 17992.68 N$$

$V_u > \phi V_c$ perlu tulangan geser

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157 mm^2$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_v \times d}{s}$$

$$V_s = V_n - V_c = \frac{52406.4}{0.6} - 59975.62 = 27368.38 N$$

$$s = \frac{157 \times 320 \times 219}{27368.38} = 402.07 mm$$

$$syarat \quad s \leq \frac{d}{2} = 109.9 mm$$

$$s \leq 600 mm$$

$$dipasang \quad s = 100 mm$$

4.6.6.2 Tulangan Geser Sesudah Komposit

$$V_u = 8256.84 kg = 82568.4 N$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 349 = 95577.57 N$$

$$\phi V_c = 57346.55 N$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 28673.276 N$$

$V_u > \phi V_c$ perlu tulangan geser

$$V_s = \frac{82568.4}{0.6} - 95577.57 = 42036.43 N$$

$$s = \frac{157 \times 320 \times 349}{42036.43} = 417.11 mm$$

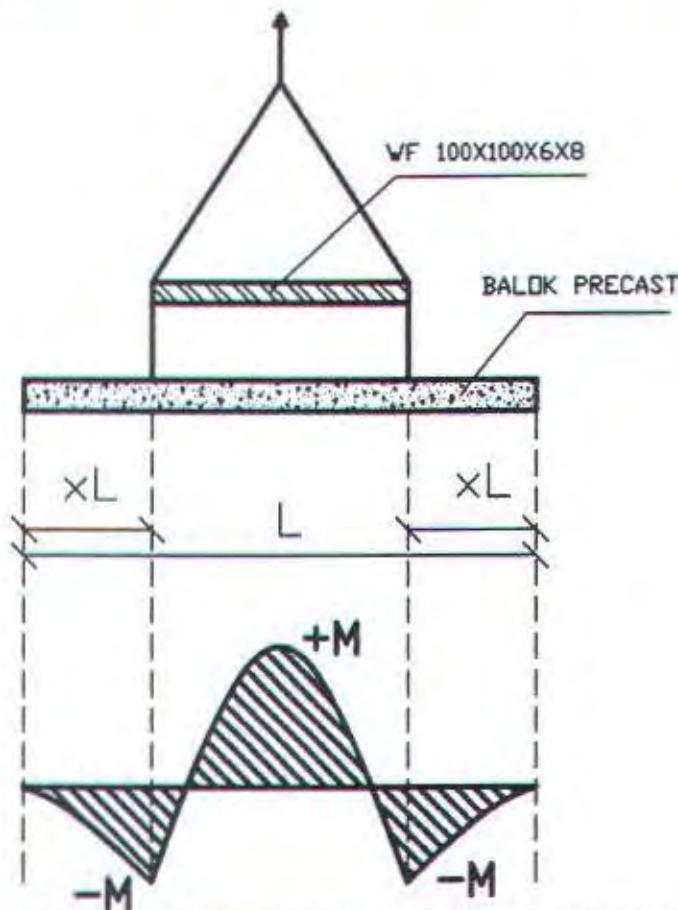
$$syarat \quad s \leq \frac{d}{2} = 174.5 mm$$

$$s \leq 600 mm$$

$$dipasang \quad s = 170 mm$$

4.6.7 Pengangkatan elemen balok

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



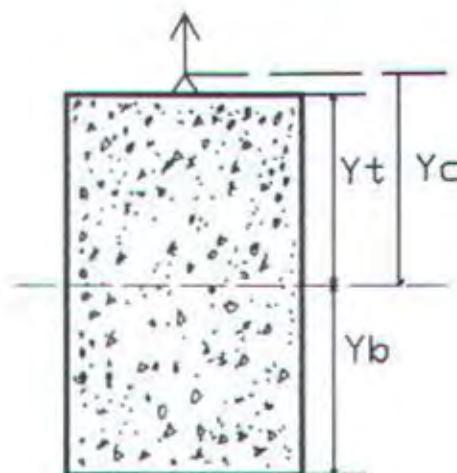
Gambar 4.12 Momen saat pengangkatan balok dari PCI Design Handbook

Dimana :

$$+M = \frac{wL^2}{8} \left(1 - 4x + \frac{4Y_c}{L \cdot \operatorname{tg}\phi} \right)$$

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

$$x = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \cdot \operatorname{tg}\phi}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \cdot \operatorname{tg}\phi} \right)} \right]}$$



Gambar 4.13 Letak garis netral

Balok Anak 30/40

$$Y_t = Y_b = (40-13)/2 = 13.5 \text{ cm}$$

$$I = (1/12) \cdot 30.27^2 = 1822.49 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 18.5 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 18.5}{600 \times \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{13.5}{13.5} \left(1 + \frac{4 \times 32.5}{600 \times \tan 45} \right)} \right]} = 0.229$$

$$x \cdot L = 0.229 \times 600 = 137.27 \text{ cm}$$



Gambar 4.14 Letak titik pengangkatan

Data - data profil baja :

- Panjang tekuk = 203.18 cm

- Fe 360
- Profil WF 100 x 100 x 6 x 8

$$A = 21.90 \text{ cm}^2$$

$$ix = 4.18 \text{ cm}$$

$$iy = 2.47 \text{ cm}$$

$$w = 17.2 \text{ kg/m}$$

Pembebatan

$$\text{Balok anak} = 0.3 \times 0.27 \times 2400 \times 6 = 1166.4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat profil} = 17.2 \times 6 = 103.2 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{r} \\ + \\ \hline Wt = 1269.6 \text{ kg} \end{array}$$

$$T \cdot \sin \phi = P = (1.2 \times k \times Wt)/2 = (1.2 \times 1.2 \times 1269.6)/2 = 914.12 \text{ kg}$$

$$T = 914.12 / \sin 45 = 1292.75 \text{ kg}$$

$$T \sin 45 = T \cos 45 = N = 914.12 \text{ kg}$$

$$\lambda_x = \frac{lx}{ix} = \frac{203.18}{4.18} = 48.6$$

$$\lambda_y = \frac{ly}{iy} = \frac{203.18}{2.47} = 82.56$$

λ_y menentukan

shg $w = 1.667$

$$w \frac{N}{A} \leq \sigma = 1.667 \cdot \frac{914.12}{21.90} = 69.58 \text{ kg/m}^2 \leq 1600 \text{ kg/m}^2$$

Tulangan Angkat Balok Anak

$$P_u = 914.12 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps2.2.2 , tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah $= f_y/1.5$

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

$$\phi_{tulanganangkat} \geq \sqrt{\frac{P_u \times 4}{\sigma_{ijin} \times \pi}}$$

$$\phi_{tulanganangkat} \geq \sqrt{\frac{914.12 \times 4}{2133.33 \times \pi}}$$

$$\phi_{tulanganangkat} \geq 0.74 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan $\phi 10 \text{ mm}$

Momen yang terjadi

- Pembebatan

$$\text{Berat sendiri} = 0.30 \times 0.27 \times 2400 = 194.4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 17.2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{r} + \\ \hline 211.6 \text{ kg/m} \end{array}$$

- Momen lapangan yang terjadi

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

$$+M = \frac{211.6 \times 6^2}{8} \left(1 - (4 \times 0.227) + \frac{4 \times 0.185}{5 \times \tan 45} \right) = 220.91 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi

$$F = \frac{M}{W_I} = \frac{2209100}{\frac{1}{6} \cdot 300.270^2} = 0.06 \text{ MPa} < \text{tegangan ijin} (fr = 0.7 \sqrt{f_c} = 3.83 \text{ MPa})$$

- Momen tumpuan yang terjadi

$$-M = \frac{w \cdot x^2 \cdot L^2}{2} = \frac{211.6 \times 0.229^2 \times 6^2}{2} = 199.74 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi

$$F = \frac{M}{W_I} = \frac{1997400}{\frac{1}{6} \cdot 300.270^2} = 0.55 < \text{tegangan ijin} (fr = 0.7 \sqrt{f_c} = 3.83 \text{ MPa})$$

4.6.8 Kontrol Guling

Pelaksanaan pemasangan elemen pracetak sangat risikan terjadi guling pada komponen tumpuan, misalnya balok yang ditumpu oleh pelat dapat terjadi

kesalahan yang mengakibatkan guling pada balok sehingga dalam pemasangan pelat pracetak perlu dilakukan kontrol guling.

- Beban dari pelat :

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

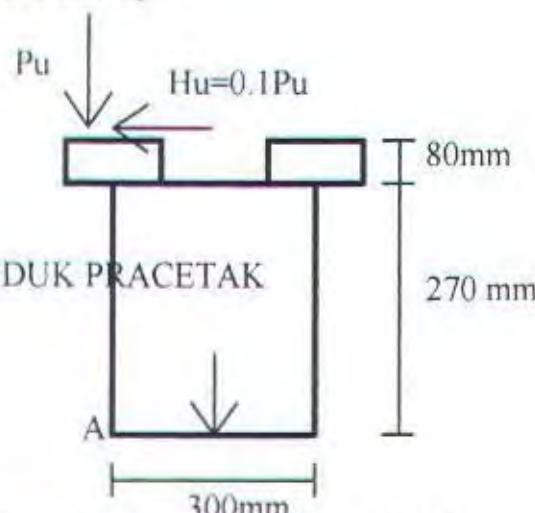
$$\text{Beban hidup pekerja} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = (1.2 \times 192) + (1.6 \times 200) = 550.4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban eqivalen (qek) trapesium} = \frac{1}{3} \times 550.4 \times 6 \times \left\{ 1 - \left[\frac{1}{3} \times \left(\frac{3}{6} \right)^2 \right] \right\} = 665.96 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 665.96 \times 6 = 3995.76 \text{ kg}$$

$$H_u = 0.1 \times 3995.76 = 399.576 \text{ kg}$$



Gambar 4.15 Potongan melintang balok

- Momen guling terhadap titik A :

$$M_G = (P_u \times 0.04) + (H_u \times 0.27) = 167.72 \text{ kg.m}$$

- Momen penahan :

$$\text{Beban balok induk (w)} = 2400 \times 0.30 \times 0.27 \times 6 = 1166.4 \text{ kg/m}$$

$$M_p = 1166.4 \times (0.3/2) = 174.96 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{penahan}} > M_{\text{guling}} \dots \text{OK!}$$

4.6.9 Kontrol Lendutan

Sesuai SKSNI T-15-1991-03 tabel 5.2.5.a , syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

- Balok dengan dua tump. $h_{\min} = \frac{L}{16} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

- Balok dengan satu ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{18.5} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Balok dengan kedua ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{21} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Balok kantilever $h_{min} = \frac{L}{8} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

Lendutan tidak perlu dihitung, sebab sejak dari preliminary design sudah direncakan agar tinggi dari masing-masing type balok lebih besar dari persyaratan h_{min}

4.6.10 Kontrol Retak

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

$$Z = f_s \times \sqrt[3]{dc \cdot A} \dots \dots \dots SKSNI - T - 15 - 1991 - 03..psl.3.3.6..butir4$$

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

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, f_s dapat diambil

$$0.6 f_y$$

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

dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan (decking + Dsengkang + $\frac{1}{2}$ Dtulangan)

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

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

- Untuk daerah lapangan

$$A = (2 \times 0.061 \times 0.30) : 5 = 0.00732 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.061 \times 0.00732} = 14.675 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

- Untuk daerah tumpuan

$$A = (2 \times 0.061 \times 0.30) : 2 = 0.0183 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.061 \times 0.0183} = 19.92 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

4.6.11 Penulangan Stud Balok Anak

4.6.11.1 Tranfer Gaya Horisontal

Mekanisme dari tranfer gaya horisontal dihitung berdasarkan besarnya gaya geser yang dipindahkan melalui permukaan temu. ACI 318.83 mengusulkan dua metode alternatif untuk merencanakan transfer gaya horisontal, yaitu :

1. Perencanaan berdasarkan gaya geser berfaktor vertikal pada penampang yang ditinjau.
2. Perencanaan berdasarkan pada kekuatan geser friksi pada bidang temu dimana kekuatan geser tersebut mampu menjamin perubahan aktual gaya tekan / tarik yang terjadi pada penampang yang ditinjau.

Dalam perancangan ini dipakai metode yang kedua, karena lebih mendekati kenyataan , dimana dasar desain :

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

Dimana :

V_u = gaya geser horisontal berfaktor dari penampang yang ditinjau

V_{nh} = kekuatan geser horisontal nominal

$$\phi = 0.65 \dots \text{SKSNI 1991 ps/3.2.3}$$

Menurut SKSNI 1991 pasal 3.10.5 ada tiga kasus yang mungkin terjadi , yaitu :

1. Bila bidang kontaknya bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan, maka $V_{nh} \leq 0.6 \times b_v \times d$
2. Bila dipasang sengkang pengikat minimum tetapi tidak sengaja dikasarkan , maka $V_{nh} \leq 0.6 \times b_v \times d$
3. Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan pasal 3.10.6 SKSNI 1991 , bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan , hingga mencapai tingkat kekasaran penuh dengan tonjolan dan cekungan permukaan kira-kira 5 mm, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari $2.5 \cdot b_v \cdot d$

Menurut SKSNI 1991 pasal 3.4.7, luas tulangan geser horisontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$Avf = \frac{Vnh}{\mu \cdot fy}$$

Avf = luas tulangan geser horisontal

Vnh = gaya geser horisontal nominal

μ = koefisien friksi.....SKSNI/1991 ps/3.4.7 butir 4.3

$\mu = l \times l$

l = 1.0 untuk beton normal

= 0.85 untuk beton pasir ringan

= 0.75 untuk beton ringan

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

$s = Lvh \cdot Atie / Avi$

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

= 520 mm

Penulangan geser minimum :

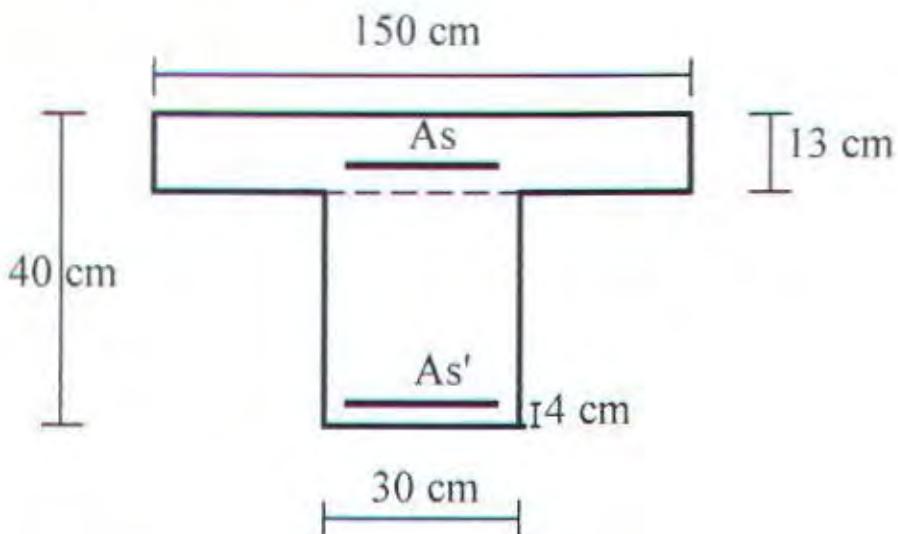
$Avi_{min} = bv \cdot lvh / 3 \cdot fy$

4.6.11.2 Perhitungan Penulangan Stud

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

Contoh Perhitungan

Penulangan Stud Daerah Tumpuan



Gambar 4.16 Potongan melintang balok daerah tumpuan

$$\text{Ditambil } Lvh = L/4 = 6000\text{mm}/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$As = \text{Tul. Atas} = 3D22 (1139.82 \text{ mm}^2)$$

$$As' = \text{Tul. Bawah} = 2D22 (759.8 \text{ mm}^2)$$

$$Vnh = T = As \times fy = 1139.82 \times 320 = 364742.4 \text{ N}$$

$$0.6 \times bv \times d = 0.6 \times 300 \times 349 = 62820 \text{ N} < Vnh$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi yang kedua ,maka

$$Vnh \leq 0.6 \times bv \times d$$

$$= 62820 \text{ N}$$

$$Avf = \frac{Vnh}{\mu \cdot fy} = \frac{364742.4}{1.320} = 1139.82 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat D10 mm ($A_{tie} = 2 \times 78.5 = 157 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{Lvh \times A_{tie}}{Avf} = \frac{1500 \times 157}{1139.82} = 206.6 \text{ mm}$$

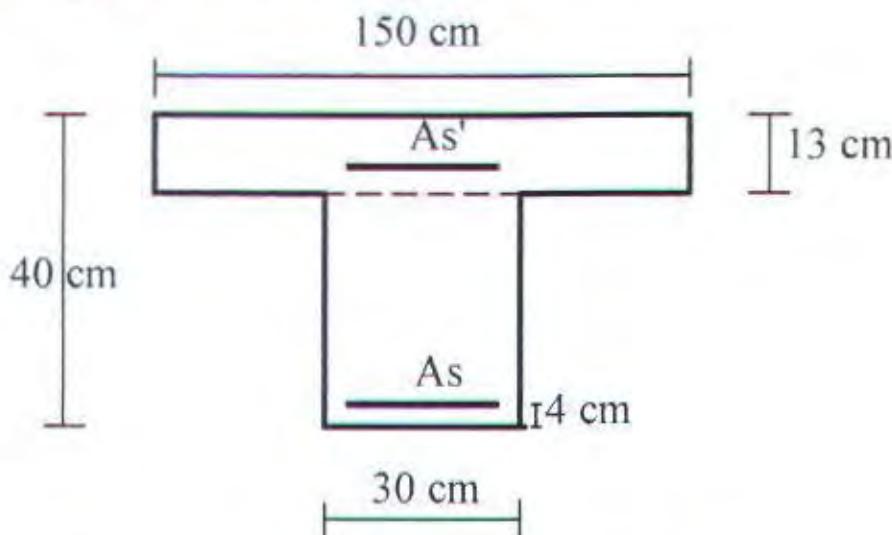
Sesuai dengan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.10.6.1

$$s_{max} \leq 4 \times t_{pelat} = 520 \text{ mm}$$

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

Dipasang sengkang pengikat D10 – 170 mm
 (untuk memudahkan pelaksanaan dipasang pada jarak = jarak sengkang geser)

Penulangan Stud Daerah Lapangan



Gambar 4.17 Potongan melintang balok daerah lapangan

$$Lvh = 1500 \text{ mm}$$

$$As' = \text{Tul. Atas} = 3D22 (1139.82 \text{ mm}^2)$$

$$As = \text{Tul. Bawah} = 5D22 (1899.7 \text{ mm}^2)$$

$$Vnh = T = As \times f_y = 1899.7 \times 320 = 607904 \text{ N}$$

$$0.6 \times bv \times d = 0.6 \times 300 \times 349 = 62820 \text{ N} < Vnh$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi yang kedua ,maka

$$Vnh \leq 0.6 \times bv \times d$$

$$= 131880 \text{ N}$$

$$Avf = \frac{Vnh}{\mu \cdot f_y} = \frac{607904}{1.320} = 1899.7 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat D12 mm ($A_{tie} = 2 \times 113.04 = 226.08 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{Lvh \times A_{tie}}{Avf} = \frac{1500 \times 226.08}{1899.7} = 178.51 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.10.6.1

$$s_{max} \leq 4 \times t_{pelat} = 520 \text{ mm}$$

$\leq 600 \text{ mm}$

Dipasang sengkang pengikat D12 – 170 mm

(untuk memudahkan pelaksanaan dipasang pada jarak = jarak sengkang geser)

4.6.12 PANJANG PENYALURAN

a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.5.2

- Untuk batang D-36 dan lebih kecil

$$Ldb = \frac{0.02 \times Ab \times fy}{\sqrt{fc'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } Ldb = 0.06 \times db \times fy$$

dimana :

Ab = luas satu batang tulangan

fy = tegangan leleh tulangan

fc' = tegangan leleh beton

db = diameter batang tulangan

$$Ldb = \frac{0.02 \times 379.94 \times 320}{\sqrt{30}} = 443.95 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $Ldb = 0.06 \times 22 \times 320 = 422.4 \text{ mm}$

maka diambil $Ldb = 420 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan

SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.5.2 :

$$Ldb = \frac{db \times fy}{4\sqrt{fc'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } Ldb = 0.04 \times db \times fy$$

$$Ldb = \frac{32 \times 320}{4\sqrt{30}} = 321.33 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $Ldb = 0.04 \times 22 \times 320 = 281.6 \text{ mm}$

maka diambil $Ldb = 280 \text{ mm}$

BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 UMUM

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

Didalam analisa struktur utama **Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur** ini , pemodelan struktur mengacu kepada peraturan UBC 1997 dengan mempergunakan adalah **Building Frame System**.

5.2 DATA-DATA PERENCANAAN

Perencanaan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini berdasarkan atas data-data sebagai berikut :

- Mutu beton (fc) = 30Mpa
- Mutu baja tulangan utama (fy) = 320 Mpa
- Mutu baja tulangan sengkang (fy) = 320 Mpa
- Fungsi bangunan = perpustakaan
- Tinggi bangunan = 36 m
- Jumlah tingkat = 10 (9 lantai + atap)
- Tinggi tiap tingkat = 4 m
- Jenis bangunan = beton bertulang
- Dimensi balok induk 1 = $35 \times 85 \text{ cm}^2$
- Dimensi balok induk 2 = $35 \times 70 \text{ cm}^2$
- Dimensi kolom = $80 \times 80 \text{ cm}^2$
- Tebal Shearwall = 40 cm
- Balok anak = $30 \times 40 \text{ cm}^2$
- Balok luar = $20 \times 30 \text{ cm}^2$
- Zona gempa = zona 2b

5.3 PERHITUNGAN PEMBEBANAN VERTIKAL PADA GEDUNG

Beban vertikal struktur pada building frame system dipikul oleh frame saja, dimana lokasi pembebanannya memakai sistem tributary. Selanjutnya beban yang bekerja pada balok dianalisa langsung memakai program SAP2000 tanpa perlu mencari q ekivalen dari beban tersebut.

Adapun besarnya beban – beban tersebut adalah :

a. **Beban pelat lantai** (langsung dibebankan secara tributary pada program SAP2000)

- Beban mati = 430 kg/m^2
- Beban hidup = 250 kg/m^2

b. **Beban pelat atap** (langsung dibebankan secara tributary pada program SAP2000)

- Beban mati = 396 kg/m^2
- Beban hidup = 100 kg/m^2

c. **Beban sendiri balok**

- Balok Induk 1

$$q = 0.85 \times 0.35 \times 2400 = 714 \text{ kg/m}$$

- Balok Induk 2

$$q = 0.7 \times 0.35 \times 2400 = 588 \text{ kg/m}$$

- Balok Luar

$$q = 0.3 \times 0.2 \times 2400 = 108 \text{ kg/m}$$

- Balok Anak

$$q = 0.4 \times 0.3 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

d. **Beban akibat dinding**

- $q = 4 \times 250 = 1000 \text{ kg/m}$

5.4 PERHITUNGAN GAYA HORISONTAL PADA GEDUNG

Gaya-gaya horisontal ini disebabkan oleh adanya angin dan gempa , selanjutnya gaya-gaya horisontal ini semuanya dibebankan pada shearwall.

5.4.1 Perhitungan Berat Total Gedung

5.4.1.1 Beban mati atap

1. Berat mati total atap

a. Berat total pelat atap

$$\begin{aligned} W_a &= q \times \text{luas total pelat} \\ &= 396 \text{ kg/m}^2 \times 682.7 \text{ m}^2 = 270349.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Berat total balok induk 35/70

$$\begin{aligned} W_b &= 0.35 \times 0.70 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok induk} \\ &= 0.35 \times 0.7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 236 \text{ m} \\ &= 136080 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Berat total balok induk 35/85

$$\begin{aligned} W_c &= 0.35 \times 0.85 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok induk} \\ &= 0.35 \times 0.85 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 34 \text{ m} \\ &= 24276 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Berat total balok anak 30/40

$$\begin{aligned} W_d &= 0.3 \times 0.4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok anak} \\ &= 0.3 \times 0.4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 105.1 \text{ m} \\ &= 30268.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat total balok luar 20/30

$$\begin{aligned} W_e &= 0.2 \times 0.3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok luar} \\ &= 0.2 \times 0.3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 95 \text{ m} \\ &= 10260 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Berat total dinding

$$\begin{aligned} W_f &= q \times \text{tinggi dinding yang dipikul} \times \text{panjang total dinding} \\ &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} \times 110 \text{ m} \\ &= 55000 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. Berat total kolom 80/80

$$\begin{aligned} W_g &= 0.8 \times 0.8 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{tinggi kolom yang dipikul} \times \text{jumlah total kolom} \\ &= 0.7 \times 0.7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ m} \times 22 \\ &= 34560 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Berat total shearwall

$$\begin{aligned} W_h &= \text{luas total shearwall} \times \text{tinggi shearwall yang dipikul} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 8.16 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$= 39168 \text{ kg}$$

$$W_{\text{mati total atap}} = W_a + W_b + W_c + W_d + W_e + W_f + W_g + W_h = 556102 \text{ kg}$$

2. Berat hidup total atap

$$\begin{aligned} W_{\text{hidup total atap}} &= q \times \text{koef.reduksi} \times \text{luas total pelat atap} \\ &= 100 \text{ kg/m}^2 \times 0.5 \times 682.7 \\ &= 34135 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{\text{total atap}} = W_{\text{mati total atap}} + W_{\text{hidup total atap}}$$

$$\begin{aligned} &= 556102 \text{ kg} + 34135 \text{ kg} \\ &= 590237 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.4.1.2 Beban mati lantai

1. Berat mati total lantai

a. Berat total pelat lantai

$$\begin{aligned} W_a &= q \times \text{luas total pelat} \\ &= 430 \text{ kg/m}^2 \times 682.7 \text{ m}^2 = 293561 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Berat total balok induk 35/70

$$\begin{aligned} W_b &= 0.35 \times 0.70 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok induk} \\ &= 0.35 \times 0.7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 236 \text{ m} \\ &= 136080 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Berat total balok induk 35/85

$$\begin{aligned} W_c &= 0.35 \times 0.85 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok induk} \\ &= 0.35 \times 0.85 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 34 \text{ m} \\ &= 24276 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Berat total balok anak 30/40

$$\begin{aligned} W_d &= 0.3 \times 0.4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok anak} \\ &= 0.3 \times 0.4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 105.1 \text{ m} \\ &= 30268.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat total balok luar 20/30

$$\begin{aligned} W_e &= 0.2 \times 0.3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{panjang total balok luar} \\ &= 0.2 \times 0.3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 95 \text{ m} \\ &= 10260 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Berat total dinding

$$\begin{aligned}
 W_f &= q \times \text{tinggi dinding yang dipikul} \times \text{panjang total dinding} \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 110 \text{ m} \\
 &= 110000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

g. Berat total kolom 80/80

$$\begin{aligned}
 W_g &= 0.8 \times 0.8 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \text{tinggi kolom yang dipikul} \times \text{jumlah total kolom} \\
 &= 0.7 \times 0.7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 22 \\
 &= 69120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

h. Berat total shearwall

$$\begin{aligned}
 W_h &= \text{luas total shearwall} \times \text{tinggi shearwall yang dipikul} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 8.16 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 78336 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{mati total lantai}} = W_a + W_b + W_c + W_d + W_e + W_f + W_g + W_h = 688457.8 \text{ kg}$$

2. Berat hidup total lantai

$$\begin{aligned}
 W \text{ hidup total atap} &= q \times \text{koef.reduksi} \times \text{luas total pelat lantai} \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 0.5 \times 682.7 \\
 &= 85337.5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ total lantai} &= W_{\text{mati total lantai}} + W \text{ hidup total lantai} \\
 &= 688457.8 \text{ kg} + 85337.5 \text{ kg} \\
 &= 773795.3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total gedung} &= W \text{ total atap} + W \text{ total lantai} \\
 &= 590237 \text{ kg} + (8 \times 773795.3 \text{ kg}) \\
 &= 6780599.4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.4.2 Perhitungan Gaya Geser Dasar

Untuk perencanaan gaya gempa dipergunakan peraturan UBC1997 termasuk didalamnya menghitung gaya geser dasar. Perhitungan gaya geser dasar ini dipergunakan untuk mengecek gaya gempa yang dihasilkan oleh analisa dinamis, dimana besarnya gaya gempa yang dihasilkan pada analisa dinamis tidak boleh kurang dari 90% dari perhitungan analisa gempa statis.

Perhitungan gaya geser dasar sesuai dengan UBC1997 section 1630.2.1 sebagai berikut

- Total gaya geser dasar yang bekerja dihitung berdasarkan :

$$V = \frac{C_r J}{R T} \times W \quad Pers(30-4)$$

- Dimana total gaya geser tidak perlu lebih dari :

$$V \leq \frac{2.5 C_a J}{R} \times W \quad Pers(30-5)$$

- Dan total gaya geser tidak boleh kurang dari:

$$V \geq 0.11 C_a J W \quad Pers.(30-6)$$

Perhitungan periode dasar struktur (T) dapat dilakukan dengan dua metode :

1. Metode A

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad Pers(30-8) \text{ section 1630.2.2 UBC1997}$$

2. Metode B

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

Perhitungan T dengan Metode A

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

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

$C_t = 0.0488$ for other building

Sehingga $T = 0.0488 \cdot (36)^{3/4} = 0.7172 \quad dt$

- Building Frame System : $R = 5.5$, $\Omega_0 = 2.8$ tabel 16-N UBC 1997
- Zona 2b : $Z = 0.2$ tabel 16-I UBC 1997
- Zona 2b dan tipe tanah Sd : $C_v = 0.4$ tabel 16-R UBC 1997
- Zona 2b dan tipe tanah Sd : $C_a = 0.28$ tabel 16-Q UBC 1997
- Perpustakaan (sarana pendidikan) : $I = 1$ tabel 16-K UBC 1997

Dari data diatas dapat dihitung besarnya gaya geser dasar :

$$V = \frac{C_v J}{R T} \times W = \frac{0.4 \times 1}{5.5 \times 0.7172} \times 6780599.4 = 687582.9641 \text{ kg}$$

$$V \leq \frac{2.5 C_a J}{R} \times W$$

$$V \leq \frac{2.5 \times 0.44 \times 1}{5.5} \times 6780599.4 = 862985.3782 \text{ kg}$$

$$V \geq 0.11 C_a J W = 0.11 \times 0.28 \times 1 \times 6780599.4 = 208842.4615 \text{ kg}$$

Jadi dari perhitungan diatas didapat $V = 687582.9641 \text{ kg}$

5.4.3 Perhitungan Gaya Geser Tiap Lantai

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan diatas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan UBC1997 section 1630.5 dengan perumusan sebagai berikut :

$$F_x = \frac{(V - F_t) W_x \cdot h_x}{\sum W_i \cdot h_i} \quad \dots \text{pers.(30-15)UBC1997}$$

Dimana -

V = gaya geser dasar

F_t = gaya gempa pada puncak struktur

$$F_t = 0.07 \times T \times V \quad \text{pers.(30-14)UBC1997}$$

$F_t < 0.25V$ untuk $T > 0.7 \text{ dt}$

$$0.25V = 171895.741 \text{ kg}$$

$$F_t = 0.07 \times 0.7172 \times 687582.9641$$

$$F_t = 34519.415 \text{ kg} < 0.25V$$

Dengan rumus $F_x = \frac{(V - F_t) W_x \cdot h_x}{\sum W_i \cdot h_i}$ diperoleh gaya geser tiap lantai sebagai berikut :

Tabel 5.1 Gaya Geser Tiap Lantai

LANTAI	Wi (kg)	Hi (m)	Wi.hi (kg.m)	Fx(kg)
atap	590237	36	21248532	104591.1886
9	773795.3	32	24761449.6	121882.7468
8	773795.3	28	21666268.4	106647.4034
7	773795.3	24	18571087.2	91412.06008
6	773795.3	20	15475906	76176.71674
5	773795.3	16	12380724.8	60941.37339
4	773795.3	12	9285543.6	45706.03004
3	773795.3	8	6190362.4	30470.68669
2	773795.3	4	3095181.2	15235.34335
1	773795.3	0	0	0

5.4.4 Perhitungan Analisa Gempa Dinamis

Perhitungan analisa gempa dinamis dihitung langsung memakai program SAP2000, dimana perhitungan gempa dinamis ini mengacu kepada peraturan UBC1997 section 1631 sebagai berikut :

- Respon spectrum fuction

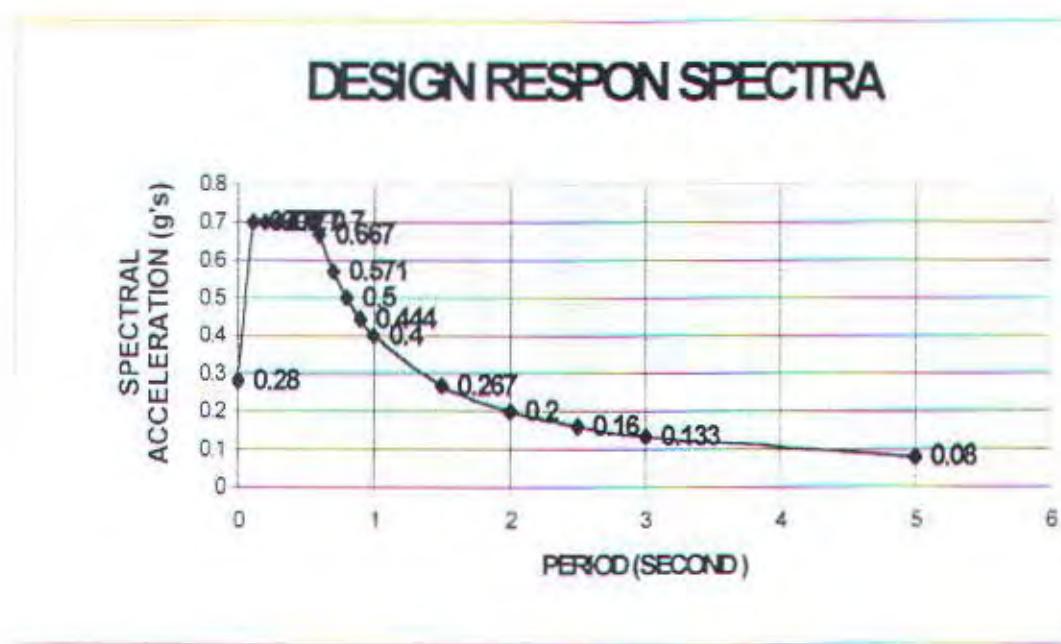
Didalam mendesain respon spectrum fuction mengacu kepada nilai Ca dan Cv dimana tertera pada figure 16-3 UBC1997 , dimana nilai Ca dan Cv direduksi dengan faktor pembagi R.

- Respon spectrum case

Didalam mendesain respon spectrum case nilai acceleration ordinates sesuai dengan UBC1997 section 1631.2 haruslah dikalikan dengan kecepatan gravitasi sebesar 9.81 m/dt^2 , dengan nilai mempertimbangkan terjadi dumping sebesar 0.05 .

Tabel 5.2 Nilai Response Spectrum Case

Period(second)	Spectral Acceleration (g's)	keterangan
0	0.28	Ca = 0.28
0.1142	0.7	2.5 Ca = 0.7
0.2	0.7	
0.3	0.7	
0.4	0.7	
0.571	0.7	$T_s = Cv/(2.5Ca) = 0.571 \text{ dt}$
0.6	0.667	$Cv/T = 0.667$
0.7	0.571	$Cv/T = 0.571$
0.8	0.5	$Cv/T = 0.5$
0.9	0.444	dst
1	0.4	
1.5	0.267	
2	0.2	
2.5	0.16	
3	0.133	
5	0.08	



Gambar 5.1 Grafik Design Respon Spectra

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

gaya gempa dinamis. Selain itu perlu juga dipenuhi bahwa total reaksi gaya geser dasar yang dihasilkan pada analisa gempa dinamis tidak boleh kurang dari 90% total gaya geser dasar yang dihasilkan pada perhitungan gempa statis, hal ini sesuai dengan yang diisyaratkan pada UBC1997 section 1631.5.4.1 .

- Perlu juga diperhitungkan dalam analisa gaya gempa terhadap gaya puntir yang terjadi pada struktur akibat beban gempa yang bekerja, hal ini sesuai dengan yang diisyaratkan pada UBC 1997 section 1630.7 , kemudian gaya puntir yang didapat dimasukkan sebagai beban gaya yang memutar sumbu vertikal di pusat massa . Dimana momen puntir ini diperhitungkan berdasarkan :
 1. Momen torsi akibat pusat kekakuan yang tidak berimpit dengan pusat massa struktur (ec).
 2. Momen torsi yang terjadi dengan anggapan terjadi pergeseran pusat massa sebesar 5% dari lebar gedung pada masing-masing arah yang ditinjau (UBC 1997 section 1630.6).

Dimana untuk momen torsi yang diakibatkan pada kasus 2 , untuk gedung yang tidak simetris seperti yang tertuang pada tabel 16-M UBC 1997, nilai momen torsi yang terjadi harus dikalikan dengan faktor pengali sebesar Ax .

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

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

δ_{\max} = nilai displacement maksimal pada tingkat x

Karena pada analisa SAP2000 lantai dimodelkan sebagai lantai diafragma

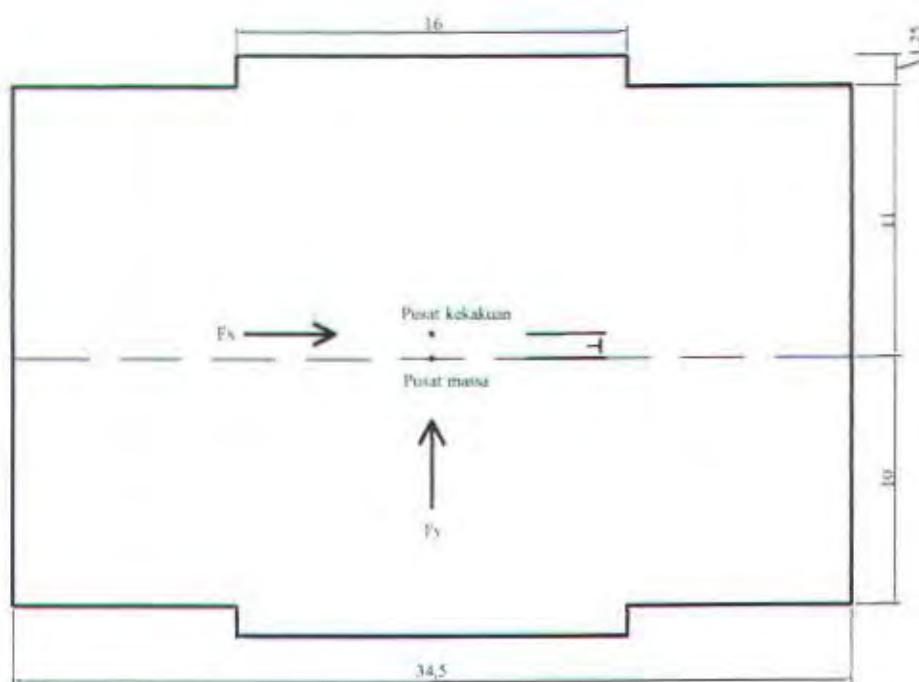
maka besarnya $\delta_{avg} = \delta_{\max}$, sehingga $Ax = \left[\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{avg}} \right]^2 = 0.694$

Tabel 5.3 Momen Torsi Akibat Gempa Arah Y di Pusat Massa

Lantai	Fy (arah y) kg	Jarak pusat kekakuan dgn pusat massa (ec) m	T1 (Fy.ec) kg.m	5% lebar m	Ax	T2	M Torsi total
						(Fy.5%lebar.Ax) kg.m	(T1 + T2) kg.m
Atap	104591.2	0	0	1.725	0.694	125211.3551	125211.3551
9	121882.7	0	0	1.725	0.694	145911.8743	145911.8743
8	106647.4	0	0	1.725	0.694	127672.9349	127672.9349
7	91412.1	0	0	1.725	0.694	109433.9955	109433.9955
6	76176.7	0	0	1.725	0.694	91194.93641	91194.93641
5	60941.4	0	0	1.725	0.694	72955.99701	72955.99701
4	45706	0	0	1.725	0.694	54716.9379	54716.9379
3	30470.7	0	0	1.725	0.694	36477.99851	36477.99851
2	15235.3	0	0	1.725	0.694	18238.9394	18238.9394
1	0	0	0	1.725	0.694	0	0

Tabel 5.4 Momen Torsi Akibat Gempa Arah X di Pusat Massa

Lantai	Fx (arah x) kg	Jarak pusat kekakuan dgn pusat massa (ec) m	T1 (Fy.ec) kg.m	5% lebar m	Ax	T2	M Torsi total
						(Fy.5%lebar.Ax) kg.m	(T1 + T2) kg.m
Atap	104591.2	1	104591.2	1.125	0.694	81659.5794	186250.7794
9	121882.7	1	121882.7	1.125	0.694	95159.91803	217042.618
8	106647.4	1	106647.4	1.125	0.694	83264.95755	189912.3576
7	91412.1	1	91412.1	1.125	0.694	71369.99708	162782.0971
6	76176.7	1	76176.7	1.125	0.694	59474.95853	135651.6585
5	60941.4	1	60941.4	1.125	0.694	47579.99805	108521.3981
4	45706	1	45706	1.125	0.694	35684.9595	81390.9595
3	30470.7	1	30470.7	1.125	0.694	23789.99903	54260.69903
2	15235.3	1	15235.3	1.125	0.694	11894.96048	27130.26048
1	0	1	0	1.125	0.694	0	0



Gambar 5.2 Sketsa Letak Pusat Massa dan Pusat Kekakuan

5.4.5 Perhitungan Beban Akibat Angin

Berdasarkan UBC1997, dikatakan bahwa untuk segala macam gedung atau struktur haruslah didesain untuk mampu menahan pengaruh akibat beban angin. Sesuai dengan UBC1997 section 1615 Division III-Wind Design diperoleh hal-hal sebagai berikut :

- Pada Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini, kecepatan angin dasar yang terjadi pada struktur adalah 70 mph dan jika dilihat dari kondisi daerahnya yang masih banyak terdapat tanah lapang maka daerah ini masuk dalam katagori C.
- Tekanan angin dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

Dimana :

P = tekanan angin

C_e = koefisien kombinasi ketinggian, exposure dan gust faktor (tabel 16-G)

C_q = koefisien tekanan struktur (tabel 16-H)

q_s = tekanan angin pada ketinggian standar (tabel 16-F)

I_w = faktor tingkat kepentingan (tabel 16-K)

5.4.5.1 Contoh Perhitungan Gaya Akibat Angin

Besarnya gaya angin dihitung tiap portal selanjutnya dibebankan pada shearwall selaku pemikul beban horisontal.

Contoh perhitungan gaya angin arah y pada atap (pada portal G-G') :

$$q_s = 12.6 \text{ psf} = 0.6035 \text{ KN/m}^2 = 61.59 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{tinggi gedung } h = 36 \text{ m} = 118.11 \text{ ft}$$

$$\text{pada } h = 100 \text{ ft} \dots \dots C_e = 1.61$$

$$h = 120 \text{ ft} \dots \dots C_e = 1.67$$

dengan interpolasi pada $h = 118.11 \text{ ft}$ diperoleh $C_e = 1.66433$

$$I_w = 1 \text{ (sarana pendidikan) }$$

$$C_q = 0.8 \text{ pada arah datangnya angin}$$

$$C_q = 0.5 \text{ pada arah dibalik angin}$$

a. Tekanan pada arah datangnya angin

$$\begin{aligned} P &= C_e \cdot C_q \cdot q_s \cdot I_w \\ &= 1.66433 \times 0.8 \times 61.59 \times 1 = 82.055 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Gaya Angin} = P \times \text{Luas bidang tekan angin pada dinding}$$

$$= 82.055 \times (2 \times 5.5) = 902.055 \text{ kg}$$

b. Tekanan pada arah dibalik angin

Sesuai dengan UBC1997 section 1622, pada arah dibalik angin nilai C_e pada segala ketinggian adalah sama tergantung nilai C_e pada tinggi pertengahan. Sehingga besarnya gaya angin pada arah dibalik angin adalah sama pada segala ketinggian tergantung pada besarnya gaya angin pada tinggi pertengahan.

Nilai C_e diambil pada ketinggian $h = 36/2 = 18 \text{ m} = 59.055 \text{ ft} \dots \dots C_e = 1.424$

$$P = Ce \cdot Cq \cdot q_s \cdot lw$$

$$= 1.424 \times 0.5 \times 61.59 \times 1 = 43.862 \text{ kg/m}^2$$

Gaya Angin = $P \times$ Luas bidang tekan angin pada dinding

$$= 43.862 \times (4 \times 5.5) = 964.964 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.5 Gaya Angin pada Arah Datangnya Angin di Portal G-G'

Lt	As	Hy		LUAS BID.TEKAN		PADA	ARAH	DATANGNYA ANGIN
		(m)	(feet)	tinggi (m)	lebar (m)			
atap	G-G'	36	118.1102	2	5.5	1.66433	82.0048678	902.0535454
9	G-G'	32	104.9869	4	5.5	1.625	80.067	1761.474
8	G-G'	28	91.86352	4	5.5	1.577	77.701944	1709.442768
7	G-G'	24	78.74016	4	5.5	1.524	75.090528	1651.991616
6	G-G'	20	65.6168	4	5.5	1.458	71.838576	1580.448672
5	G-G'	16	52.49344	4	5.5	1.385	68.24172	1501.31784
4	G-G'	12	39.37008	4	5.5	1.305	64.29996	1414.59912
3	G-G'	8	26.24672	4	5.5	1.2	59.1264	1300.7808
2	G-G'	4	13.12336	4	5.5	1.06	52.22832	1149.02304

Tabel 5.6 Gaya Angin pada Arah Dibalik Angin di Portal G-G'

Lt	As	Hy		LUAS BID.TEKAN		PADA	ARAH	DIBALIK ANGIN
		(m)	(feet)	tinggi (m)	lebar (m)			
Atap	G-G'	36	118.1102	2	5.5	1.424	43.85208	964.74576
9	G-G'	32	104.9869	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
8	G-G'	28	91.86352	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
7	G-G'	24	78.74016	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
6	G-G'	20	65.6168	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
5	G-G'	16	52.49344	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
4	G-G'	12	39.37008	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
3	G-G'	8	26.24672	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
2	G-G'	4	13.12336	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576

5.4 PEMODELAN STRUKTUR

Didalam perencanaan gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini gedung dimodelkan sebagai *Building Frame System* dengan shearwall. Didalam pemodelan *Building Frame System*, shearwall didesain untuk menahan seluruh beban lateral (gaya horisontal) dan frame didesain untuk menahan seluruh beban gravitasi.

Shearwall dan balok-kolom akan mengalami translasi yang sama besarnya karena pelat direncanakan sebagai diafragma yang kaku. Sehingga perlu mendesain struktur dimana balok-kolom harus didesain untuk tidak runtuh dalam menahan translasi yang besar akibat dari beban lateral dan tidak rusak dalam menerima beban gempa yang kecil.

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur akan menggunakan bantuan program software analisa struktur SAP 2000.

Untuk memenuhi persyaratan yang disebut diatas maka struktur dimodelkan menjadi 3 pemodelan , sebagai berikut :

a. Pemodelan I :

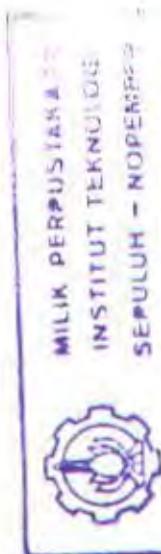
- digunakan untuk mencari gaya dalam frames akibat berat sendiri, beban mati , beban hidup , gempa, dan angin.
- Dengan analisa dinamis(response spectra) pada SAP2000

b. Pemodelan II :

- digunakan untuk mencari translasi (Δm) yang ditimbulkan oleh beban lateral.
- Digunakan untuk mencari gaya dalam pada shearwall akibat berat sendiri dan beban lateral.
- Dengan analisa dinamis(response spectra) pada SAP2000

c. Pemodelan III :

- digunakan untuk mencari gaya dalam pada frames akibat translasi (Δm) dari pemodelan II, berat sendiri, beban mati , dan beban hidup.
- Dengan analisa statis pada SAP2000



Didalam pemodelan I ini ditujukan untuk mendapatkan gaya dalam akibat gravitasi ,gempa dan angin. Gaya dalam yang didapatkan nantinya akan dikombinasikan dengan gaya dalam yang dihasilkan pada pemodelan struktur lainnya . Pada pemodelan I kekakuan semua elemen tetap ada dengan imput beban kombinasi gravitasi, gempa dan angin.

Pada pemodelan II ini gaya lateral yang terjadi sepenuhnya dipikul oleh LFRS (Lateral Force Resisting System) dalam ini adalah shearwall. Untuk itu maka kekakuan dari frames NLFRS (Non Lateral Force Resisting System) direduksi,

sedangkan kekakuan dari shearwall tetap ada sehingga seolah-olah gaya lateral dapat diterima sepenuhnya oleh shearwall.

Pemodelan II ini memiliki dua tujuan yaitu :

- Untuk mendapatkan besarnya Δm yang terjadi pada komponen penahan gaya lateral yaitu shearwall.

$$\Delta m = 0.7 \times R \times \Delta s$$

Δs adalah besarnya output displacements yang dihasilkan.

- Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam akibat gempa pada struktur LFRS.

Pemodelan ini dimaksudkan bahwa frames harus mampu menerima beban gravitasi pada saat displacement terbesar pada tiap tingkat kearah lateral yang disebabkan oleh gempa., hal ini dimaksudkan bahwa struktur NLFRS tidak boleh runtuh pada saat beban gempa besar terjadi. Untuk itu pada pemodelan III ini struktur memiliki prilaku yang sama dengan pemodelan I namun beban yang bekerja pada struktur adalah beban joint displacement sebesar Δm dari pemodelan II dan beban gravitasi. Pemodelan ini selanjutnya untuk menentukan konsep perhitungan yang bekerja pada struktur NLFRS.

5.5 KOMBINASI PEMBEBANAN

Kombinasi pembebanan yang bekerja yang bekerja pada struktur utama didasarkan pada UBC 1997 section 1612.2.1 dan section 1909.2.1 dimana secara umum kombinasi pembebanan yang bekerja adalah sebagai berikut :

1. $1.4D + 1.7L$
2. $0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$
3. $0.9D + 1.3W$
4. $1.1(1.2D + f_iL + 1.0E)$

$f_i = 1.0$ untuk lantai kepentingan umum , 0.5 untuk beban hidup lain

5. $1.1(0.9D + 1.0E)$

Dimana :

D = beban mati

L = beban hidup

W = beban angin

E = beban gempa

$$E = \rho Eh + Ev \quad \rho = 1$$

Eh = komponen gaya gempa horisontal yaitu gaya geser dasar (V)

Ev = komponen gaya gempa vertikal = 0.5 Ca 1 D

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada perencanaan gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini sebagai berikut :

1. Pada pemodelan I

- a. $1.4D + 1.7L$
- b. $0.75(1.4D + 1.7L + 1.7 W)$
- c. $0.9D + 1.3W$
- d. $1.1 (1.2D + L + 1.0E)$
- e. $1.1(0.9D + 1.0E)$

2. Pada pemodelan II

- a. $0.75(1.4D + 1.7L + 1.7 W)$
- b. $0.9D + 1.3W$
- c. $1.1 (1.2D + L + 1.0E)$
- d. $1.1(0.9D + 1.0E)$

3. Pada pemodelan III

- a. $1.4D + 1.7L + 1.0$ Drift

5.6 KONTROL PERIODE (T) GETAR ALAMI STRUKTUR

Periode yang didapatkan pertama kali dari perumusan :

$$Ta = C_i(h_n)^{\frac{3}{4}}$$

Selanjutnya harus ditinjau dengan metode B dengan perumusan :

$$Tb = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^{-2} \right) \div \left(g \sum f_i \delta_i \right)} \quad pers.(30-10) UBC1997$$

Dimana :

w_i = berat struktur pada lantai i

δ_i = defleksi elastis pada lantai i

g = percepatan gravitasi

f_i = gaya gempa pada lantai i

Sesuai dengan UBC1997 section 1630.2.2 bahwa perlu dipenuhi periode yang dihitung dengan analisa dinamis (T_b) tidak boleh melebihi periode yang dihitung melalui pendekatan (T_a) sebesar $T_a + 40\%T_a$.

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

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

Tabel 5.7 Kontrol Periode Getar Alami Struktur Arah X

Defleksi Arah X							
LANTAI	Joint	Dx(m)	Dxi(m)	Wi(kg)	Fi(kg)	Wi . Dxi^2(kg.m^2)	Fi . Dxi(kg.m)
atap	515	0.1015	0.0126	590237	104591.19	93.70602612	1317.848994
9	514	0.0889	0.0133	773795.3	121882.75	136.8766506	1621.040575
8	516	0.0766	0.0138	773795.3	106647.4	147.3615769	1471.73412
7	517	0.0618	0.0138	773795.3	91412.06	147.3615769	1261.486428
6	519	0.048	0.0134	773795.3	76176.72	138.9426841	1020.768048
5	534	0.0346	0.0126	773795.3	60941.37	122.8477418	767.861262
4	574	0.022	0.0104	773795.3	45706.03	83.69369965	475.342712
3	575	0.0116	0.0079	773795.3	30470.69	48.29256467	240.718451
2	588	0.0037	0.0037	773795.3	15235.34	10.59325766	56.370758
						total =	
						929.8757785	8233.171348

$$\text{metode B} \quad T = \frac{0.67376325}{3} \quad Dt$$

$$\text{metode A} \quad T = \frac{0.7172}{1.00408} \quad Dt$$

$$T_{\text{metodeB}} < T + 0.4 T \quad \dots \text{OK!}$$

Tabel 5.8 Kontrol Periode Getar Alami Struktur Arah Y

Defleksi	Arah Y	LANTAI	Joint	Dy(m)	Dyi(m)	Wi(kg)	Fi(kg)	Wi . Dyi^2(kg.m^2)	Fi . Dyi(kg.m)
		atap	515	0.099	0.014	590237	104591.19	115.686452	1464.27666
		9	514	0.085	0.0142	773795.3	121882.75	156.0280843	1730.73505
		8	516	0.0708	0.0142	773795.3	106647.4	156.0280843	1614.39308
		7	517	0.0566	0.0138	773795.3	91412.06	147.3615769	1261.486428
		6	519	0.0428	0.0129	773795.3	76176.72	128.7672759	982.679688
		5	534	0.0299	0.0114	773795.3	60941.37	100.5624372	694.731618
		4	574	0.0185	0.0093	773795.3	45706.03	66.9255555	425.066079
		3	575	0.0092	0.0065	773795.3	30470.69	32.69285143	198.059485
		2	588	0.0027	0.0027	773795.3	15235.34	5.640967737	41.135418
							total =	909.6932852	8312.563506
			Metode B		T	=	0.663292591		Dt
			Metode A		T	=	0.7172		Dt
					T + 0.4T	=	1.00408		Dt
			T metodeB		<	T + 0.4 T	 OK!	

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

5.7 KONTROL GAYA GEMPA DINAMIS

5.7.1 Kontrol partisipasi massa pada gempa dinamis

Sesuai dengan UBC1997 section 1631.5.2 jumlah mode harus ditentukan sedemikian rupa sehingga jumlah massa yang berpartisipasi didalam perhitungan gempa dinamis tidak boleh kurang dari 90% dari massa yang ada.

Pemodelan I dengan 10 mode :

$$\text{Arah X} = 98.6468 \% > 90\%$$

$$\text{Arah Y} = 97.0702 \% > 90\%$$

Pemodelan II dengan 10 mode :

$$\text{Arah X} = 96.6366 \% > 90\%$$

$$\text{Arah Y} = 96.6651 \% > 90\%$$

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

5.7.2 Kontrol gaya geser dasar

Pada UBC1997 section 1631.5.4.1 dikatakan bahwa total gaya geser dasar yang bekerja pada analisa dinamis boleh direduksi sehingga nilai geser total yang bekerja tidak boleh kurang dari 90% dari gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisa statis.

Untuk **Pemodelan I** sebagai berikut :

$$V_{\text{analisa statis}} = 687582.9641 \text{ kg}$$

$$V_{\text{analisa dinamis}} = 1110888.43 \text{ kg} > 90\% V_{\text{analisa statis}}$$

Untuk **Pemodelan II** sebagai berikut :

$$V_{\text{analisa statis}} = 687582.9641 \text{ kg}$$

$$V_{\text{analisa dinamis}} = 827522.357 \text{ kg} > 90\% V_{\text{analisa statis}}$$

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

5.8 KONTROL DRIFT ANTAR TINGKAT

Kontrol drift pada perancangan ini menggunakan data displacement Pemodelan II , karena displacement serta drift yang dihasilkan lebih besar dari data displacement Pemodelan I dan Pemodelan III .

Perumusan drift pada tiap tingkat :

$$\Delta M = 0.7R\Delta x \quad \text{pers.(30-17)UBC1997}$$

nilai R = 5.5 untuk building frame system

$\Delta M \leq 0.02hs$ untuk struktur dengan periode (T) > 0.7 detik

Tabel 5.9 Kontrol Drift Antar Tingkat Arah X dan Arah Y

Untuk	T	>	0.7 dt
D max		=	0.02 x hs
		=	0.02 x 4
		=	0.08 m
Ds (hasil analisa sap2000)		=	0.0126
Dm		=	0.7 x R x Ds
		=	0.7 x 5.5 x 0.0126
		=	0.04851 < 0.08m
			OK !

Defleksi Arah X

LANTAI	Joint	D(m)	Ds(m)	Dm (m)	Dmak(m)	Ket
atap	515	0.1015	0.0126	0.04851	0.08	OK !
9	514	0.0889	0.0133	0.051205	0.08	OK !
8	516	0.0756	0.0138	0.05313	0.08	OK !
7	517	0.0618	0.0138	0.05313	0.08	OK !
6	519	0.048	0.0134	0.05159	0.08	OK !
5	534	0.0346	0.0126	0.04851	0.08	OK !
4	574	0.022	0.0104	0.04004	0.08	OK !
3	575	0.0116	0.0079	0.030415	0.08	OK !
2	588	0.0037	0.0037	0.014245	0.08	OK !

Defleksi Arah Y

LANTAI	Joint	D(m)	Ds(m)	Dm (m)	Dmak(m)	Ket
atap	515	0.099	0.014	0.0539	0.08	OK !
9	514	0.085	0.0142	0.05467	0.08	OK !
8	516	0.0708	0.0142	0.05467	0.08	OK !
7	517	0.0566	0.0138	0.05313	0.08	OK !
6	519	0.0428	0.0129	0.049665	0.08	OK !
5	534	0.0299	0.0114	0.04389	0.08	OK !
4	574	0.0185	0.0093	0.035805	0.08	OK !
3	575	0.0092	0.0065	0.025025	0.08	OK !
2	588	0.0027	0.0027	0.010395	0.08	OK !

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

6.1 UMUM

Setelah perhitungan analisa struktur utama dengan bantuan SAP 2000 selesai dilakukan maka akan didapatkan gaya-gaya dalam pada struktur utama. Perencanaan struktur utama ini modelnya mengacu pada pada UBC 1997 , sedangkan penulangannya mengacu pada peraturan SKSNI T-15-1991-03 serta peraturan lainnya yang menunjang.

6.2 PERANCANGAN BALOK INDUK

Didalam UBC1997 telah dijelaskan bahwa balok dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu balok kolektor elemen yang merupakan bagian dari LFRS dan balok NLFRS .

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

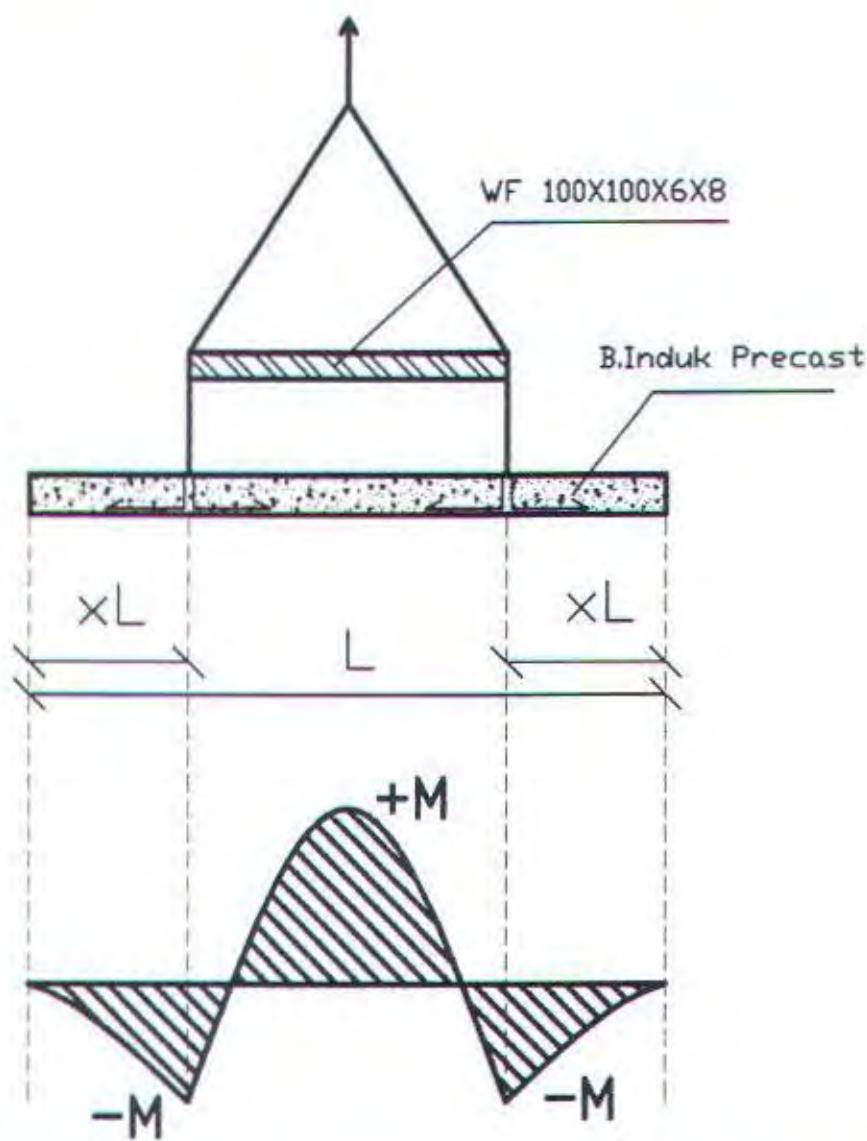
Data-data perencanaan :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- Dimensi balok 35/70

6.2.1 Pengangkatan Dan Penumpukan Elemen Balok

6.2.1.1 Pengangkatan elemen balok

Balok induk diproduksi secara pracetak di lokasi , sehingga perlu dikontrol pada saat pengangkatan. Disini akan dicontohkan pada elemen balok no.1195, pada lantai 2 dengan panjang 6 m.



Gambar 6.1 Momen saat pengangkatan balok dari PCI Design Handbook

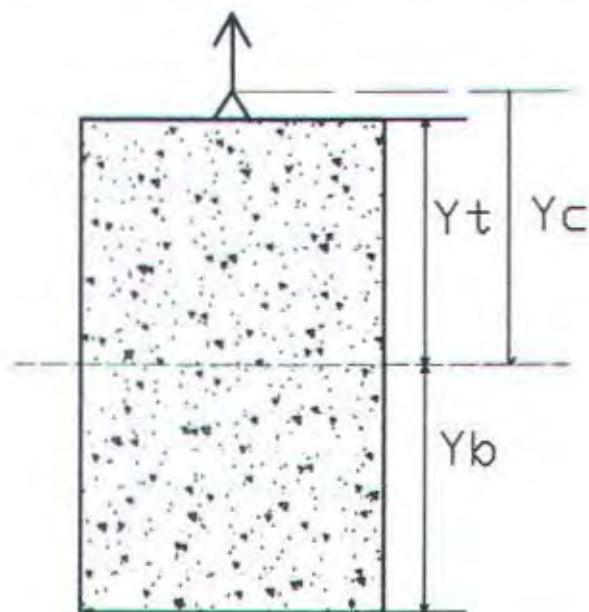
Dimana :

Dimensi balok 30/70 , l=6 m

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

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

$$x = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \operatorname{tg}\phi}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \operatorname{tg}\phi} \right)} \right]}$$



Gambar 6.2 Potongan melintang balok

Balok Induk 35/70

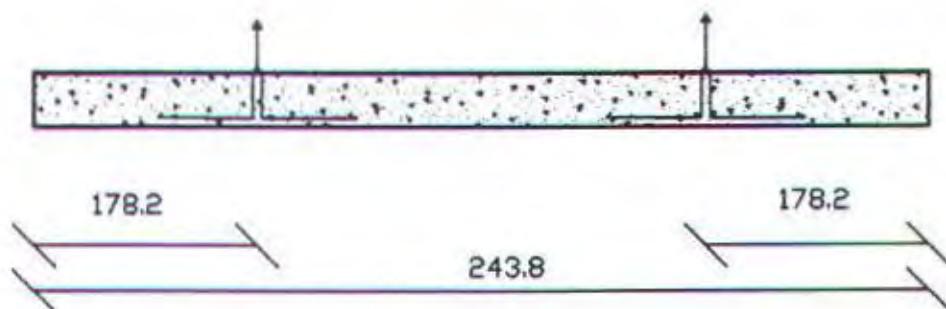
$$Y_t = Y_b = (70-13)/2 = 28.5 \text{ cm}$$

$$I = (1/12)35.57^2 = 9476.25 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 32.5 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 32.5}{600 \times \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{28.5 I}{28.5} \left(1 + \frac{4 \times 32.5}{600 \times \tan 45} \right)} \right]} = 0.297$$

$$x.L = 0.297 \times 600 = 178.2 \text{ cm}$$



Gambar 6.3 Jarak tulangan angkat

Data – data profil baja :

- Panjang tekuk = 243,8 cm
- Fe 360
- Profil WF 100 x 100 x 6 x 8

$$A = 21,90 \text{ cm}^2$$

$$ix = 4,18 \text{ cm}$$

$$iy = 2,47 \text{ cm}$$

$$w = 17,2 \text{ kg/m}$$

PEMBEBANAN

$$\text{Balok induk} = 0,35 \times 0,57 \times 2400 \times 5 = 2394 \text{ kg}$$

$$\text{Berat profil} = 17,2 \times 5 = 86 \text{ kg}$$

$$+ \rule{1cm}{0pt}$$

$$Wt = 2480 \text{ kg}$$

$$T \cdot \sin \phi = P = (1.2 \times k \times Wt)/2 = (1.2 \times 1.2 \times 2480)/2 = 3571,2 \text{ kg}$$

$$T = 3571,2 / \sin 45 = 5050,44 \text{ kg}$$

$$T \sin 45 = T \cos 45 = N = 3571,2 \text{ kg}$$

$$\lambda_x = \frac{lx}{ix} = \frac{243,8}{4,18} = 48,6$$

$$\lambda_y = \frac{ly}{iy} = \frac{243,8}{2,47} = 82,56$$

λ_y menentukan

$$\text{shg } w = 1,667$$

$$w \frac{N}{A} \leq \sigma = 1,667 \cdot \frac{3571,2}{21,90} = 271,8 \text{ kg/m}^2 \leq 1600 \text{ kg/m}^2$$

TULANGAN ANGKAT BALOK

$$P_u = 3571,2 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 ps2.2.2 , tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu U32 adalah = $f_y/1,5$

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

$$\phi_{tulanganangkat} \geq \sqrt{\frac{P_u \times 4}{\sigma_{ijin} \times \pi}}$$

$$\phi_{tulanganangkat} \geq \sqrt{\frac{3571.2 \times 4}{2133.33 \times \pi}}$$

$$\phi_{tulanganangkat} \geq 1.46\text{cm}$$

Digunakan tulangan $\phi 18\text{mm}$

MOMEN YANG TERJADI

- Pembebanan

$$\text{Berat sendiri} = 0.35 \times 0.57 \times 2400 = 478.8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 17.2 \text{ kg/m}$$

$$\overbrace{\quad\quad\quad}^+ + \\ 496 \text{ kg/m}$$

- Momen lapangan yang terjadi

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

$$+ M = \frac{496 \times 6^2}{8} \left(1 - (4 \times 0.297) + \frac{4 \times 0.325}{6 \times \tan 45} \right) = 111.6 \text{ kg.m}$$

- Tegangan yang terjadi

$$F = \frac{M}{W_t} = \frac{1116000}{\frac{1}{6} \cdot 350.570^2} = 0.059 \text{ MPa} < \text{tegangan ijin} (fr = 0.7 \sqrt{fc} = 3.83 \text{ MPa})$$

- Momen tumpuan yang terjadi

$$- M = \frac{w_x x^2 L^2}{2} = \frac{496 \times 0.297^2 \times 6^2}{2} = 546.89 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi

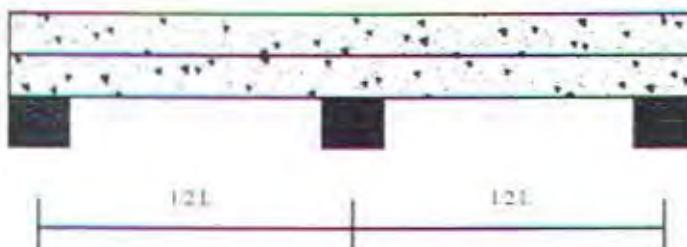
$$F = \frac{M}{W_t} = \frac{5468900}{\frac{1}{6} \cdot 350.570^2} = 0.288 < \text{tegangan ijin} (fr = 0.7 \sqrt{fc} = 3.83 \text{ MPa})$$

6.2.1.2 Penumpukan Elemen Balok

$$W_{balok} = 6 \times 0.35 \times 0.7 \times 2400 = 2940 \text{ kg} = 29400 \text{ N}$$

Ditumpuk pada umur beton 3 hari = $0.4 f_c' = 12 \text{ Mpa}$

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



Gambar 6.4 Penumpukan balok

Kontrol tegangan yang terjadi pada tengah bentang

Balok :

$$\frac{1/2 \times W_{\text{balok}}}{\text{Luas bid kontak}} = \frac{1/2 \times 29400}{100 \times 35} = 4.2 \text{ Mpa}$$

Ditumpuk sebanyak 2 tumpukan = $2 \times 4.2 = 8.4 \text{ Mpa} < 12 \text{ Mpa}$

6.2.2 PENULANGAN BALOK NLFRS

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

6.2.2.1 PENULANGAN LENTUR SEBELUM KOMPOSIT

Balok precast pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Disini akan dicontohkan pada elemen balok no.1195, pada lantai 2 dengan bentang 6 m dan dimensi 35/70.

- Pembebanan Akibat Beban Mati

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

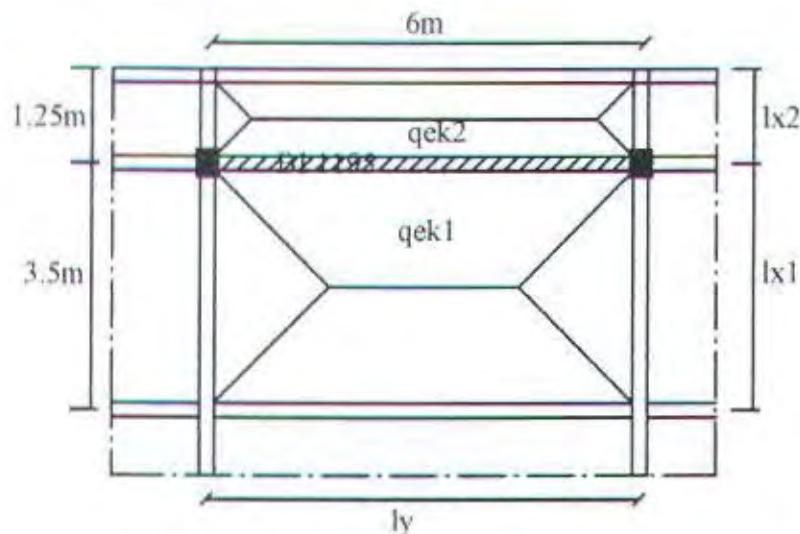
dan berat balok itu sendiri. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan pula konsep tributary area.

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

-Berat overtopping = $0.05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2$

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

-beban hidup = 200 kg/m^2



Gambar 6.5 Tributary area balok

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

$$qek1 = \frac{1}{2} \times 312 \times 1.75 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.75}{6} \right)^2 \right] = 484.069 \text{ kg/m}^2$$

$$qek1 = \frac{1}{2} \times 200 \times 1.75 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1.75}{6} \right)^2 \right] = 310.3 \text{ kg/m}^2$$

$$qek2 = \frac{1}{2} \times 312 \times 0.625 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{0.625}{6} \right)^2 \right] = 97.147 \text{ kg/m}^2$$

$$qek2 = \frac{1}{2} \times 200 \times 0.625 \times \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{0.625}{6} \right)^2 \right] = 62.27 \text{ kg/m}^2$$

- Beban mati juga mendapatkan tambahan dari berat sendiri balok

$$\begin{aligned} q_{ek \text{ mati}} &= (6 \times 484.069) + (6 \times 97.147) + [(0.7-0.13) \times 0.35 \times 2400] \\ &= 3966.1 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_{ek \text{ hidup}} = (6 \times 310.3) + (6 \times 62.27) = 2235.42 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi pembebanan

$$Q_u = 1.2DL + 1.6LL = (1.2 \times 3966.1) + (1.6 \times 2235.42) = 7441.82 \text{ kg/m}$$

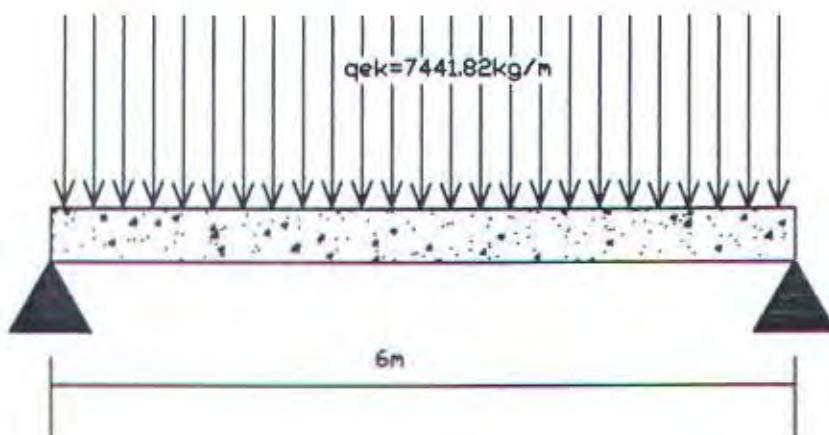
Contoh Perhitungan

Dimensi balok induk 35/70 cm

Bentang balok induk = 6 m

Dipakai tulangan diameter 25 mm

$$\rho_{\max} = 0.033 \quad \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.004375 \quad m = 12.55$$



Gambar 6.6 Beban beban yang bekerja

$$\begin{aligned} M_{u \text{ lapangan max}} &= 1/8 q l^2 = 1/8 \times 7441.8 \times 6^2 = 21416.9184 \text{ kg.m} \\ &= 214169184 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, namun tetap diberi penulangan sebesar setengah dari tulangan lapangan.

$$d = 700 - 130 - 40 - 12 - (1/2 \times 25) = 505.5 \text{ mm}$$

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

$$Rn = \frac{214169184}{0.8 \times 350 \times 505.5^2} = 2.99$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.99}{320}} \right] = 0.00997$$

$$As\ perlu = 0.00997 \times 350 \times 505.5 = 1765.55\text{mm}^2$$

$$Pakai\ 4D25 = 1962.5\text{mm}^2$$

$$\text{Tulangan tumpuan} = 2D25 = 981.25\text{ mm}^2$$

6.2.2.2 PENULANGAN LENTUR AKIBAT PENGANGKATAN

- Momen lapangan yang terjadi

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

$$+M = \frac{496 \times 6^2}{8} \left(1 - (4 \times 0.297) + \frac{4 \times 0.325}{6 \times \tan 45} \right) = 111.6\text{kg.m}$$

- Momen tumpuan yang terjadi

$$-M = \frac{w.x^2.L^2}{2} = \frac{496 \times 0.297^2 \times 6^2}{2} = 546.89\text{kg.m}$$

Penulangan Lapangan

$$Rn = \frac{1116000}{0.8 \times 350 \times 505.5^2} = 0.0156$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.0156}{320}} \right] = 0.000049 < \rho_{min} = 0.004375$$

$$As\ perlu = 0.004375 \times 350 \times 505.5 = 774.047\text{mm}^2$$

$$Pakai\ 2D25 = 981.25\text{mm}^2$$

Penulangan Tumpuan

$$Rn = \frac{5468900}{0.8 \times 350 \times 505.5^2} = 0.076$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.076}{320}} \right] = 0.000239 < \rho_{min} = 0.004375$$

$$As\ perlu = 0.004375 \times 350 \times 505.5 = 774.047\text{mm}^2$$

$$Pakai\ 2D25 = 981.25\text{mm}^2$$

6.2.2.3 PENULANGAN LENTUR SETELAH KOMPOSIT

Persyaratan tulangan :

- Rasio tulangan balance (ρ_b) = 0.044
- Rasio tulangan maksimum (ρ_{mak}) = 0.033
- Rasio tulangan minimum (ρ_{min}) = 0.004375
- Rasio antara baja dan beton (m) = 12.55

Contoh Perhitungan

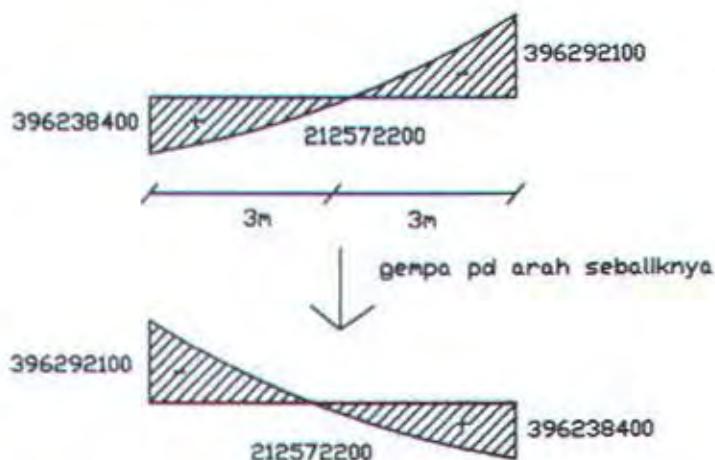
Dengan memakai program SAP2000 dari hasil Pemodelan 1 (setelah dibandingkan dengan pemodelan 3) diperoleh nilai-nilai sebagai berikut :

Dimensi balok induk 35/70 cm pada lantai 2 elemen nomer 1195 dengan bentang balok 6 m

$$M_{tump+} = +396238400 \text{ Nmm}$$

$$M_{tump-} = -396292100 \text{ Nmm}$$

$$M_{lap} = +212572200 \text{ Nmm}$$



Gambar 6.7 Momen yang bekerja pada balok

Tulangan tumpuan

- Tulangan tumpuan atas

Balok dianggap persegi

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

$$d = 700 - 40 - 12 - (25/2) = 635.5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{396292100}{0.8 \times 350 \times 635.5^2} = 3.5$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.5}{320}} \right] = 0.0118 > \rho_{\text{min}} = 0.004375$$

$$As_{\text{perlu}} = 0.0118 \times 350 \times 635.5 = 2624.615 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai } 6D25 = 2943.75 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tumpuan bawah

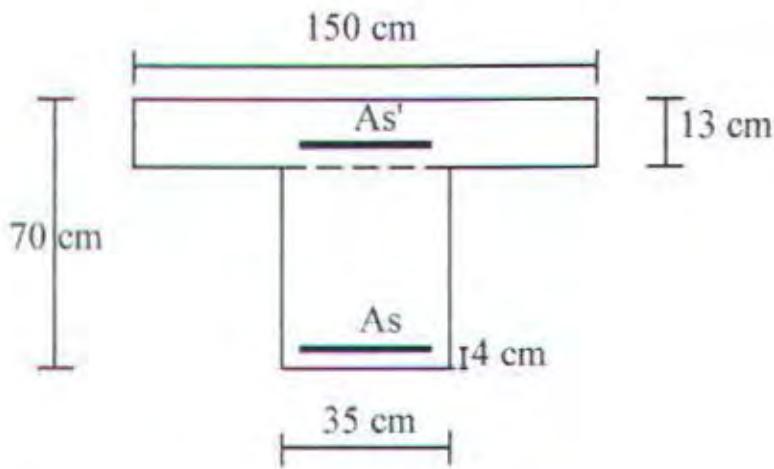
$$Rn = \frac{396238400}{0.8 \times 350 \times 635.5^2} = 3.5$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.5}{320}} \right] = 0.0118$$

$$As_{\text{perlu}} = 0.0118 \times 350 \times 635.5 = 2624.615 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai } 6D25 = 2943.75 \text{ mm}^2$$

Tulangan lapangan



Gambar 6.8 Potongan balok

$$be_1 = \frac{1}{4} L = 1500 \text{ mm}$$

$$be_2 = 16.t + bw = 2430 \text{ mm}$$

$$be_3 = Ln - bw = 5300 \text{ mm}$$

sehingga $b = be = 1500 \text{ mm}$

$$d = 700 - 40 - 12 - (25/2) = 635.5 \text{ mm}$$

- Tulangan lapangan bawah

$$M = 212572200 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{212572200}{0.8 \times 1500 \times 635.5^2} = 0.439$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.439}{320}} \right] = 0.00138 < \rho_{min} = 0.004375$$

$$As_{perlu} = 0.004375 \times 1500 \times 635.5 = 4170.46 \text{ mm}^2$$

$$Pakai 10D25 = 4906.25 \text{ mm}^2$$

Cek balok Tpalsu =

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 f_{c'} be} = \frac{4170.46 \times 320}{0.85 \times 30 \times 1500} = 34.89 \text{ mm} < t_{pelat} = 130 \text{ mm}$$

Kontrol Mu :

$$Mu = 0.8 As fy (d - a/2)$$

$$= 0.8 \times 4906.25 \times 320 \times (635.5 - (34.89/2))$$

$$= 776277080 \text{ Nmm} > Mu_{lap} = 212572200 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Tulangan lapangan atas

$$As' = 0.5 \times 4170.46 = 2085.23 \text{ mm}^2$$

$$Dipakai 5D25 = 2453.125 \text{ mm}^2$$

Jadi kebutuhan tulangan setelah komposit :

- Tulangan tumpuan atas = 6 D 25
- Tulangan tumpuan bawah = 6 D 25
- Tulangan lapangan atas = 5 D 25
- Tulangan lapangan bawah = 10 D 25

6.2.2.4 PENULANGAN GESER DAN TORSI

Keputusan dan perencanaan geser dan torsi didasarkan pada SK SNI T – 15 – 1991 – 03 mulai pasal 3.4.1 sampai dengan pasal 3.4.6 , garis besarnya sebagai berikut :

- Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan :

$$V_u \leq \phi V_n \quad \dots \dots \text{SK SNI T - 15 - 1991 - 03 psl. 3.4.1 butir 1}$$

dimana :

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

ϕ = faktor reduksi geser = 0.6

V_n = kuat geser nominal = $V_c + V_s$

V_c = kuat geser beton

V_s = kuat geser nominal

- Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi, harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$T_u \leq \phi T_n \quad \dots \dots \text{SK SNI T - 15 - 1991 - 03 psl 3.4.6 butir 5}$$

dimana :

T_u = momen torsi terfaktor pada penampang yang ditinjau

ϕ = faktor reduksi geser dan torsi = 0.6

T_n = kuat momen torsi = $T_c + T_s > T_{u \min}$

T_c = kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

T_s = kuat momen torsi nominal tulangan geser

$$T_{u \min} = \frac{1}{20} \phi \sqrt{f_c} \sum x^2 y \quad \dots \dots \text{batas } T_u \quad (\text{SK SNI T - 15 - 1991 - 03 psl 3.4.6 butir 1})$$

Contoh Perhitungan

Perhitungan balok induk dim.35/70 cm pada lantai 2 elemen 1195

- V_{uD} akibat beban mati = 28904.4 N
- V_{uL} akibat beban hidup = 15334.92 N

- V_{UE} akibat gempa = 94863.6 N
- $T_u = 11938100 \text{ Nmm}$

Direncanakan dengan daktilitas terbatas :

Dipakai diameter tulangan geser = 12 mm

$$d = 635.5 \text{ mm}$$

- a. Torsi maksimum yang mampu dipikul penampang

$$T_u = \frac{1}{20} \cdot \phi \cdot \sqrt{f_c} \cdot \sum x^2 y$$

dimana :

$$\sum x^2 y = (350)^2 (700) + 2(130)^2 (6355) = 107229900 \text{ mm}^3$$

$$\sum x^2 y = (350)^2 (570) + (130)^2 (1500) = 90950000 \text{ mm}^3$$

diambil yang terbesar = 107229900 mm³

$$\text{shg } T_u = \frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times 107229900 = 29366117.54 \text{ Nmm}$$

$$T_u = 29366117.54 \text{ Nmm} > 11938100 \text{ Nmm}$$

Jadi torsi dapat diabaikan dan hanya dilakukan perhitungan geser saja.

- b. Kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot w \cdot d \quad \dots \text{psl 3.4.3 butir 1 .1}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 350 \times 635.5 = 203045.32 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 121827.2 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 60913.59 \text{ N}$$

$$V_{u,b} = 1.05 \left(V_{u,D} + V_{u,L} + \frac{4}{K} V_{u,E} \right)$$

$$V_{u,b} = 1.05 \left(28904.4 + 15334.92 + \left(\frac{4}{2} \times 94863.6 \right) \right) = 245664.8 \text{ N}$$

$V_{u,b} > \phi V_c \quad \dots \text{perlu tulangan geser (SK SNI T - 15 -1991 - 03 psl 3.4.5 butir 6.1)}$

$$V_s = \frac{Av_fy.d}{s} \quad \dots \text{SKSNI psl 3.4.5 butir 6.2}$$

$$Vu = \phi(Vc + Vs) \quad \dots \text{SKSNI psl 3.4.1 butir 1}$$

kedua pers. tsb disederhanakan menjadi

$$s = \frac{Av\phi.fy.d}{(Vu - \phi Vc)}$$

$$s = \frac{(4 \times 0.25 \times 3.14 \times 12^2) \times 0.6 \times 320 \times 635.5}{(245664.8 - 121827.2)} = 445.51 \text{ mm}$$

Pada lokasi sepanjang d dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai (SK SNI T-15-1991-03 psl 3.14.9.3) :

- $d/4 = 635.5/4 = 158.875 \text{ mm}$
- $10 \times D \text{ tul. longitudinal} = 10 \times 25 = 250 \text{ mm}$
- $24 \times D \text{ tul. geser} = 24 \times 12 = 384 \text{ mm}$
- 300 mm

Pada daerah diluar jarak d dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser yang diijinkan tidak boleh melebihi nilai (SK SNI T-15-1991-03 psl 3.4.5.4) :

- $d/2 = 317.75 \text{ mm}$
- 600 mm

Dari pembatasan diatas maka dipakai tulangan geser :

Pada lokasi sepanjang d dari muka kolom digunakan sengkang D12 - 150 mm

Pada daerah diluar jarak d dari muka kolom digunakan sengkang D12 - 300 mm

6.2.2.5 PENULANGAN STUD BALOK INDUK

a. Transfer Gaya Horisontal

Mekanisme dari transfer gaya horisontal dihitung berdasarkan besarnya gaya geser yang dipindahkan melalui permukaan temu. ACI 318.83 mengusulkan dua metode alternatif untuk merencanakan transfer gaya horisontal, yaitu :

1. Perencanaan berdasarkan gaya geser berfaktor vertikal pada penampang yang ditinjau.

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

Dalam perancangan ini dipakai metode yang kedua, karena lebih mendekati kenyataan , dimana dasar desain :

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

Dimana :

V_u = gaya geser horisontal berfaktor dari penampang yang ditinjau

V_{nh} = kekuatan geser horisontal nominal

$$\phi = 0.65 \dots SKSNI 1991 ps/3.2.3$$

Menurut SKSNI 1991 pasal 3.10.5 ada tiga kasus yang mungkin terjadi , yaitu :

- Bila bidang kontaknya bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan, maka $V_{nh} \leq 0.6 \times b_v \times d$
- Bila dipasang sengkang pengikat minimum tetapi tidak sengaja dikasarkan , maka $V_{nh} \leq 0.6 \times b_v \times d$
- Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan pasal 3.10.6 SKSNI 1991 , bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan , hingga mencapai tingkat kekasaran penuh dengan tonjolan dan cekungan permukaan kira-kira 5 mm, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari $2.5.b_v.d$

Menurut SKSNI 1991 pasal 3.4.7, luas tulangan geser horisontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$Av_f = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y}$$

Av_f = luas tulangan geser horisontal

V_{nh} = gaya geser horisontal nominal

μ = koefisien friksi.....SKSNI1991 ps/3.4.7 butir4.3

$\mu=1 \times 1$ dimana 1 = 1 untuk beton normal

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

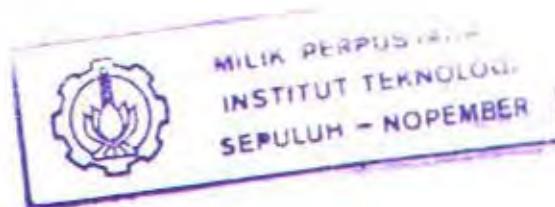
$$s = Lvh / Av_i$$

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

$$= 1400 \text{ mm}$$

Penulangan geser minimum :

$$Av_i \text{ min} = b v_i Lvh / 3 f_y$$



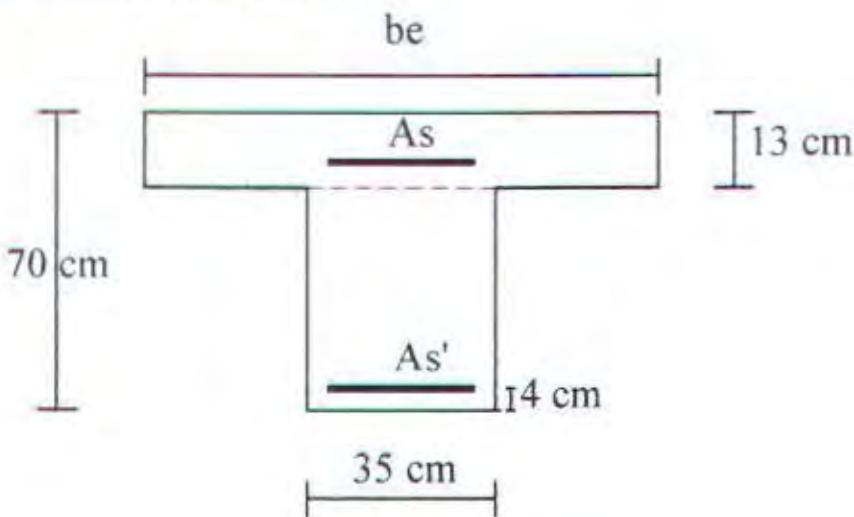
b. Perhitungan Penulangan Stud

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

Contoh Perhitungan

Dicontohkan balok pada lantai 2 nomor elemen 1195 dengan panjang 6 m. Sebagai pendekatan, panjang balok yang mentransfer gaya geser permukaan, $Lvh = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 6000 = 1500 \text{ mm}$.

Penulangan Stud Daerah Tumpuan



Gambar 6.9 Potongan melintang balok daerah tumpuan

Tul. Atas = 6D25 (2943.75 mm²)

Tul. Bawah = 6D25 (2943.75 mm²)

$$V_{nh} = T = As \times f_y = 2943.75 \times 320 = 942000 \text{ N}$$

$$0.6 \times b \times d = 0.6 \times 350 \times 635.5 = 133455 \text{ N} < V_{nh}$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi yang kedua ,maka

$$V_{nh} \leq 0.6 \times b \times d$$

$$= 133455 \text{ N}$$

$$Avf = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y} = \frac{133455}{1.320} = 417.046 \text{ mm}^2$$

$$Avf_{min} = \frac{b \cdot Lvh}{3 \cdot f_y} = \frac{350 \cdot 1500}{3 \cdot 320} = 546.875 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat D10 mm ($A_{tie} = 2 \times 78.5 = 157 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{Lvh \times A_{tie}}{Avf} = \frac{1500 \times 157}{546.875} = 430.63 \text{ mm}$$

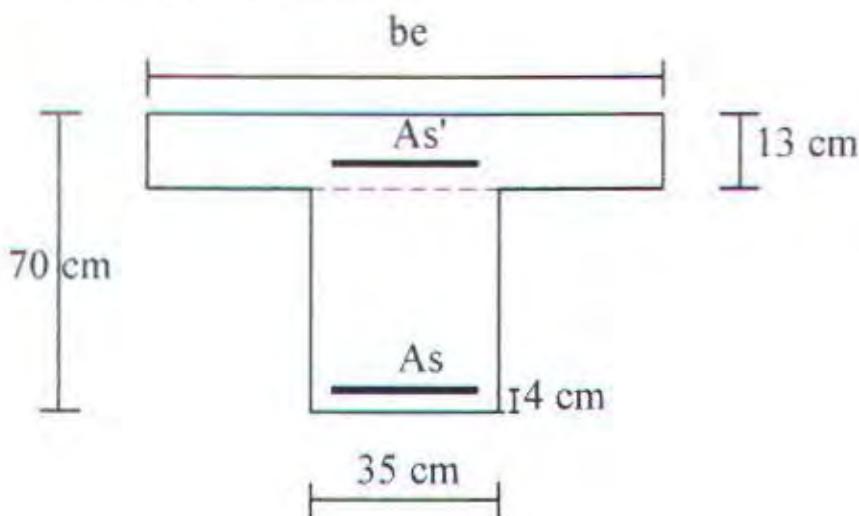
Sesuai dengan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.10.6.1

$$s_{max} \leq 4 \times t_{pelat} = 520 \text{ mm}$$

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

Dipasang sengkang pengikat D10 – 300 mm

Penulangan Stud Daerah Lapangan



Gambar 6.10 Potongan melintang balok daerah lapangan

$$Lvh = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Atas} = 5D25 (2453.125 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tul. Bawah} = 10D25 (4906.25 \text{ mm}^2)$$

$$Vnh = T = As \times fy = 4906.25 \times 320 = 1570000 \text{ N}$$

$$0.6 \times bv \times d = 0.6 \times 350 \times 635.5 = 133455 \text{ N} < Vnh$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi yang kedua ,maka

$$Vnh \leq 0.6 \times bv \times d$$

$$= 133455 \text{ N}$$

$$Avf = \frac{Vnh}{\mu \cdot fy} = \frac{133455}{1.320} = 417.046 \text{ mm}^2$$

$$Avf = \frac{bv \cdot Lvh}{3 \cdot fy} = 546.875 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat D10 mm ($A_{tie} = 2 \times 78.5 = 157 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{Lvh \times A_{tie}}{Avf} = \frac{1500 \times 157}{546.875} = 430.63 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.10.6.1

$$s_{max} \leq 4 \times t_{pelat} = 520 \text{ mm}$$

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

Dipasang sengkang pengikat D10 – 300 mm

6.2.2.6 PANJANG PENYALURAN

a. Panjang penyaluran tulangan tanik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.5.2

- Untuk batang D-36 dan lebih kecil

$$Ldh = \frac{0.02 \times Ab \times fy}{\sqrt{fc'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } Ldh = 0.06 \times db \times fy$$

dimana :

$$Ab = \text{luas satu batang tulangan} = 0.25 \times 3.14 \times 25^2 = 490.25 \text{ mm}^2$$

$$fy = \text{tegangan leleh tulangan} = 320 \text{ MPa}$$

$$fc' = \text{tegangan leleh beton} = 30 \text{ MPa}$$

db = diameter batang tulangan = 25 mm

$$L_{db} = \frac{0.02 \times 490.25 \times 320}{\sqrt{30}} = 572.84 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0.06 \times 25 \times 320 = 320 \text{ mm}$
maka diambil $L_{db} = 600 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SKSNI-T-15-1991-03 psl 3.5.2 :

$$L_{db} = \frac{db \times f_y}{4\sqrt{f_{c'}}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0.04 \times db \times f_y$$

$$L_{db} = \frac{25 \times 320}{4\sqrt{30}} = 365.15 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0.04 \times 25 \times 320 = 320.6 \text{ mm}$
maka diambil $L_{db} = 400 \text{ mm}$

6.2.2.7 KONTROL LENDUTAN

Sesuai SKSNI T-15-1991-03 tabel 5.2.5.a , syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

- Balok dengan dua tump. $h_{min} = \frac{L}{16} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Balok dengan satu ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{18.5} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Balok dengan kedua ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{21} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$
- Balok kantilever $h_{min} = \frac{L}{8} \left[0.4 + \frac{f_y}{700} \right]$

Lendutan tidak perlu dihitung , sebab sejak dari preliminary design sudah direncakan agar tinggi dari masing-masing type balok lebih besar dari persyaratan h_{min}

6.2.2.8 KONTROL RETAK

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

$$Z = f_s \times \sqrt[3]{dc \cdot A} \dots \text{SKSNI - T - 15 - 1991 - 03..psl.3.3.6...butir4}$$

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

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, f_s dapat diambil

$$0.6 f_y$$

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

dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan (decking + Dsengkang + $\frac{1}{2}$ Dtulangan)

$$= 40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 64.5 \text{ mm}$$

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

- Untuk daerah tumpuan

$$A = (2 \times 0.0645 \times 0.35) : 6 = 0.01008 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.064 \times 0.01008} = 17.25 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \text{OK}$$

- Untuk daerah lapangan

$$A = (2 \times 0.0645 \times 0.35) : 10 = 0.006 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt[3]{0.0645 \times 0.006} = 14.03 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \text{OK}$$

6.2.2.9 KONTROL GULING

Pelaksanaan pemasangan elemen pracetak sangat risikan terjadi guling pada komponen tumpuan, misalnya balok yang ditumpu oleh pelat dapat terjadi kesalahan yang mengakibatkan guling pada balok sehingga dalam pemasangan pelat pracetak perlu dilakukan kontrol guling.

Momen pengguling

- Beban dari pelat :

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

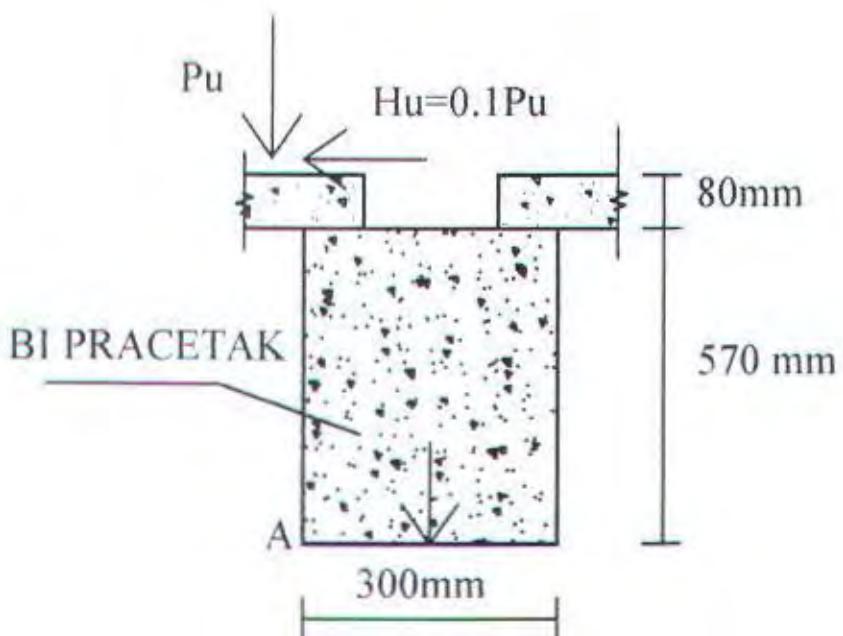
$$\text{Beban hidup pekerja} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = (1.2 \times 192) + (1.6 \times 200) = 550.4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban equivalen (qek) trapesium} = \frac{1}{3} \times 550.4 \times 5 \times \left\{ 1 - \left[\frac{1}{3} \times \left(\frac{4}{5} \right)^2 \right] \right\} = 721.635 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 721.635 \times 6 = 3608.178 \text{ kg}$$

$$H_u = 0.1 \times 3608.178 = 360.8178 \text{ kg}$$



Gambar 6.11 Gaya pengguling balok

- Momen guling terhadap titik A :

$$M_o = (P_u \times 0.04) + (H_u \times 0.57) = 349.993 \text{ kg.m}$$

- Momen penahan :

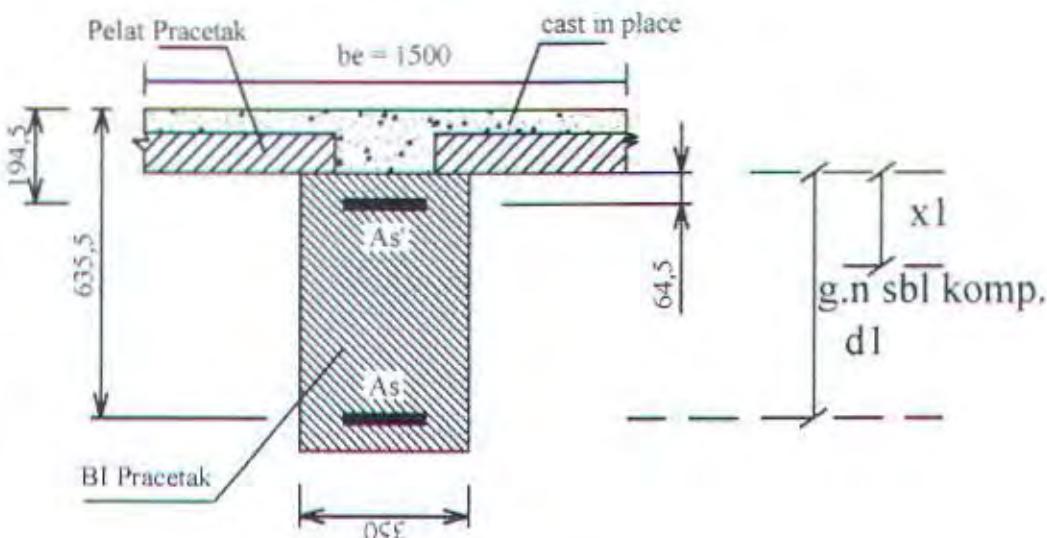
$$\text{Beban balok induk (w)} = 2400 \times 0.35 \times 0.57 \times 5 = 2394 \text{ kg/m}$$

$$M_p = 2394 \times (0.35/2) = 418.95 \text{ kg.m}$$

$M_{\text{penahan}} > M_{\text{guling}}$ OK!

6.2.2.10 Kontrol Tegangan Balok Induk

Kontrol tegangan-tegangan yang timbul pada balok induk pracetak pada daerah lapangan, untuk kasus tanpa penyangga (unproved).



Gambar 6.12 Garis netral sebelum komposit

1. Menentukan titik berat sebelum komposit

Dihitung dengan Metoda Transformasi Penampang, yaitu luas penampang tulangan baja dan beton ditransformasikan menjadi satu macam penampang bahan serba sama dengan tujuan untuk menyamakan prilaku dalam mekanisme menahan beban.

Transformasi dilakukan dengan mengganti luasan penampang baja dengan luasan beton ekivalen (luasan semu). Dengan demikian A_e adalah luas penampang tulangan baja yang diganti dengan luas beton ekivalen A_{be} .

Untuk mendapatkan luasan beton ekivalen pada balok persegi bertulangan rangkap, luas penampang tulangan tekan dikalikan dengan $2n$ sedangkan tulangan tarik dikalikan dengan n . Sebagian luas ekivalen bagi tulangan baja tekan diperhitungkan untuk pengurangan luas beton yang ditempati tulangan baja sehingga luas ekivalen menjadi $(2n-1)A_s$.

Untuk $f'_c = 30 \text{ MPa} \rightarrow$ nilai bandung modulus elastisitas $n = 8$

$$As' = 5D25 = 2453.125 \text{ mm}^2$$

$$As = 10D25 = 4906.25 \text{ mm}^2$$

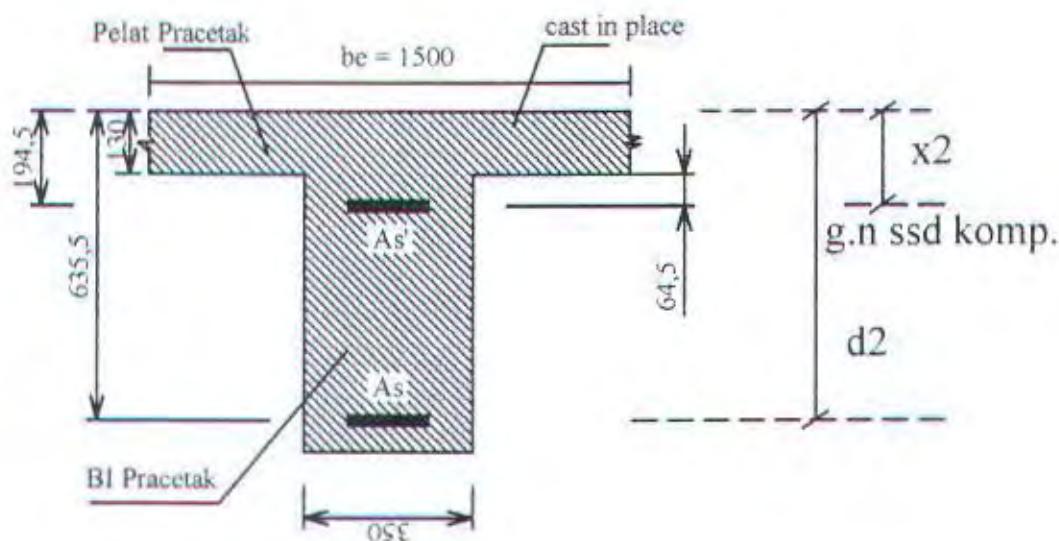
$$\frac{1}{2}b.xl^2 + (2n - 1).As'.(xl - dc') = n.As.(dl - xl)$$

$$dc' = 40 + 12 + (0.5 \times 25) = 64.5 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} \times 350 \times xl^2 + \{(2 \times 8) - 1\} \times 2943.75 \times (xl - 64.5) = 8 \times 4906.25 \times (dl - xl)$$

$$175xl^2 + 76046.875xl - 22214268.6 = 0$$

$$\rightarrow xl = 200.033 \text{ mm}$$



Gambar 6.13 Garis netral sesudah komposit

2. Menentukan titik berat sesudah komposit

$$\rightarrow \{be.130.(x_2 - 65)\} + \{\frac{1}{2}b.(x_2 - 130)^2\} +$$

$$\{(2n - 1).As'.(194.5 - x_2)\} = n.As.(d_2 - x_2)$$

$$\rightarrow \{1500 \times 130 \times (x_2 - 65)\} + \{\frac{1}{2} \times 350 \times (x_2 - 130)^2\} +$$

$$\{15 \times 2453.125 \times (194.5 - x_2)\} = 8 \times 4906.25 \times (635.5 - x_2)$$

didapatkan $x_2 = 153.77 \text{ mm}$

3. Nilai tegangan sebelum komposit

$$Msbl = 214169184 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Icr &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot xl^3 + \{(2 \cdot n - 1) \cdot As' \cdot (xl - dc')\} + \{n \cdot As \cdot (d1 - xl)^2\} \\ Icr &= \frac{1}{3} \cdot 350 \cdot (200.033)^3 + \{15 \times 2453.125 \times (200.033 - 64.5)^2\} \\ &\quad + \{8 \times 4906.25 \times (505.5 - 200.033)^2\} = 5272145306 \text{ mm}^4 \\ ya &= xl, yb = (d1 - xl) \end{aligned}$$

$$Teg.serat atas = \frac{Msbl \cdot ya}{Icr} = \frac{214169184 \times 200.033}{5272145306} = 8.126 \text{ MPa}$$

$$Teg.serat bawah = \frac{Msbl \cdot yb}{Icr} = \frac{214169184 \times (505.5 - 200.033)}{5272145306} = 12.409 \text{ MPa}$$

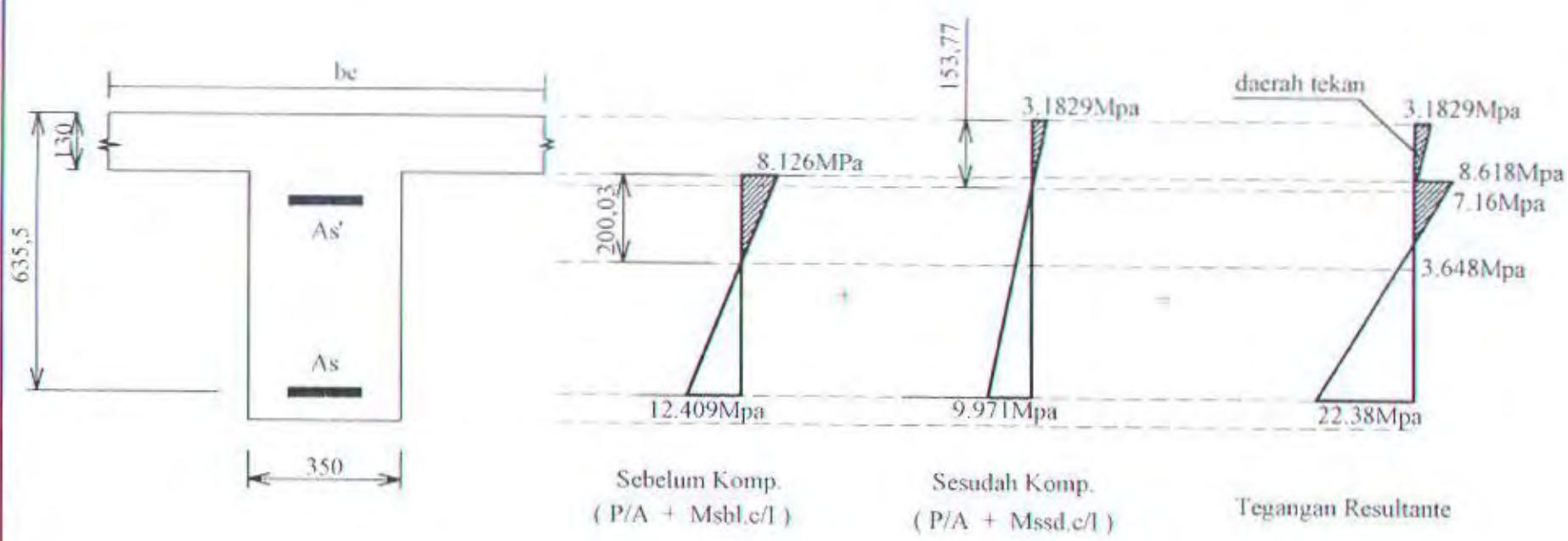
4. Nilai tegangan sesudah komposit

$$Mssd = 212572200 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Icr &= \frac{1}{3} \cdot 1500 \cdot (130^3) + \{\frac{1}{3} \cdot 350 \cdot (153.77 - 130)^3\} + \{15 \times 2453.125 \times (194.5 - 153.77)^2\} \\ &\quad + \{8 \times 4906.25 \times (635.5 - 153.77)^2\} = 1.026961429 \times 10^{10} \text{ mm}^4 \\ ya &= x2 = 153.77 \text{ mm}, yb = (d2 - x2) \end{aligned}$$

$$Teg.serat atas = \frac{Mssd \cdot ya}{Icr} = \frac{21257200 \times 153.77}{1.026961429 \times 10^{10}} = 3.1829 \text{ MPa}$$

$$Teg.serat bawah = \frac{Mssd \cdot yb}{Icr} = \frac{6.0628 \times 10^7 \times (635.5 - 153.77)}{1.026961429 \times 10^{10}} = 9.971 \text{ MPa}$$



Gambar 6.14 Diagram Tegangan Balok

6.3 PERENCANAAN KOLOM

6.3.1 Umum

Perencanaan kolom meliputi penulangan lentur kolom, kontrol terhadap triaksial bending kolom dengan *Bressler Reciprocal Method* dan penulangan geser kolom. Perencanaan konsol pendek sebagai penyangga balok pracetak yang akan disambung dengan kolom dibahas dalam Bab Perencanaan Sambungan. Elemen kolom dilaksanakan Metode Precast dengan mutu beton yang sama dengan elemen beton. Perencanaan elemen kolom berdasarkan keadaan akhir struktur. Gaya dalam yang bekerja dihitung dengan software SAP 2000. Pedoman Peraturan perncanaan yang dipakai adalah SKSNI T-5-1991-03, Reinforced Concrete Design oleh Chu-Kia Wang serta Grafik bantu interaksi M-N empat sisi dari Laboratorium Konstruksi Jurusan Teknik Sipil ITS.

6.3.2 Dasar Teori

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai *beam column*, dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsungan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsungan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar :

$M_o = P \cdot \Delta$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan dalam subbab-subbab berikut ini.

6.3.3 Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai atau balok diujung-ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor tekuk (k) yang besarnya :

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (*unbraced*)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (*braced*)

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari tingkat penjepit ujung atas (ψ_A) dan tingkat penjepit ujung bawah (ψ_B) dimana tingkat penjepit ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan

$$\psi(A/B) = \frac{\sum(EIc/Lc) \text{ kolom}}{\sum(EIb/Lb) \text{ balok}}$$

dimana :

$\psi(A/B)$ = tingkat penjepitan ujung atas dan bawah

Ib, Ic = Momen Inersia balok, kolom

Lb, Lc = Panjang elemen balok, kolom

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari nomogram atau grafik Alignment dari *Structural Stability Research Council Guide* dengan cara menarik garis yang menghubungkan nilai ψ_A dan ψ_B yang disesuaikan apakah kolom yang direncanakan tergolong *braced frame* atau *unbraced frame*.

6.3.4 Pembatasan Penulangan Kolom

Nilai dari ρ adalah $0.01 \leq \rho \leq 0.08$. Hal ini berarti rasio penulangan kolom disyaratkan untuk tidak boleh kurang dari 1% dan tidak boleh lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9.1). Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya rangkak (*creep*) yang terjadi pada beton. Pertimbangan lainnya adalah untuk kemudahan pelaksanaan dilapangan. Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 6 buah untuk sengkang pengikat spiral.

6.3.5 Kolom Pendek

Suatu unsur tekan pendek bila dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan (runtuhnya beton) sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya. Oleh sebab itu untuk perencanaan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Suatu komponen struktur tekan dikatakan pendek apabila perbandingan kelangsungan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k \cdot L_n$) terhadap radius girasi (r) :

$$\frac{k \cdot L_n}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

dimana :

- $M_2 > M_1$ (*braced frame*)
- nilai $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1 \rightarrow \frac{k \cdot L_n}{r} < 22$ (*unbraced frame*)
- Nilai r dapat diambil sebesar $\sqrt{\lambda}$ atau
 $r = 0.3 h$ dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi
 $r = 0.25 d$ untuk kolom bulat (d = diameter kolom)
 bila $M_1/M_2 > 0$; single curvature
 bila $M_1/M_2 < 0$; double curvature

6.3.6 Kolom Panjang

Apabila nilai perbandingan kelangsungan untuk kolom pendek atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur boleh dikatakan kolom panjang. Kolom dengan perbandingan kelangsungan besar akan menimbulkan lendutan kesamping (menekuk) akibat momen sekunder yang terjadi, sehingga mengurangi kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.

6.3.7 Faktor Pembesaran Momen untuk Kolom Panjang

Dalam peraturan ACI, perhitungan dari pengaruh kelangsungan dapat didekati dengan menggunakan cara pembesaran momen, dimana jumlah dari momen primer dan sekunder dikalikan dengan suatu faktor pembesaran δ_{SK} . SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad \dots \dots \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psI 3.3.6.})$$

dimana :

M_c = Momen rencana kolom setelah diperbesar

M_{2b} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan berarti seperti beban gravitasi

M_{2s} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goncangan kesamping seperti beban gempa

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - (\sum P_u / \phi P_c)} \geq 1 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psI 3.3.7})$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - (\sum P_u / \phi P_c)} \geq 1 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psI 3.3.8})$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left[\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right] > 0.4 \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 psI 3.3.12.})$$

Nilai M_{1b}/M_{2b} negatif untuk momen double curvature.

Untuk *unbraced frame* $C_m = 1$

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5-1, untuk *unbraced frame* kedua nilai δ_b dan δ_s harus dihitung, sedangkan untuk *braced frame* δ_s harus diambil sebesar 1

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k L_n)^2} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3.9})$$

$$EI = \frac{0.2 E c I_g + E s I_s}{1 + \beta d} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3.10})$$

$$\approx 0.3 E c I_g \quad (\text{pendekatan})$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan

= 0.65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat)

6.3.8 Penulangan Lentur Kolom

Dari perhitungan pembesaran momen untuk kolom panjang diatas, maka penulangan lentur kolom dapat dicari dengan bantuan diagram interaksi M-N non dimensi dari Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, W.C. Vis dan Gideon Kusuma.

Tahapan-tahapan penulangan lentur kolom :

1. Tetapkan apakah kolom termasuk *braced* atau *unbraced*. Dalam hal ini jenis kolom adalah kolom braced karena terdapat dinding geser yang dapat dianggap mampu menahan ke arah lateral.
2. Tetapkan apakah kolom termasuk kolom pendek atau kolom panjang. Seperti telah dijelaskan di atas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen, dan sebaliknya. Peninjauan kolom pendek atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.
3. Momen yang telah diperoleh dari langkah 2, kemudian dihitung momen ekivalensinya. Dimana momen dua arah (*biaxial*) dijadikan satu arah, ke arah yang kritis. Rumus yang digunakan adalah :

$$\phi M_{nx} = M_{ux} + M_{uy} \frac{b}{h} \cdot \frac{1-\beta}{\beta} \text{ untuk } M_{ux} > M_{uy}$$

$$\phi M_{ny} = M_{ux} + M_{uy} \frac{h}{b} \cdot \frac{1-\beta}{\beta} \text{ untuk } M_{ux} < M_{uy}$$

Harga β berkisar antara 0.55 sampai dengan 0.65. Untuk desain lebih akurat biasa digunakan 0.65. Dari dua harga momen di atas dipilih yang terbesar untuk mendesain tulangan dengan bantuan diagram interaksi.

Diagram interaksi M – N tersebut dibuat berdasarkan bermacam-macam mutu beton dan mutu baja tulangan, sumbu ordinatnya menyatakan P_u dan sumbu absisnya menyatakan M_u dengan rumus sebagai berikut :

$$K_y = \frac{\phi P_u}{A_g} \dots \dots \dots \text{untuk sumbu ordinat (y)}$$

$$K_x = \frac{\phi M_u}{A_g \cdot n} \dots \dots \dots \text{untuk sumbu absis (x)}$$

Nilai P_n diperoleh dari hasil analisa SAP2000, sedangkan M_n diperoleh dari rumus di atas. Besarnya ρ perlu diperoleh dengan menarik garis sejajar sumbu X sebesar K_x yang dipotongkan dengan garis sejajar sumbu Y sebesar K_y . Diagram interaksi kolom dapat dilihat pada lampiran.

4. memilih jumlah tulangan sesuai dengan A perlu, dimana perumusannya A perlu = ρ perlu. $b \cdot h$ yang nantinya akan menghasilkan A ada.
5. Pengontrolan membandingkan P_n penampang dengan P_n yang terjadi
bila P_n penampang > P_n yang terjadi Kolom kuat
bila P_n penampang < P_n yang terjadi Kolom tidak kuat

Contoh perhitungan menggunakan kolom lantai 1 elemen no.1350

- $N_{D,k} = 135422,8 \text{ kg} = 1354228 \text{ N}$
- $N_{L,k} = 14886,436 \text{ kg} = 148864,36 \text{ N}$
- $N_{E,k} = 146035,02 \text{ kg} = 1460350,2 \text{ N}$
- $V_{D,k,x} = 578,86 \text{ kg} = 5788,6 \text{ N}$
- $V_{L,k,x} = 219,97 \text{ kg} = 2199,7 \text{ N}$
- $V_{E,k,x} = 10765,93 \text{ kg} = 107659,3 \text{ N}$
- $V_{D,k,y} = 66,63 \text{ kg} = 666,3 \text{ N}$
- $V_{L,k,y} = 25,3194 \text{ kg} = 253,194 \text{ N}$
- $V_{E,k,y} = 8750,96 \text{ kg} = 87509,6 \text{ N}$
- $M_{D,k,x} = 1358,99 \text{ kg.m} = 13589900 \text{ Nmm}$
- $M_{L,k,x} = 592,382 \text{ kg.m} = 5923820 \text{ Nmm}$
- $M_{E,k,x} = 32080,73 \text{ kg.m} = 320807300 \text{ Nmm}$
- $M_{D,k,y} = 280,83 \text{ kg.m} = 2808300 \text{ Nmm}$
- $M_{L,k,y} = 104,715 \text{ kg.m} = 1047150 \text{ Nmm}$
- $M_{E,k,y} = 25659,17 \text{ kg.m} = 256591700 \text{ Nmm}$

Data – data perancangan

- Dimensi kolom = $800 \times 800 \text{ mm}^2$
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa

- Mutu baja (f_y) = 320 MPa
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D32 mm
- Tulangan geser = D 10 mm
- Tinggi kolom = 4000 mm
- Jenis kolom = braced frame (dengan pengaku)

1. Perhitungan batas kelangsungan

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa}$$

- Balok sebelah kanan 35/85

$$I_g = 1/12 \times 350 \times 850^3 = 1.791 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{cr} = 0.5 \times I_g = 8955989585 \text{ mm}^4$$

$$EI = E_c \times I_c = 2.3055 \times 10^{14}$$

- Balok sebelah kiri 35/70

$$I_g = 1/12 \times 350 \times 700^3 = 1.0004 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{cr} = 0.5 \times I_g = 5002083330 \text{ mm}^4$$

$$EI = E_c \times I_c = 1.28768 \times 10^{14}$$

- Kolom 80/80 cm

$$I_g = 1/12 \times 800 \times 800^3 = 3.413 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$EI = E_c \times I_c = 8.787 \times 10^{14}$$

Faktor jepitan atas

$$\psi(A/B) = \frac{\sum (EI_c/L_c) \text{ kolom}}{\sum (EI_b/L_b) \text{ balok}} = \frac{2 \times \left(\frac{8.787 \times 10^{14}}{4000} \right)}{\left(\frac{2.3055 \times 10^{14}}{5000} \right) + \left(\frac{1.28768 \times 10^{14}}{8000} \right)} = 3.5$$

Faktor jepitan bawah

$$\phi B = 1$$

$$\text{Dari nomogram } k = 0.835 \quad r = 0.3 \times h = 0.3 \times 800 = 240$$

$$\text{nilai kelangsin gan} = \frac{k \cdot L_u}{r} = \frac{0.835 \times 3300}{240} = 11.48$$

Batas kelang sin gan

$$= 34 - 12 \cdot \frac{M_{1k}}{M_{2k}} = 34 - 12 \left(\frac{10201200}{33112200} \right) = 30.3 > \frac{k \cdot L_u}{r}$$

berati kolom termasuk kolom pendek, sehingga dalam menentukan tulangan lentur tanpa memakai pembesaran momen

2. Perhitungan tulangan lentur

$$M_{u,k} \geq 1.05(M_{D,k} + M_{L,k} + wd.k.M_{E,k})$$

$$\begin{aligned} M_{u,k,x} &= 1.05[13589900 + 5923820 + (1 \times 2 \times 320807300)] \\ &= 693981450 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u,k,y} &= 1.05[2808300 + 1047150 + (1 \times 2 \times 256591700)] \\ &= 542629260 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_{nx} = M_{u,k,x} + \left(M_{u,k,y} \times \frac{h}{b} \times \frac{1-\beta}{\beta} \right)$$

$$\phi M_{nx} = 693981450 + \left(542629260 \times \frac{800}{800} \times \frac{1-0.65}{0.65} \right) = 986166436.2 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{ny} = M_{u,k,y} + \left(M_{u,k,x} \times \frac{h}{b} \times \frac{1-\beta}{\beta} \right)$$

$$\phi M_{ny} = 542629260 + \left(693981450 \times \frac{800}{800} \times \frac{1-0.65}{0.65} \right) = 916311579.3 \text{ Nmm}$$

$$N_{u,k} = 1.05(N_{D,k} + N_{L,k} + wd.k.N_{E,k})$$

$$N_{u,k} = 1.05(1354228 + 148864.36 + (1 \times 2 \times 1460350.2)) = 4635310 \text{ N}$$

$$k_x = \frac{Mu}{Ag \cdot h} = \frac{986166436.2}{800^2 \cdot 800} = 1.926$$

$$k_y = \frac{P_u}{Ag} = \frac{4635310}{800^2} = 7.24$$

Dari diagram interaksi M-N F320-30-0.8-4 diperoleh $\rho = 1\%$

$$A_{s,perlu} = 0.01 \times 800 \times 800 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan 8D32} = 6430.72 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{aktual} = \frac{6430.72}{800 \times 800} = 0.01005 = 1.005\%$$

6.3.9 Kontrol dengan Bresler Reciprocal Method

Bresler Reciprocal Method merupakan salah satu teori dalam pengecekan kolom yang mengalami momen dari dua arah (*biaxial bending*). Sebagai alat bantunya digunakan diagram interaksi yang sama dengan yang digunakan untuk merencanakan tulangan lentur kolom di atas.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Hitung harga $\frac{e}{h}$ untuk masing-masing arah momen. Momen yang digunakan ialah momen yang dihasilkan dari langkah-langkah perencanaan tulangan lentur kolom.
2. Dari harga $\frac{e}{h}$ untuk masing-masing arah momen dan ρ yang digunakan, lalu titik pertemuannya diproyeksikan sejajar sumbu x untuk memperoleh harga $\frac{\phi \cdot P_n}{A_g}$. Maka harga P_n untuk arah x dan y dapat diperoleh.

Kekuatan penampang tekan yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur dalam dua arah sumbu utamanya (*momen biaksial*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{ob}} \geq P_n \text{ ada}$$

dimana :

P_{nx} = gaya aksial nominal arah x

P_{ny} = gaya aksial nominal arah y

P_{ob} = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

$$= 0,8 \phi (0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

... (SKSNI T-15-1991-03 pers. 3.1-2)

Dengan harga $\frac{e_x}{h}, \frac{e_y}{h}$ dan ρ yang telah terpasang, maka nilai P_{ox} dan P_{oy} dapat dicari dengan diagram interaksi M – N dengan rumus :

$$P_{nx} = \frac{kx \cdot A_g}{0,65}$$

$$P_{N_y} = \frac{k_y \cdot A_g}{0,65}$$

dimana k_x dan k_y adalah konstanta yang didapat pada sumbu ordinat diagram interaksi $M - N$ untuk P_{N_x} dan P_{N_y} . Diagram interaksi dapat dilihat pada lampiran.

Cek biaksial bending moment dengan bresler reciprocal method

$$P_{ob} = 0.8\phi [f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st}f_y]$$

$$P_{ob} = 0.8 \times 0.65 \times [30(800^2 - 6430.72) + (6430.72 \times 320)] = 10953752.58N$$

$$\frac{M_{ux}}{A_g \cdot h} = \frac{693981450}{800^2 \times 800} = 1.3554$$

$$\rho = 0.01$$

$$\text{dengan diagram interaksi } M - N \text{ diperoleh } \frac{\phi P_{Nx}}{A_g} = 13.5$$

$$\text{maka } P_{Nx} = 13.5 \times \frac{800^2}{0.65} = 13292307.69N$$

$$\frac{M_{uy}}{A_g \cdot h} = \frac{542629260}{800^2 \times 800} = 1.0598$$

$$\rho = 0.01$$

$$\text{dengan diagram interaksi } M - N \text{ diperoleh } \frac{\phi P_{Ny}}{A_g} = 21$$

$$\text{maka } P_{Ny} = 21 \times \frac{800^2}{0.65} = 20676923.08N$$

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{Nx}} + \frac{1}{P_{Ny}} - \frac{1}{P_{ob}}$$

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{13292307.69} + \frac{1}{20676923.08} - \frac{1}{10953752.58} = 3.23 \times 10^{-8} N^{-1}$$

$$P_{nb} = 30958159.39N$$

$$P_u = 4635310 N$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = 7131246.104N < P_{nb} = 30958159.39N$$

6.3.10 Penulangan Geser dan Torsi Kolom

Penulangan geser dan torsi pada kolom pada dasarnya adalah sama dengan penulangan geser dan torsi pada balok, hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa (diatur dalam PB 1989 Appendiks A).

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tulangan geser-torsi pada kolom adalah sebagai berikut :

- Rasio tinggi antara kolom terhadap dimensi terkecil kolom tidak boleh lebih besar dari 25.
- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup maupun sengkang majemuk.
- Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari $d/2$, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang dan 300 mm.
- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- Pada daerah ujung sejarak d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.
- Pada komponen struktur kolom, torsi kompatibilitas tidak boleh dipakai karena pada kolom tidak terjadi redistribusi gaya-gaya dalam kecuali untuk suatu komponen kolom khusus.

Selanjutnya untuk langkah-langkah perhitungan penulangan geser-torsi dapat dilihat pada subbab penulangan geser-torsi pada perencanaan balok.

Contoh perhitungan menggunakan Tu pada kolom lantai 1 elemen no.1350

- $T_u = 368.48 \text{ kg.m} = 3684800 \text{ Nmm}$

Perhitungan torsi minimum

$$\sum x^2 y = 800^2 \times 800 = 512000000 \text{ mm}^3$$

$$Tu = \frac{1}{20} \times \sqrt{fc'} \times \sum x^2 y = \frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times 512000000 = 140216974.7 \text{ N}$$

jadi torsi dapat diabaikan dan dilakukan perhitungan geser saja

$$\begin{aligned} V_{u,k} &= 1.05 (V_{D,k} + V_{L,k} + w.d.k V_{E,k}) \\ &= 1.05 [5788.6 + 2199.7 + (1 \times 2 \times 107659.3)] \\ &= 236720.3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$N_{u,k} = 4635310 \text{ N}$$

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_{u,k}}{14.4g} \right) \left(\frac{\sqrt{fc'}}{16} \right) b.d$$

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{4635310}{14.800^2} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 800 \times 728 = 1613399 \text{ N} \quad (\text{daerah tengah kolom})$$

Daerah tengah kolom:

$$\phi V_c = 968039.5 \text{ N}$$

$$1/2\phi V_c = 484019.8 \text{ N}$$

$V_{u,k} < \phi V_c \rightarrow$ cukup tulangan geser praktis saja
 \rightarrow dipasang sengkang D12 - 200mm

Daerah ujung kolom:

$$V_c = 806699.6 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 484019.9 \text{ N}$$

$$1/2\phi V_c = 232009.9 \text{ N}$$

$1/2\phi V_c < V_{u,k} < \phi V_c \rightarrow$ cukup tulangan geser praktis saja
 \rightarrow dipasang sengkang D12 - 200mm

Tulangan geser kolom harus dipasang pada seluruh tinggi kolom dengan jarak spasi maksimum : $d/2 = 364 \text{ mm}$, $10 \times D_{tul. utama} = 320 \text{ mm}$, ataupun 200 mm maka dipakai sengkang pada daerah ujung dan tengah kolom D16 - 200 mm

6.3.11 Pengangkatan Elemen Kolom

Dalam perencanaan perlu ditinjau kekuatan kolom pada saat pengangkatan

Syarat ekstrim :

$$\frac{dMx}{dx} = 0$$

$$R_1 - q \cdot x = 0$$

$$x = \frac{R_1}{q} = \frac{L^2 - (2.a.L)}{2.(L-a)}$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= M_2 = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \quad \text{dimana } R_1 = q \cdot x \\ &= q \cdot x^2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left(\frac{L^2 - 2.a.L}{2.(L-a)} \right)^2 \end{aligned}$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left(\frac{L^2 - 2.a.L}{2.(L-a)} \right)^2$$

$$a^2 = \left(\frac{L^2 - 2.a.L}{2.(L-a)} \right)^2$$

$$a = \frac{L^2 - 2.a.L}{2.(L-a)}$$

$$2a^2 - 4al - l^2 = 0$$

$$\text{Panjang kolom} = l = 4m$$

$$\text{diperoleh persamaan: } 2.a^2 - 16a + 16 = 0$$

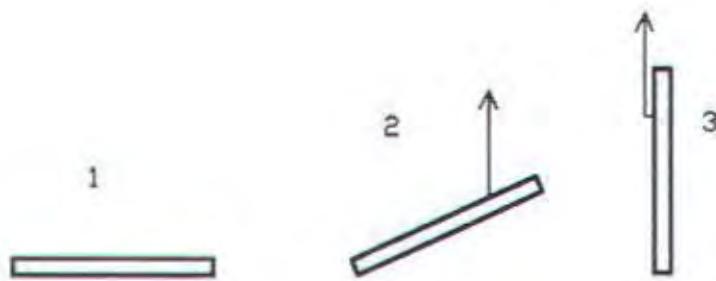
$$\text{maka: } a_1 = 1.171m \quad a_2 = 6.828m$$

$$q = 0.8 \times 0.8 \times 2.4 = 1.536 \text{ kN}$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.536 \times 1.171^2 = 1.053 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

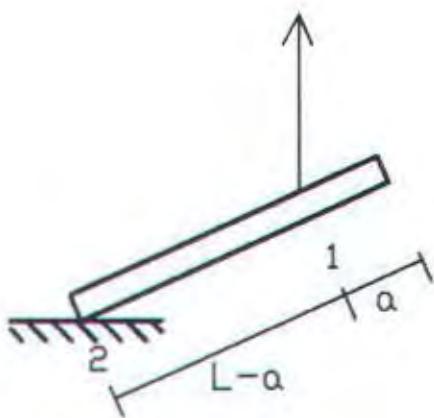
- Kontrol tegangan yang terjadi :

$$M/Z = \frac{1.053 \times 10^7}{\frac{1}{6} \times 800 \times 800^2} = 0.123 \text{ MPa} < 0.7 \sqrt{f_c} = 3.834 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK!}$$



Gambar 6.15 Urutan Pengangkatan Kolom

Kondisi paling kritis terjadi pada kondisi kedua , dimana pada kemiringan tertentu akan timbul momen akibat pengangkatan tersebut.



Gambar 6.16 Kondisi Paling Kritis Saat Pengangkatan

$$M_1 = \frac{1}{2}q.a^2$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{2}q.(L-a) - \frac{\frac{1}{2}q.a^2}{L-a} \\ &= \frac{q(L-a)}{2} - \frac{q.a^2}{2.(L-a)} \\ &= \frac{(q.L^2) - (2.a.q.L)}{2.(L-a)} \end{aligned}$$

$$Mx = R_1.x - \left(\frac{1}{2}q.x^2\right)$$

6.4 PERENCANAAN DINDING GESER

6.4.1 Umum

Shearwall dalam gedung berguna untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Perancangan shearwall berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3 sebagai struktur pemikul beban lentur dan aksial serta pasal 3.7 sebagai struktur dinding.

6.4.2 Kuat Beban Aksial Rancang

Kuat beban aksial rancang ϕP_{nw} berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.5.2 persamaan 3.7.1 :

$$\phi P_{nw} = 0.55 \phi f_{c'}' A_g \left[1 - \left(\frac{kL_e}{32h} \right)^2 \right]$$

dimana :

ϕ = 0,70

k = 0,80 (dikekang pada salah satu ujungnya)

L_e = jarak vertikal antara 2 tumpuan

h = tebal dinding

6.4.3 Perencanaan Geser

Perencanaan geser harus dilakukan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10, dimana dinyatakan perencanaan dinding geser pada struktur dasar dibedakan dengan struktur diatasnya ,perbedaan ini terletak pada kuat geser rencana pada dinding geser . Pada dinding geser selain lantai dasar kekuatan geser beton (V_c) diharapkan turut menyumbangkan kekuatan untuk memikul gaya geser yang terjadi , sedangkan pada lantai dasar gaya geser pada dinding geser diasumsikan diterima hanya oleh tulangan saja sehingga akan terjadi keadaan paling kritis pada lantai dasar, dimana apabila terjadi pembesaran dinamis tulangan shearwall pada lantai dasar tetap mampu untuk menahan gaya yang terjadi, sehingga sendi plastis diharapkan akan terjadi pada bagian bawah shearwall (lantai dasar).

6.4.3.1 Ketentuan Perencanaan Dinding Geser

Kuat geser dinding terhadap gaya geser tegak lurus muka dinding dan gaya geser dalam bidang dinding harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Kuat geser rencana bagi dinding geser pada penampang dasar sehubungan dengan adanya pembesaran dinamis :

$$V_{nd,mak} = wd \times 0.7 \times \frac{M_{kap,d}}{M_{E,dmax}} \times V_{E,dmax} \quad \text{SKSNI'91 pasal 3.14.7.3}$$

dimana :

$M_{kap,d}$ = momen kapasitas dinding geser pada penampang dasar yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan yang terpasang dan dengan tegangan tarik baja tulangan sebesar $1.25f_y$

$M_{E,dmax}$ = momen lentur maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar.

$V_{E,dmax}$ = gaya geser maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar.

2. Kuat geser V_n pada sembarang penampang horizontal terhadap geser bidang dinding tidak boleh lebih besar dari $(5/6 \cdot \sqrt{fc'}) \cdot h \cdot d$
3. Untuk kuat geser V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.6 :

$$V_c = (\sqrt{fc'} / 4)hd + \frac{N_u d}{4l_w} \dots \dots \dots (1)$$

atau

$$V_c = \left[\left(\sqrt{fc'} / 2 + \frac{l_w \left(\sqrt{fc'} / 2 + 2 \frac{N_u}{l_w} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) + 10 \right] hd \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

l_w = panjang horisontal dinding

$d = 0.8 l_w$ (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.(4)).

Persamaan (2) tidak berlaku jika $(Mu/Vu - l_w/2)$ bernilai negatif, sedangkan V_c tidak boleh lebih dari $(\sqrt{f_c} / 6) \cdot h \cdot d$ (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.(5))

4. Rasio (ρ_b) dari luas tulangan geser horizontal terhadap luas bruto penampang tidak boleh kurang dari 0.0025. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(2)).
5. Spasi dari tulangan geser horizontal S_2 tidak boleh lebih dari $l_w/5$, 3h atau pun 500 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(3)).
6. Rasio (ρ_n) dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horizontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_b - 0.0025)$$

ataupun 0.0025, tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan geser horizontal perlu. (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.9.(4)).

6.4.3.2 Ketentuan Perencanaan untuk Struktur dengan Tingkat Daktilitas 2

Selain itu perlu diperhatikan syarat-syarat penulangan untuk struktur dengan tingkat daktilitas dua (terbatas).

1. Dalam segala hal tidak boleh kurang dari persyaratan untuk struktur tingkat daktilitas 2 (terbatas)
2. Diameter tulangan $< 1/10$ tebal dinding
3. Untuk dinding dengan tebal $d \geq 200$ mm, maka setiap arah harus dipasang 2 lapis tulangan (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2b))

Persyaratan diatas bertujuan untuk :

- Melindungi kerusakan beton akibat adanya beban tertukar terutama pada keadaan inelastik.
- Mengendalikan lebar retak yang akan timbul pada dinding karena penyebaran tulangan lebih merata sepanjang dan setinggi sepertiga dinding tersebut.

4. Jarak antar tulangan vertikal :

≤ 200 mm didalam daerah ujung dan ≤ 300 mm diluar daerah ujung (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3f))

5. Jarak antar tulangan horisontal :

Di dalam daerah ujung tidak boleh diambil lebih dari 200 mm (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3h))

Diluar daerah ujung tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding , seperlima lebar dinding dan 450 mm (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3g))

6. Panjang daerah ujung tidak boleh kurang dari lebar dinding , seperenam dari tinggi dinding dan tidak boleh lebih besar dari dua kali lebar dinding (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3i))

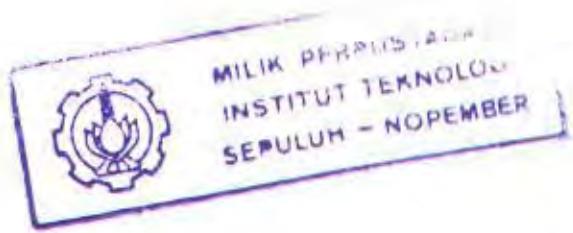
6.4.4 Data-data Perencanaan

Mutu bahan

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 320 MPa

Dimensi

- Tinggi total dinding = 3600 cm
- Tebal dinding = 40 cm



6.4.5 Dasar-dasar Perencanaan

- Ratio tulangan minimum dari luas tulangan vertikal terhadap penampang bruto beton harus memenuhi :
 - 0.0012 untuk tulangan $< D16$, dengan mutu baja < 400 Mpa
 - 0.0015 untuk batang deform lainnya, atau
 - 0.0012 untuk jaringan kawat baja las tidak lebih besar dari W31 atau D31 (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3.2)
- Spasi tulangan pada tiap arah tidak boleh lebih dari 450 mm, dan harus didistribusikan pada seluruh penampang.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2a))
- Bila tebal dinding lebih besar atau sama dengan 200 mm, maka dinding tersebut harus dipasang dua lapis tulangan.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(2b))

- Jarak antara tulangan vertikal sepanjang lo dari ujung tiang tidak boleh lebih dari 200 mm dan 300 mm diluar daerah ujung sepanjang lo.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3f))
- Jarak antar tulangan diluar daerah ujung lo tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding, seperlima lebar dinding dan 450 mm
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3g))
- Jarak antar tulangan horisontal dalam daerah ujung sepanjang lo tidak boleh lebih dari 200 mm.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3h))
- Panjang daerah ujung lo tidak boleh kurang dari lebar dinding, seperenam dari tinggi dinding dan tidak perlu lebih besar dari dua kali lebar dinding.
(SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9.7.(3i))

6.4.6 Perhitungan Penulangan Dinding Geser

Data-data perencanaan dan gaya –gaya dalam pada lantai dasar :

- Tinggi dinding tiap lantai = 400 cm
- Tinggi total dinding = 36 m
- Tebal dinding = 40 cm
- $P_u = 1054330.668 \text{ kg} = 10543306.68 \text{ N}$
- $V_u = 1941.68 \text{ kg} = 19416.8 \text{ N}$
- $M_u = 1300.0950 \text{ kgm} = 13000950 \text{ Nmm}$
- Mutu baja = $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- Mutu beton = $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- $L_w = 6000 \text{ m}$
- $d = 0.8 L_w = 4800 \text{ m}$

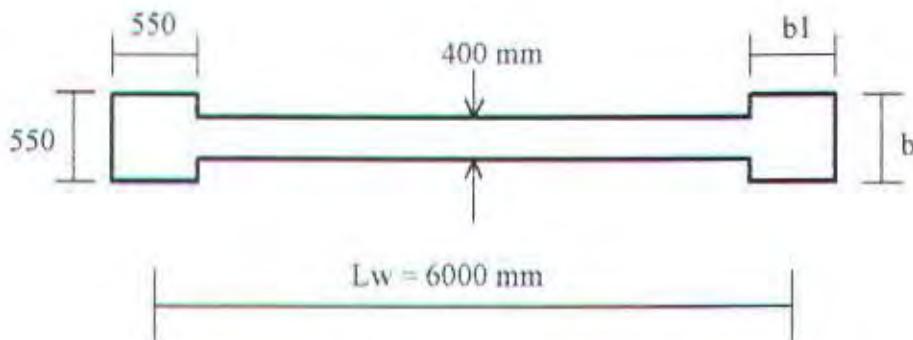
6.4.6.1 Kontrol Komponen Pembatas

Dalam SKSNI T-15-1991-03 disebutkan apabila pada batas dan sekeliling sisi – sisi bukaan dari dinding dan diafragma struktur , tegangan serat terluar maksimum akibat gaya terfaktor ,dimana termasuk pengaruh gempa melampui $0.2f'_c$ ($=0.2 \times 30 = 6 \text{ MPa}$) harus dipasang komponen struktur pembatas.

$$f_c = \frac{Mn}{W} + \frac{Pn}{Ac}$$

$$f_c = \frac{13000950}{\frac{1}{6} \times 400 \times 6000^2} + \frac{10543306.68}{(400 \times 6000)}^{0.8} \\ f_c = 6.491 \text{ MPa} \geq 6 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{perlu komponen pembatas}$$

Dimensi komponen pembatas



Gambar 6.17 Penampang Melintang Dinding Geser

Syarat dimensi komponen pembatas :

$$bc = 0.017 \times Lw \times \sqrt{\mu\phi}$$

$\mu\phi = 19$ (fig. 5.33 Paulay Priestley)

$$bc = 0.017 \times 6000 \times \sqrt{19} = 444.608 \text{ mm}$$

$$b \geq bw$$

$$b_l \geq \frac{bc \cdot Lw}{10 \cdot b}$$

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

$$b_l \geq 533.5296 \text{ mm}$$

$$b \geq bc$$

$$b_l \geq \frac{bc^2}{b}$$

$$b \geq 444.608 \text{ mm}$$

$$b_l \geq 395.35 \text{ mm}$$

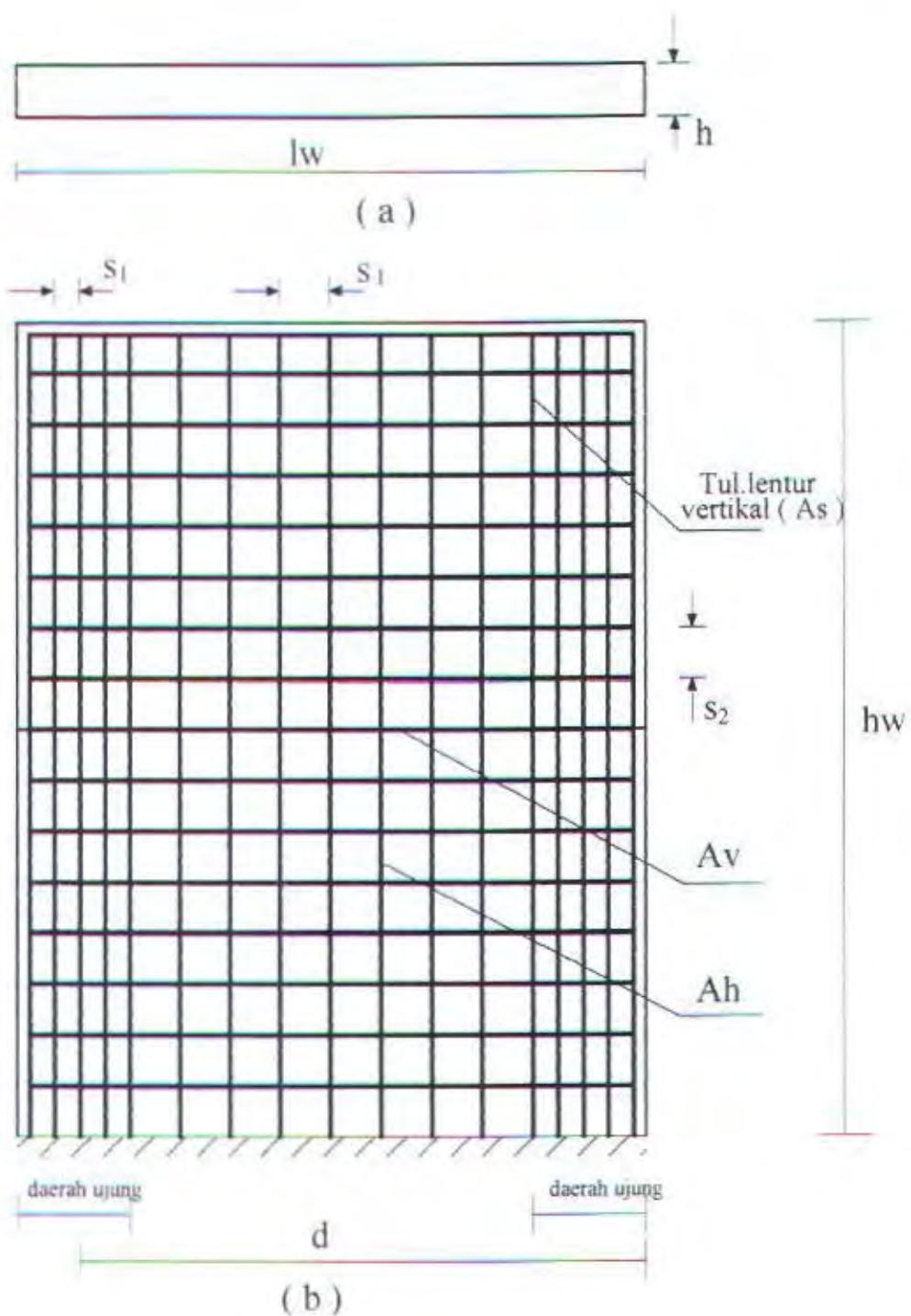
$$b \geq \frac{h}{16}$$

$$b_l \geq \frac{h}{16}$$

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

$$b_l \geq 250 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai dimensi komponen pembatas 550 x 550 cm



Gambar 6.18 Sketsa Penulangan Dinding Geser
(a) penampang, (b)tampak depan

6.4.6.2 Cek Kekuatan ShearWall

- Kekuatan geser beton pada dinding geser

Kekuatan geser maksimum yang mampu dipikul oleh penampang :

$$d = 0.8 L_w = 4800 \text{ mm}$$

$$V_n = \left(\frac{5\sqrt{f'_c}}{6} \right) h d$$

$$V_n = \left(\frac{5\sqrt{30}}{6} \right) 400 \times 4800 = 8763560.92 N$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{19416.8}{0.6} = 32316.33 N$$

$$V_n > \frac{V_u}{\phi} \quad \rightarrow \text{berarti dinding geser mampu memikul gaya geser}$$

- Kemampuan dinding geser terhadap gaya aksial

$$\phi P_{nw} = 0.55 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{kLe}{32h} \right)^2 \right]$$

$$\phi P_{nw} = 0.55 \times 0.7 \times 30 \times (400 \times 4800) \left[1 - \left(\frac{0.8 \times 4000}{32 \times 400} \right)^2 \right] = 20790000 N$$

$$P_u = 10543306.68 N < \phi P_{nw} \quad \rightarrow \text{berarti dinding geser mampu menahan beban aksial}$$

6.4.6.3. Penulangan Lentur Pada ShearWall

Momen lentur terfaktor maksimum = $M_{u_{max}} = 13000950 \text{ Nmm}$ (pada shearwall lantai dasar).

- Digunakan tulangan D16 mm

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times L \times f_y \geq \frac{M_u}{0.8} \\ &= A_s \times (6000 - 550) \times 320 \geq \frac{13000950}{0.8} \\ &= A_s \times 1744000 \geq 16251187.5 \end{aligned}$$

$$A_s > 19.32 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tul.Lentur 2D16 ($A_s = 401.92 \text{ mm}^2$)

$$cek : a = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot h_w} = \frac{401.92 \times 320}{0.85 \times 30 \times 400} = 12.6 \text{ mm}$$

$$L = 6000 - 400 - 12.6/2 = 5593.453 \text{ mm}$$

$$Mn = 602.88 \times 320 \times 5593.453 = 719429774.2 \text{ Nmm} > \frac{Mu}{0.8} = 16251187.5 \quad ...OK!$$

Sesuai SKSNI T-15-1991 pasal 3.14.9 butir 7.3 :

- Jarak tulangan vertikal < 200mm di dalam daerah ujung
 < 300 mm di luar daerah ujung
- Jarak antar tulangan diluar daerah ujung < 3x tebal dinding = 1200mm
 < 1/5 x lebar dinding = 1200 mm
 < 450 mm

Maka dipasang tulangan lentur vertikal 2D16 dengan jarak antar tulangan lentur vertikal (s_1) : 200 mm di dalam daerah ujung
 300 mm di luar daerah ujung

6.4.6.4. Penulangan Geser Horisontal (A_v)

- Penulangan geser horisontal pada lantai 1 (lantai dasar)

Gaya geser yang terjadi pada dasar shearwall akan ditahan oleh tulangan geser tanpa sumbangan kekuatan geser dari beton (V_c) atau pada kondisi kritis.

$$Vnd_{max} = wd \times 0.7 \times \frac{M_{kap,d}}{M_{E,drak}} \times V_{E,drak} \quad (\text{SKSNI'91 pasal 3.14.7.3})$$

$$Vnd_{max} = 1.3 \times 0.7 \times \frac{(1.25 \times 719429774.2)}{1189045.45} \times 19416.8 = 1344420.3 \text{ N}$$

$$s_2 = \frac{(2 \times 0.25 \times 3.14 \times 10^2) \times 320 \times (6000 - 550)}{1344420.3} = 203.66 \text{ mm}$$

syarat jarak tulangan SKSNI'91 ps/3.14.9.(7.3i) & ps/3.14.9.(7.3h) :

$s_2 < 3 \text{ tebal dinding} = 1200 \text{ mm}$

$s_2 < \sqrt{5} \text{ lebar dinding} = 1200 \text{ mm}$

$s_2 < 450 \text{ mm}$

$s_2 \text{ tul. vertikal di dalam daerah ujung} > 200 \text{ mm}$

Maka dipasang Tul.geser vertikal D10 - 200mm

- Penulangan geser horisontal pada lantai 2 sampai dengan atap.

$$P_u = 8655716.716 \text{ N}$$

$$V_u = 61229.410 \text{ N}$$

$$M_u = 10438404 \text{ Nmm}$$

$$L_w = 6000 \text{ mm}$$

$$d = 0.8 \times 6000 = 4800 \text{ mm}$$

Nilai V_c tidak boleh diambil lebih besar dari :

$$V_c = \frac{5}{6} \times \sqrt{f'_c} \times h \times d = \frac{5}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 4800 = 8763560.92 \text{ N}$$

Dan kuat geser V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10.6 :

$$V_c = \left(\sqrt{f'_c} / 4 \right) h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.32})$$

$$V_c = \left(\sqrt{30} / 4 \right) \times 400 \times 4800 + \left(\frac{8655716.716 \times 4800}{4 \times 6000} \right) = 4360211.619 \text{ N}$$

atau

$$V_c = \left[\left(\frac{\sqrt{f'_c}}{2} + \frac{l_w \left(\sqrt{f'_c} + 2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u - L_u}{V_u} - 2} \right) \div 10 \right] h d$$

$$\rightarrow \frac{Mu}{Vu} - \frac{lw}{2} = \frac{10438404}{61229.41} - \frac{6000}{2} = -2829.51$$

sehingga persamaan ini tidak berlaku

Diambil $V_c = 4360211.6 \text{ N}$

$$\phi V_c = 2616126.96 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 1308063.48 \text{ N}$$

karena $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ maka tulangan geser cukup dipasang praktis saja

Dipasang tulangan horisontal : D10 – 200 di dalam daerah ujung

D10 – 200 di luar daerah ujung

6.4.6.5. Penulangan Geser Vertikal (Ah)

Sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 butir 9.(4) rasio (ρ_n) dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari 0.0025

$$A_{n, \text{vertikal perlu}} = 0.0025 \times bw \times d = 0.0025 \times 400 \times 4800 = 4800 \text{ mm}^2$$

Spasi maksimum tulangan vertikal sesuai SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 butir 9.(5)

$$s_1 < L_w/3 = 2000 \text{ mm}$$

$$< 3 \cdot bw = 1200 \text{ mm}$$

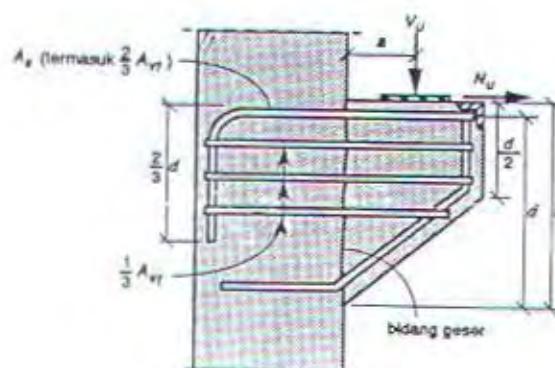
$$< 500 \text{ mm}$$

maka dipasang tulangan geser D10 – 150 mm

$$A_{n, \text{ada}} = (2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2) \times (4800/150) = 5024 \text{ mm}^2 > A_{n, \text{vertikal perlu}}$$

6.4.6.6. Penulangan Pada Tumpuan Tangga

Tumpuan rol dari tangga yang menumpu pada shearwall direncanakan dengan konsol pendek.



Gambar 6.19 Sistem Penulangan Konsol Pendek

SKSNI T-15 – 1991-03 pasal 3.4.9 memberikan tata cara perencanaan konsol pendek dengan nilai bentang retak dan tinggi efektif a/d tidak lebih dari 1, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. gaya horisontal terfaktor Nuc tidak lebih besar dari gaya geser terfaktor Vu
2. penampang pada muka tumpuan harus direncanakan untuk secara bersamaan memikul gaya geser Vu, momen [Vu.a + Nuc(h-d)], dan gaya tarik horisontal Nuc.
3. Untuk semua perhitungan perencanaan konsol pendek menggunakan faktor reduksi kekuatan $\phi = 0.6$, sedangkan pada tumpuan digunakan $\phi = 0.7$.
4. Tulangan Af harus diperhitungkan untuk menahan lentur sebesar [Vu.a + Nuc(h-d)].
5. Perhitungan tulangan geser friksi Avf harus dihitung sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.7 dengan ketentuan tambahan
 - a. untuk beton normal, kuat geser Vu tidak boleh lebih besar dari nilai-nilai $0,2 f'_c b w d$ atau $5,5 b w d$
 - b. untuk beton ringan total atau beton ringan berpasir, kuat geser Vu tidak boleh lebih dari $(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}) f'_c b w d$ atau $(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}) b w d$
6. perhitungan tulangan An yang berfungsi memikul gaya tarik horisontal Nuc ditentukan berdasarkan $Nuc \leq \phi \cdot A_n \cdot f_y$
7. gaya tarik terfaktor Nuc harus dianggap sebagai beban hidup walaupun gaya tersebut terjadi akibat rangkap, susut, atau perubahan suhu ; dan Nuc tidak boleh kurang dari 0,2 Vu kecuali bila digunakan cara khusus untuk mencegah terjadinya gaya tarik.
8. penampang kritis pada konsol pendek adalah pada sisi muka tumpuan yaitu ditempat dimana tinggi efektif harus diukur, dan tinggi efektif tidak boleh kurang dari dua kali tinggi ujung luar d₁.
9. luas tulangan tarik utama As harus diambil sama dengan nilai yang terbesar dari (Af + An) dan (2/3 Avf - An)
10. tulangan geser sengkang Ah dipasang sejajar terhadap As dengan luas tidak kurang dari 0,5(As-An) dan disebar merata dalam batas 2/3 tinggi efektif
11. rasio penulangan $\rho = \frac{As}{b.d} \geq 0,04 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$

Perhitungan konsol pendek

$$V_u = 14601.32 \text{ kg} = 146013.2 \text{ N}$$

$$bw = 3450 \text{ mm}$$

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

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

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

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

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$a/d = 100/350 = 0.28 < 1 \dots \text{OK!}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{146013.2}{0.6} = 243355.33 \text{ N}$$

$$0.2 f'_c bw d = 0.2 \times 30 \times 3450 \times 350 = 7245000 \text{ N} > V_n$$

$$5.5 bw d = 5.5 \times 3450 \times 350 = 6641250 \text{ N} > V_n$$

Menentukan luas tulangan geser friksi :

hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal, maka $\mu = 1.4$

$$Av_f = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} = \frac{243355.33}{320 \cdot 1.4} = 543.2 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas tulangan lentur :

$$Nuc \min = 0.2 V_u = 29202.64 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Af &= \frac{Mu}{\phi \cdot f_y + (\text{lengan})} = \frac{V_u \cdot a + Nuc \cdot (h - d)}{\phi \cdot f_y + (\text{lengan})} \\ &= \frac{146013.2 \times 100 + 29202.64 \times (400 - 350)}{0.65 \times 320 + (0.85 \times 350)} \\ &= 259.558 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot f_y} = \frac{29202.64}{0.65 \times 320} = 140.397 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan pokok As :

$$As = [2/3 (Av_f) + An] = [2/3 (543.2) + 140.397] = 502.53 \text{ mm}^2$$

$$As = Af + An = 259.558 + 140.397 = 399.955 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = 0.04 \frac{fc'}{fy} b.d = 0.04 \times \frac{30}{320} \times 3450 \times 350 = 4528.125 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 25D16 = 5024mm² atau D16 -140 mm (ke arah lebar)

$$Ah = \frac{1}{2} (As - An) = \frac{1}{2} (4528.125 - 140.397) = 2193.864 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 50D8 = 2512mm²

dipasang sepanjang $(2/3)d = 233.33$ mm (vertikal) → dipasang 2D8 pada tiap As juga dipasang tulangan perangkai D8.

Menentukan luas pelat landasan

$$Vu = \phi(0.85) fc' Al$$

$$Al = \frac{146013.2}{(0.85)30(0.65)} = 8809.24 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $150 \times 3450 \text{ mm}^2 \rightarrow Al = 172500 \text{ mm}^2$

tebal 15mm

BAB VII
PERENCANAAN SAMBUNGAN

BAB VII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1 UMUM

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

Untuk sambungan basah dalam daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran, sambungan lewatan, dowel yang dijangkarkan didaerah pertemuan tersebut. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu juga perlu ditinjau *serviceability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setmpat (*cast in situ*).

7.2 KRITERIA PERENCANAAN SAMBUNGAN

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

7.2.1. Kekuatan

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

7.2.2. Daktilitas

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

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

7.2.3. Perubahan Volume

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

7.2.4. Daya Tahan

Sambungan perlu diawasi dan dipelihara. Sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan perlindungan dengan beton atau dengan cat (galvanis). daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, speling beton dan yang paling sering diakibatkan oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

7.2.5. Ketahanan terhadap Kebakaran

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

7.2.6. Kesederhanaan Sambungan

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis. Kriteria penyederhanaan sambungan adalah :

- Memakai bahan-bahan standar
- Menggunakan detail yang sama (berulang)
- Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya
- Merpersiapkan cara-cara penggantian.

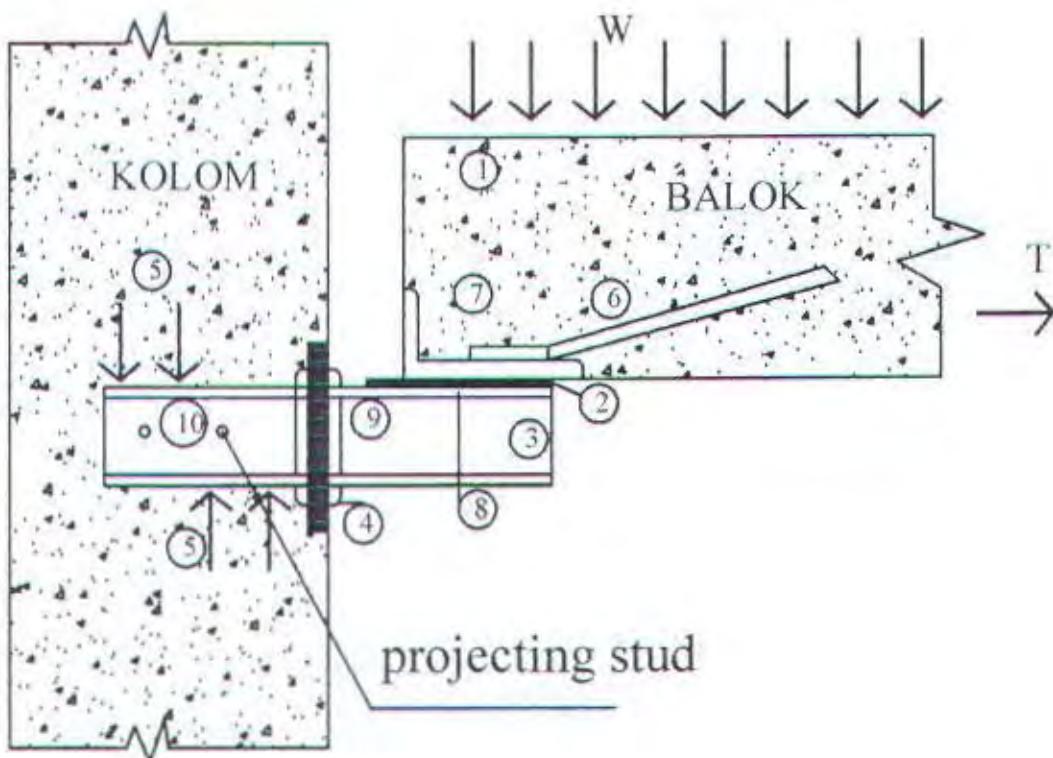
7.2.7. Kesederhanaan Pemasangan

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

7.3 KONSEP DESAIN SAMBUNGAN

7.3.1 Mekanisme Pemindahan Beban

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



Gambar 7.1 Mekanisme Pemindahan Beban

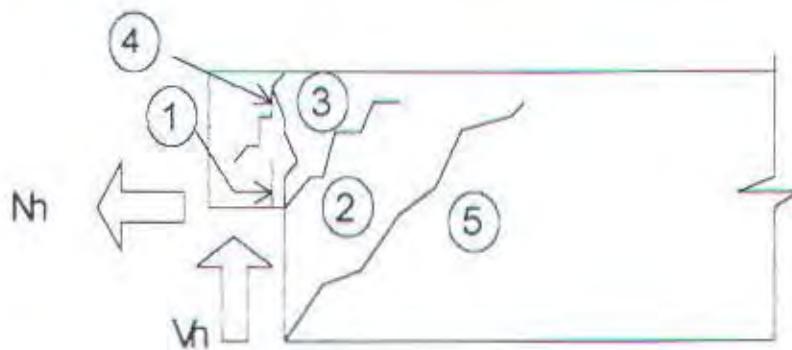
1. Beban W diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las
5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 6.Balok beton ke tulangan dengan lekatan/ikatan
- 7.Tulangan baja siku diujung balok diikat dengan las
- 8.Baja siku diujung balok ke *haunch* melalui gesekan diatas dan dibawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
- 9.Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
- 10.Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui ikatan/lekatan.

7.3.2 Pola-pola Kehancuran

Sebagai perencana diharuskan untuk menguji masing-masing pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 7.2.

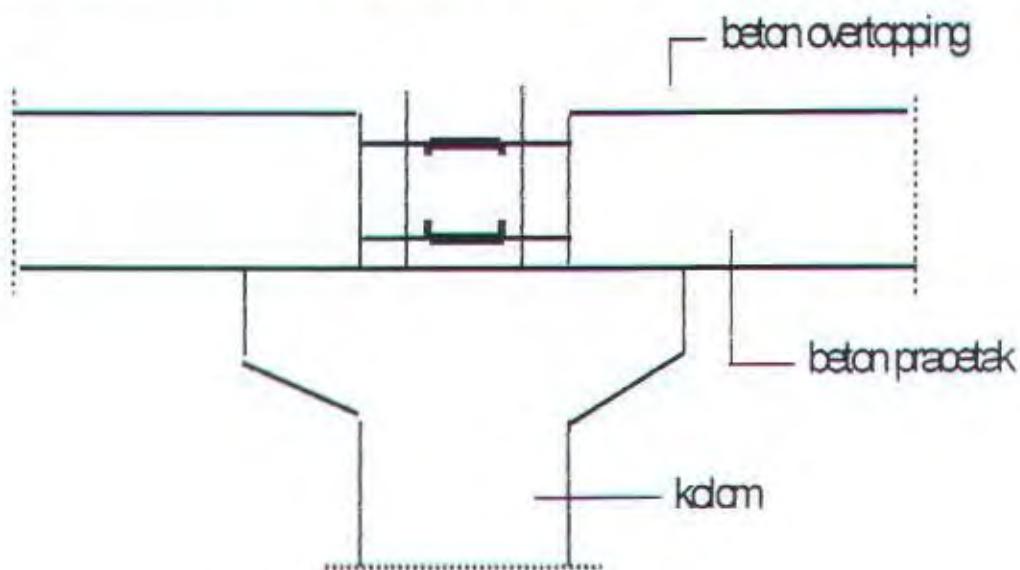


Gambar 7.2 Model - Model Keruntuhan di Ujung

PCI design Handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan *dapped-end* dari balok, yaitu sebagai berikut :

1. Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
3. Geser langsung antara tonjolan dengan bagian utama balok
4. Tarik diagonal pada ujung akhir
5. Perletakan pada ujung atau tonjolan

Dalam tugas akhir ini, penulis merencanakan sistem balok pracetak yang mapu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian kekuatan penyambungan sebelum komposit (gambar 7.2) sehingga mencapai kekuatan sambungan yang benar-benar monolith.



Gambar 7.3 Balok Pracetak menumpu pada Konsol Pendek

7.3.3 Stabilitas dan Keseimbangan

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

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

Gaya lateral didistribusikan ke setiap bagian struktur lateral melalui aksi diafragma dari pelat lantai.

7.3.4 Klasifikasi Sistem Pracetak Dan Sambungannya

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambung.

1. Lokasi penyambungan

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

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

2. Jenis alat penyambung

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

7.4 PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN RANCANGAN

1. Sambungan-sambungan sendi

Pertimbangan pertama adalah menentukan letak sambungan pada titik momen minimum, namun sambungan tersebut masih harus didesain terhadap momen yang masih terjadi. Momen yang terjadi lantai per lantai akibat beban mati ditambah beban hidup juga biasanya tidak banyak berbeda, tetapi pergeseran-pergeseran

bidang momen akibat ragam-ragam yang lebih tinggi dalam keadaan in elastis perlu diperhatikan

2. Sambungan daktail pemencar energi

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

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

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

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

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

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

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

Kapasitas momen elastis pada bagian muka kolom harus lebih besar daripada kapasitas momen plastis pada lokasi sendi. Regangan dan gaya geser yang lebih tinggi akan timbul jika peleahan dan varasinya sama seperti yang digunakan untuk komponen-komponen lain yang sama yaitu sendi plastis dengan komponen pracetak lain.

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

4. Sambungan cold joint yang diberi tulangan biasa

Jenis joint ini diletakkan di daerah momen yang kecil. Pemakaian yang umum yaitu dengan menggunakan sendi yang bebas berputar, sebab biasanya sendi tersebut dipasang di daerah yang secara analisa memang terjadi persendian (*inflection point*). Pada permukaan elemen pracetak direncanakan suatu sambungan yang tidak akan terjadi peleahan sambungan. Dari sudut pelaksanaannya adalah sangat menguntungkan dan agar panjang sambungan sependek mungkin serta mengurangi kemungkinan besarnya momen yang terjadi.

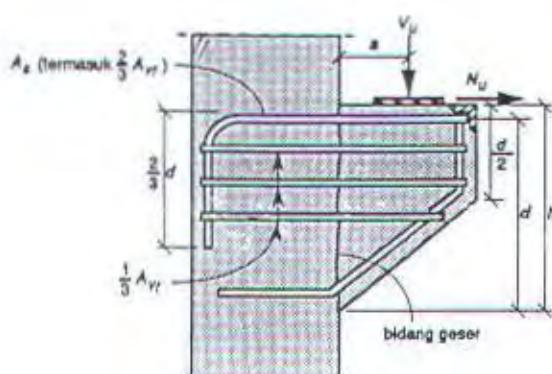
Transfer bond dari tegangan yang berasal dari tulangan tarik biasanya sering dipilih sebab tidak akan menimbulkan masalah yang berarti pada waktu pemasangan *mechanical aplices*. Transfer geser diperbaiki dengan mengubah tulangan pengekang.

Sambungan-sambungan basah biasanya tidak dapat dipakai pada sambungan kolom sehingga kebanyakan digunakan sambungan dowel atau sambungan-sambungan mekanik. Untuk gempa besar biasanya jenis sambungan ini tidak dapat memenuhi persyaratan. Selain terjadi gaya geser yang cukup besar yang harus ditransferkan, juga terjadi momen yang cukup besar akibat pergeseran *inflection point* akibat sifat-sifat inelastis bila terjadi cukup banyak sendi-sendii plastis pada struktur. Pengaruh ragam yang lebih tinggi dapat menggeser letak *inflection point* pada analisa elastis. Gaya geser yang cukup besar dapat ditransferkan lewat *shear keys*.

7.5 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK DENGAN KOLOM

7.5.1 Perencanaan Konsol pada Kolom

Tumpuan dari balok induk yang menumpu pada kolom direncanakan dengan konsol pendek.

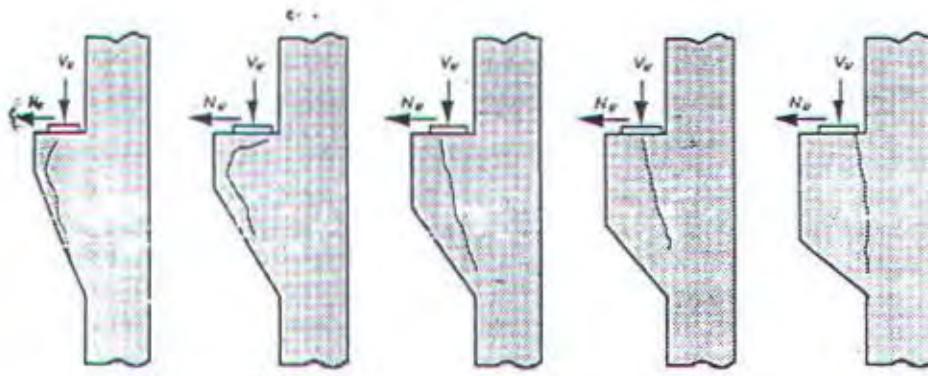


Gambar 7.4 Sistem Penulangan Konsol Pendek

SKSNI T-15 – 1991-03 pasal 3.4.9 memberikan tata cara perencanaan konsol pendek dengan nilai bentang retak dan tinggi efektif a/d tidak lebih dari 1, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. gaya horisontal terfaktor N_{uc} tidak lebih besar dari gaya geser terfaktor V_u
2. penampang pada muka tumpuan harus direncanakan untuk secara bersamaan memikul gaya geser V_u , momen $[V_u \cdot a - N_{uc}(h-d)]$, dan gaya tarik horisontal N_{uc} .
3. Untuk semua perhitungan perencanaan konsol pendek menggunakan faktor reduksi kekuatan $\phi = 0.6$, sedangkan pada tumpuan digunakan $\phi = 0.7$.
4. Tulangan A_f harus diperhitungkan untuk menahan lentur sebesar $[V_u \cdot a + N_{uc}(h-d)]$.
5. Perhitungan tulangan geser friksi A_{vf} harus dihitung sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.7 dengan ketentuan tambahan

- a. untuk beton normal, kuat geser V_u tidak boleh lebih besar dari nilai-nilai $0.2 f_c' b w d$ atau $5.5 b w d$
- b. untuk beton ringan total atau beton ringan berpasir , kuat geser V_u tidak boleh lebih dari $(0.2 - 0.07 \frac{a}{d}) f_c' b w d$ atau $(5.5 - 1.9 \frac{a}{d}) b w d$
- 6. perhitungan tulangan A_n yang berfungsi memikul gaya tarik horisontal N_{uc} ditentukan berdasarkan $N_{uc} \leq \phi A_n f_y$
- 7. gaya tarik terfaktor N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup walaupun gaya tersebut terjadi akibat rangak , susut, atau perubahan suhu ; dan N_{uc} tidak boleh kurang dari 0,2 V_u kecuali bila digunakan cara khusus untuk mencegah terjadinya gaya tarik.
- 8. penampang kritis pada konsol pendek adalah pada sisi muka tumpuan yaitu ditempat dimana tinggi efektif harus diukur , dan tinggi efektif tidak boleh kurang dari dua kali tinggi ujung luar d_1 .
- 9. luas tulangan tarik utama As harus diambil sama dengan nilai yang terbesar dari $(Af + An)$ dan $(2/3 Av_f + An)$
- 10. tulangan geser sengkang A_h dipasang sejajar terhadap As dengan luas tidak kurang dari $0,5(As-An)$ dan disebar merata dalam batas $2/3$ tinggi efektif
- 11. rasio penulangan $\rho = \frac{As}{b.d} \geq 0,04 \left(\frac{fc'}{fy} \right)$



Gambar 7.5 Pola Retak Konsol Pendek

Contoh Perhitungan

Dicantohkan pada balok induk lantai 4, no. ID 1175 , dimensi 35/85.

$$V_u = 479190.4 \text{ N}$$

Direncanakan dimensi konsol :

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

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

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

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

$$l_p = 300 \text{ mm}$$

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

$$a/d = 150/500 = 0.3 < 1 \dots \text{OK!}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{479190.4}{0.6} = 798650.667 \text{ N}$$

$$0.2 f'_c bw d = 0.2 \times 30 \times 350 \times 500 = 1050000 \text{ N} > V_n$$

$$5.5 bw d = 5.5 \times 350 \times 500 = 962500 \text{ N} > V_n$$

Menentukan luas tulangan geser friksi :

hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal, maka $\mu = 1.4$

$$Av_f = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} = \frac{798650.667}{320 \cdot 1.4} = 1782.703 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas tulangan lentur :

$$Nuc \min = 0.2 V_u = 95838.08 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Af &= \frac{Mu}{\phi \cdot f_y + (\text{lengan})} = \frac{V_u \cdot a + Nuc \cdot (h - d)}{\phi \cdot f_y + (\text{lengan})} \\ &= \frac{(479190.4 \times 150) + \{95838.08 \times (550 - 500)\}}{0.65 \times 320 \times (0.85 \times 500)} \\ &= 867.313 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot f_y} = \frac{95838.08}{0.65 \times 320} = 460.76 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan pokok As :

$$As = [2/3 (Avf) + An] = [2/3 (1782.703) + 460.76] = 1649.23 \text{ mm}^2$$

$$As = Af + An = 867.313 + 460.76 = 1328.073 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = 0.04 \frac{fc'}{fy} b d = 0.04 \times \frac{30}{320} \times 350 \times 500 = 656.25 \text{ mm}^2$$

Diambil $As = 1649.23 \text{ mm}^2$

dipakai tulangan 4D25 = 1962.5 mm^2

$$Ah = \frac{1}{2} (As - An) = \frac{1}{2} (1649.23 - 460.76) = 594.235 \text{ mm}^2$$

dipakai sengkang 4D10 = $2.(4).(78.5) = 628 \text{ mm}^2$

dipasang sepanjang $(2/3)d = 333.33 \text{ mm}$ (vertikal) → dipasang 4D10 dengan spasi $333.33/3 = 111.11 \text{ mm}$

juga dipasang tulangan 4D10 sebagai rangka.

Menentukan luas pelat landasan :

$$Vu = \phi(0.85) f'c' A_l$$

$$A_l = \frac{479190.4}{(0.85)30(0.65)} = 28910.43 \text{ mm}^2$$

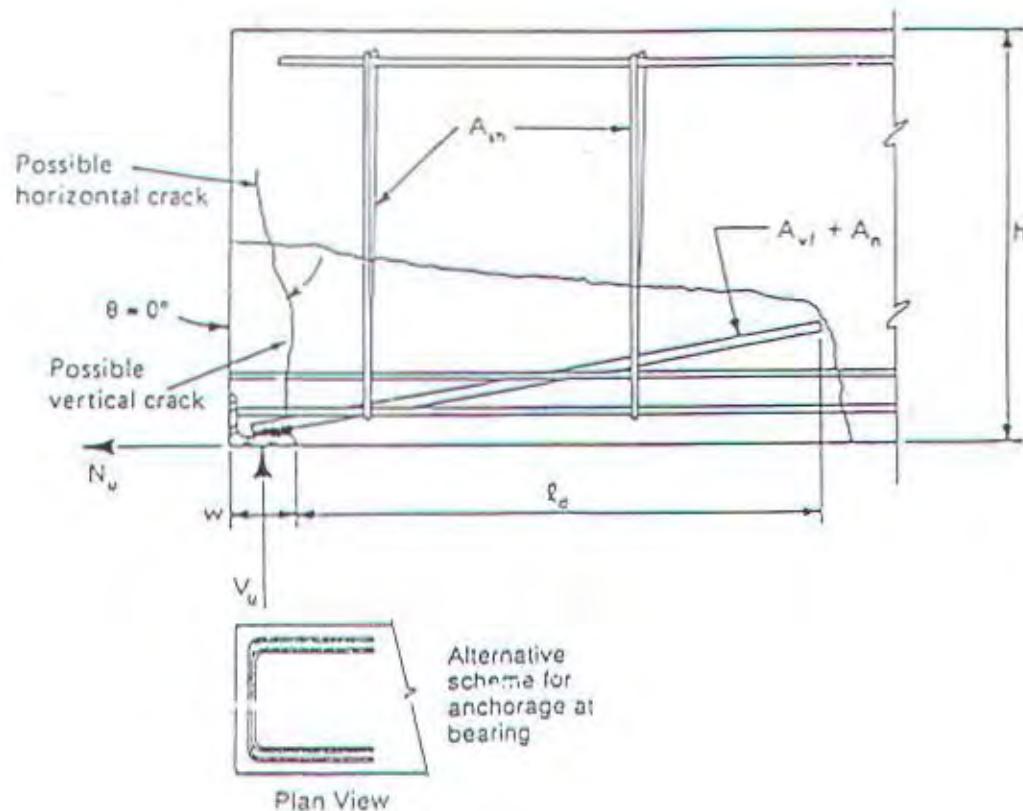
dipakai pelat landasan $350 \times 200 \text{ mm}^2 \rightarrow$ tebal 15mm

7.5.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan penulangan ujung balok induk pada tugas akhir ini didasarkan pada buku *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)* section 6.11, yaitu tentang concrete brackets or corbel. Karena dihitung dengan *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)*, maka satuan yang dipakai adalah:

- lb atau kips untuk satuan gaya
- in untuk besaran panjang
- psi untuk f'_c
- ksi untuk f_y

Hal ini karena berkaitan dengan koefisien-koefisien yang akan dipakai.



Gambar 7.6 Reinforced Concrete Bearing

Menurut SKSNI T-15-1991-03 , bearing strength on plain concrete adalah :

$$\phi Vn = \phi Cr(0.85 f'_c A_1) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 f'_c A_1$$

dimana :

$$\phi = 0.7$$

$Cr = (sw / 200)^{(N_u / V_u)} = 1 \rightarrow$ bila tidak ada gaya horizontal yang berarti

A_1 = luas permukaan beton yang mendukung beton

A_2 = luas proyeksi permukaan A_1

Batas bearing strength adalah $\phi Vc = 0.85 \phi f'_c bw$

Jika $V_u > \phi V_n$ hasil desain bearing strength on plain concrete, maka perlu tulangan end bearing. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi. Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut :

1. Diasumsikan sudut retak adalah vertikal $\theta = 0^\circ$
2. Hitung tulangan horisontal :

$$A_t = Avf + An = \frac{V_u}{\phi f_y \mu} + \frac{N_u}{\phi f_y}$$

3. Sudut penanaman adalah 15° seperti yang disarankan pada referensi.
4. Nilai $\mu = 1.4\lambda = 1.4 \times 1 = 1.4$
5. Hitung tulangan sengkang :

$$Ash = \frac{(Avf + An)f_y}{\mu_e f_{ys}}$$

$$\text{dimana } \mu_e = \frac{1000 \cdot \lambda \cdot A_{cr} \cdot \mu}{(Avf + An)f_y}$$

$A_{cr} = ld \cdot b$

b = lebar balok

ld = panjang penanaman

fys = mutu baja sengkang Ash

Contoh Perhitungan

$$V_u = 479190.4 \text{ N} = 107.73 \text{ kips kips}$$

$$N_u = 21.546 \text{ kips}$$

Dimensi balok induk $35/85 \text{ cm}^2$, sehingga $h = 85 \text{ cm} = 33.46 \text{ in}$

Dipakai pelat landasan : $b = 350 \text{ mm} = 13.779 \text{ in}$, $w = 150 \text{ mm} = 5.906 \text{ in}$

$$\begin{aligned} \mu_e &= \frac{1000 \cdot \lambda \cdot A_{cr} \cdot \mu}{V_u} = \frac{1000 \cdot \lambda \cdot b \cdot h \cdot (1.4\lambda)}{V_u} \\ &= \frac{1000 \times 1 \times 13.779 \times 33.46 \times 1.4 \times 1}{107730} = 5.99 > 3.4 \quad \dots \dots \text{pakai } 3.4 \end{aligned}$$

$$Avf = \frac{Vu}{\phi \cdot f_y \cdot \mu_e} = \frac{107.73}{0.85 \times 46.61 \times 3.4} = 0.7998 \text{ sq.in}$$

$$An = \frac{Nu}{\phi \cdot f_y} = \frac{21.546}{0.85 \times 46.61} = 0.5438 \text{ sq.in}$$

$$At = Avf + An = 1.3436 \text{ sq.in}$$

Dipakai 4D25mm = 3.0419sq.in

- Panjang ld sesuai dengan tabel Design Aid 11.2.8

Untuk $\alpha_A = \alpha_B = 1$ $ldb = 9.6$

$\alpha_C = 1.3$ $\alpha_D = 1$

$$\alpha_E = \frac{\dot{A}s_{perlu}}{As_{ada}} = \frac{1.3436}{3.0419} = 0.772$$

$$\alpha_{MT} = 1.18 \left(\frac{f_y}{\sqrt{fc'}} \right) = 1.18 \left(\frac{46.61}{\sqrt{4350.98}} \right) = 0.834$$

$$ld = ldb \times \alpha_A \times \alpha_B \times \alpha_C \times \alpha_D \times \alpha_E \times \alpha_{MT} \geq 12 \text{ in}$$

$$= ldb \times 1 \times 1 \times 1.3 \times 1 \times 0.772 \times 0.834 = 8.35 \text{ in} \quad \text{pakai } ld = 12 \text{ in} \approx 31 \text{ cm}$$

$$Ash = \frac{(Avf + An)f_y}{\mu_e f_{yN}}$$

$$\mu_e = \frac{1000 \cdot \lambda \cdot Acr \cdot \mu}{Vu} \rightarrow Acr = ld \times b$$

$$= \frac{1000 \times 1 \times 12 \times 13.779 \times 1.4 \times 1}{107730} = 2.149 < 3.4 \quad \dots \text{pakai } 2.149$$

$$Ash = \frac{(1.3436) \times 46.61}{2.149 \times 46.61} = 0.625 \text{ sq.in}$$

Dipakai tulangan Ash = 4D25mm = 3.0419sq.in

7.6 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK

7.6.1 Perencanaan Konsol pada Balok Induk

Tumpuan dari balok anak yang menumpu pada balok induk direncanakan dengan konsol pendek seperti pada gambar 7.4.

SKSNI T-15 – 1991-03 pasal 3.4.9 memberikan tata cara perencanaan konsol pendek dengan nilai bentang retak dan tinggi efektif a/d tidak lebih dari 1, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. gaya horizontal terfaktor Nuc tidak lebih besar dari gaya geser terfaktor Vu
2. penampang pada muka tumpuan harus direncanakan untuk secara bersamaan memikul gaya geser Vu, momen [Vu.a + Nuc(h-d)], dan gaya tarik horisontal Nuc.
3. Untuk semua perhitungan perencanaan konsol pendek menggunakan faktor reduksi kekuatan $\phi = 0.6$, sedangkan pada tumpuan digunakan $\phi = 0.7$.
4. Tulangan Af harus diperhitungkan untuk menahan lentur sebesar [Vu.a + Nuc(h-d)].
5. Perhitungan tulangan geser friksi Avf harus dihitung sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.7 dengan ketentuan tambahan:
 - a. untuk beton normal, kuat geser Vu tidak boleh lebih besar dari nilai-nilai $0,2 f'_c b w d$ atau $5,5 b w d$.
 - b. untuk beton ringan total atau beton ringan berpasir , kuat geser Vu tidak boleh lebih dari $(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}) f'_c b w d$ atau $(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}) b w d$
6. perhitungan tulangan An yang berfungsi memikul gaya tarik horisontal Nuc ditentukan berdasarkan $Nuc \leq \phi \cdot A_n \cdot f_y$
7. gaya tarik terfaktor Nuc harus dianggap sebagai beban hidup walaupun gaya tersebut terjadi akibat rangkak , susut, atau perubahan suhu ; dan Nuc tidak boleh kurang dari 0,2 Vu kecuali bila digunakan cara khusus untuk mencegah terjadinya gaya tarik.
8. penampang kritis pada konsol pendek adalah pada sisi muka tumpuan yaitu ditempat dimana tinggi efektif harus diukur , dan tinggi efektif tidak boleh kurang dari dua kali tinggi ujung luar d₁.

9. luas tulangan tarik utama As harus diambil sama dengan nilai yang terbesar dari ($A_f + A_n$) dan ($\frac{2}{3} A_{vf} + A_n$)
10. tulangan geser sengkang Ah dipasang sejajar terhadap As dengan luas tidak kurang dari $0,5(As - An)$ dan disebar merata dalam batas $\frac{2}{3}$ tinggi efektif
11. rasio penulangan $\rho = \frac{As}{b \cdot d} \geq 0,04 \left(\frac{fc'}{fy} \right)$

Contoh Perhitungan

Gaya-gaya yang terjadi :

$$V_u = 82568.4 \text{ N}$$

$$N_{uc} = 0.2 V_u = 16513.68 \text{ N}$$

Dimensi Balok Anak : 30/40 mm

Direncanakan dimensi konsol :

$$bw = 300 \text{ mm}$$

$$\text{tebal pelat landasan} = 15\text{mm}$$

$$h = 300 - 15 = 285 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{tebal pelat siku} - (D/2) = 285 - 15 - (10/2) = 265 \text{ mm}$$

$$lp = 140 \text{ mm}$$

$$a = 70 \text{ mm}$$

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

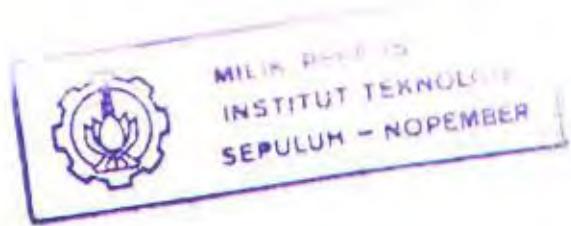
$$fy = 320 \text{ Mpa}$$

$$a/d = 70/140 = 0,25 < 1 \dots \text{OK!}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{82568.4}{0.6} = 137614N$$

$$0,2 fc' bw d = 0,2 \times 30 \times 300 \times 265 = 468000 \text{ N} > V_n$$

$$5,5 bw d = 5,5 \times 300 \times 265 = 429000 \text{ N} > V_n$$



Menentukan luas tulangan geser friksi :

hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal, maka $\mu = 1.4$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} = \frac{137614}{320 \cdot 1.4} = 307.174 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas tulangan lentur :

$$Nuc \min = 0.2 Vu = 16513.68 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Af &= \frac{Mu}{\phi \cdot fy + (\text{lengan})} = \frac{Vu \cdot a + Nuc \cdot (h - d)}{\phi \cdot fy + (\text{lengan})} \\ &= \frac{(825.4 \times 70) + (16513.68 \times (285 - 265))}{0.65 \times 320 \times (0.85 \times 265)} \\ &= 134.716 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$An = \frac{Nuc}{\phi \cdot fy} = \frac{16513.68}{0.65 \times 320} = 79.39 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan pokok As :

$$As = [2/3 (Avf) + An] = [2/3 (307.174) + 79.39] = 284.175 \text{ mm}^2$$

$$As = Af + An = 134.716 + 79.39 = 214.106 \text{ mm}^2$$

$$As \min = 0.04 \frac{fc'}{fy} \cdot b \cdot d = 0.04 \times \frac{30}{320} \times 300 \times 265 = 292.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diambil } As = 292.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai tulangan } 4D10 = 314 \text{ mm}^2$$

$$Ah = \frac{1}{2} (As - An) = \frac{1}{2} (292.5 - 79.39) = 106.555 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai sengkang } 3D8 = 2.(3).(50.24) = 301.44 \text{ mm}^2$$

dipasang sepanjang $(2/3) d = 176.67 \text{ mm}$ (vertikal) → dipasang 3D8 dengan spasi $173.66/2 = 88.33 \text{ mm}$

juga dipasang tulangan 4D8 sebagai perangkai.

Menentukan luas pelat landasan :

$$Vu = \phi(0.85) f'_c A_l$$

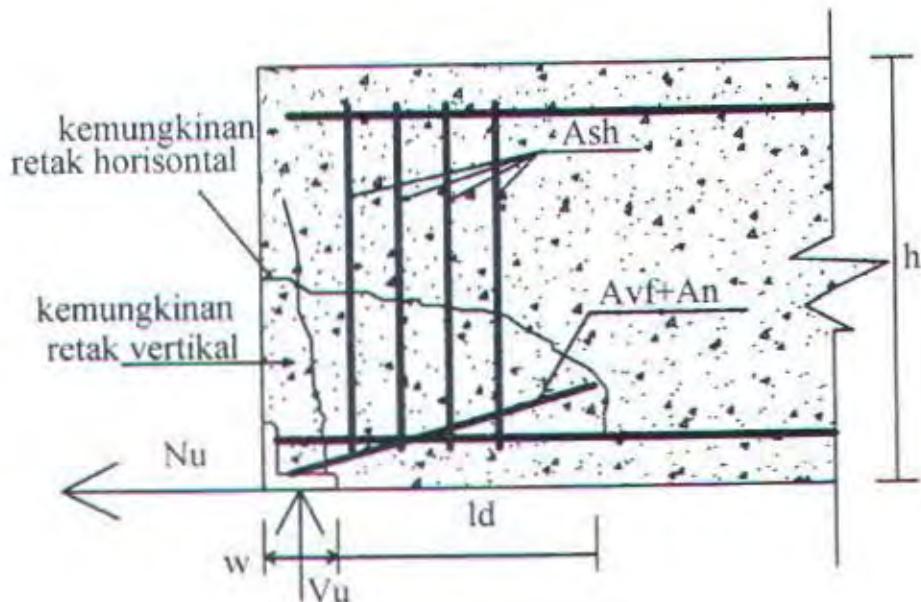
$$A_l = \frac{82568.4}{(0.85)(30)(0.65)} = 4981.50 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 300 \text{ mm}^2 \rightarrow$ tebal 15mm

Penulangan Pada Daerah Ujung Balok Anak

Gaya – gaya yang terjadi : $V_u = 82568.4 \text{ N} = 18.563 \text{ kips}$

$N_u = 0.2 V_u = 3.7126 \text{ kips}$



Gambar 7.7 Rencana tulangan pada ujung balok anak

Dimensi balok anak sebelum komposit $30/27 \text{ cm}^2$, sehingga $h = 27 \text{ cm} = 10.63 \text{ in}$

Dipakai pelat landasan : $b = 300 \text{ mm} = 11.811 \text{ in}$, $w = 70 \text{ mm} = 2.76 \text{ in}$

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u} = \frac{1000 \lambda b h (1.4 \lambda)}{V_u}$$

$$= \frac{1000 \times 1 \times 11.811 \times 10.63 \times 1.4 \times 1}{18563} = 9.47 > 3.4 \quad \dots \text{pakai } 3.4$$

$$Avf = \frac{V_u}{\phi f_y \mu_e} = \frac{18.563}{0.85 \times 46.61 \times 3.4} = 0.1378 \text{ sq.in}$$

$$An = \frac{Nu}{\phi f_y} = \frac{3.7126}{0.85 \times 46.61} = 0.0937 \text{ sq.in}$$

$$At = Avf + An = 0.2315 \text{ sq.in}$$

Dipakai 2D10mm $\rightarrow At \text{ ada} = 0.243 \text{ sq.in}$

- Panjang ld sesuai dengan tabel Design Aid 11.2.8

Untuk $\alpha_A = \alpha_B = 1 \quad ldb = 9.6$

$$\alpha_C = 1.3 \quad \alpha_D = 1$$

$$\alpha_E = \frac{As_{perm}}{As_{ada}} = \frac{0.2315}{0.243} = 0.953$$

$$\alpha_{MT} = 1.18 \left(\frac{f_y}{\sqrt{fc'}} \right) = 1.18 \left(\frac{46.61}{\sqrt{4350.98}} \right) = 0.834$$

$$ld = ldb \times \alpha_A \times \alpha_B \times \alpha_C \times \alpha_D \times \alpha_E \times \alpha_{MT} \geq 12 \text{ in}$$

$$= ldb \times 1 \times 1 \times 1.3 \times 1 \times 0.953 \times 0.834 = 9.9 \text{ in} \quad \text{pakai } 12 \text{ in} \approx 31 \text{ cm}$$

$$Ash = \frac{(Avf + An)f_y}{\mu_e f_y s}$$

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u} \quad \dots A_{cr} = ld \times b$$

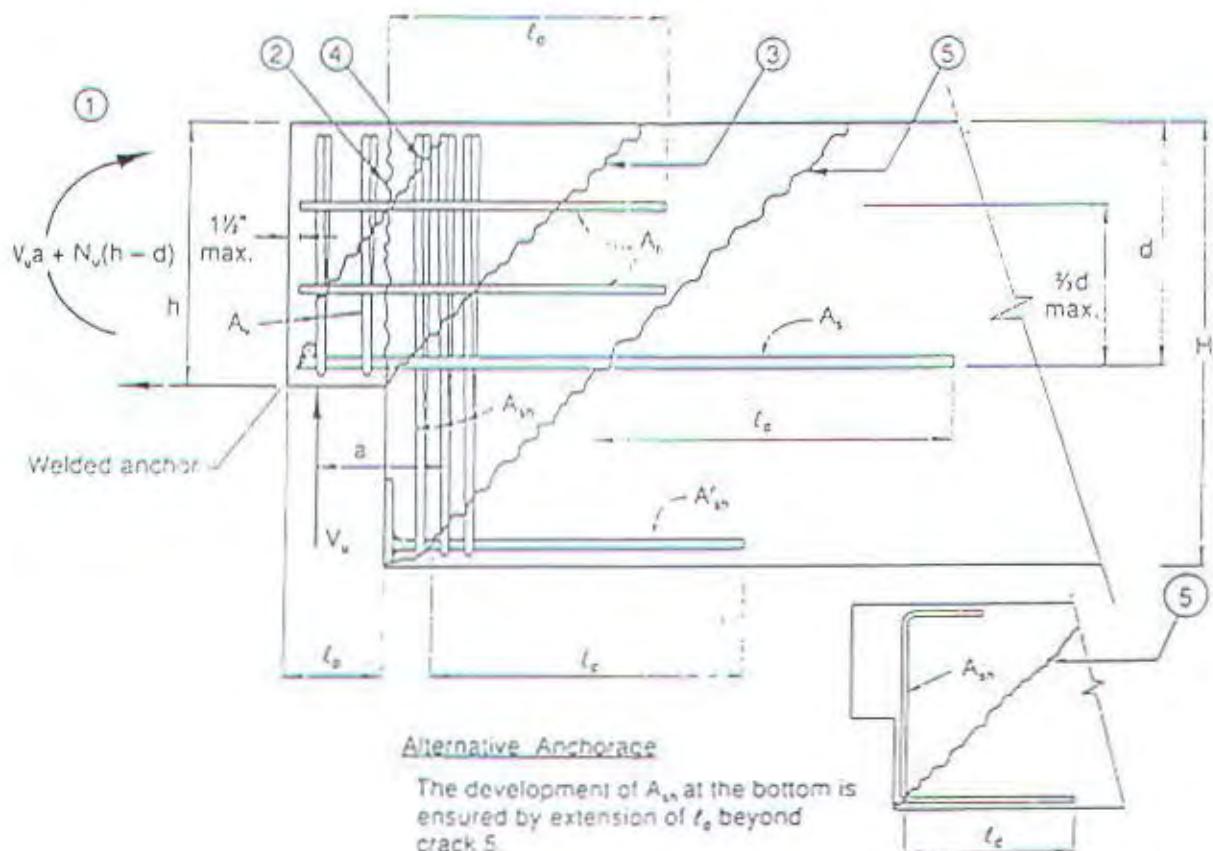
$$= \frac{1000 \times 1 \times 12 \times 11.811 \times 1.4 \times 1}{18563} = 10.689 > 3.4 \quad \dots \text{pakai } 3.4$$

$$Ash = \frac{(0.2315) \times 46.61}{3.4 \times 46.61} = 0.068 \text{ sq.in}$$

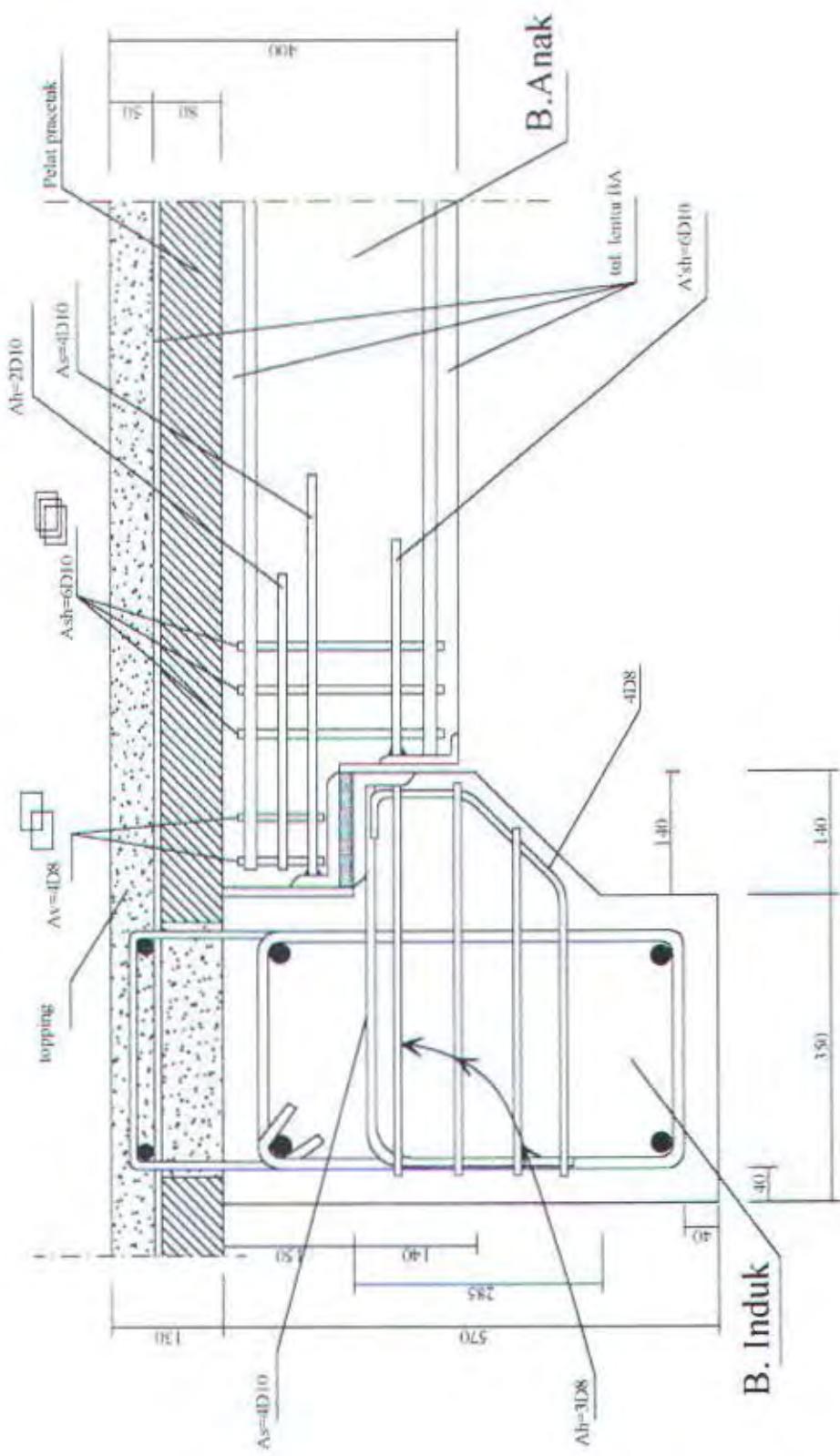
Dipakai tulangan 2D8mm $\rightarrow Ash \text{ ada} = 0.1557 \text{ sq.in}$

Alternatif Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Perencanaan tulangan ujung balok anak dapat juga didasarkan pada buku *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)* section 6.13.2 s/d 6.13.4, yaitu tentang *dapped-end connection*. Secara garis besarnya adalah sebagai berikut :



Gambar 7.8 Potensial Failure Modes and Required Reinforcement
In Dapped-End Connections



Gambar 7.9 Alternatif Sambungan B.Induk dengan B.Anak

7.7 PERENCANAAN SAMBUNGAN ANTAR KOLOM PRACETAK

7.7.1 Menentukan Panjang Penyaluran Kolom

Sesuai SKSNI T-15-1991-03 ,psl 3.5.3 tentang penyaluran dari batang tulangan deform dalam tekan :

$$l_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c}} = \frac{32 \cdot 320}{4 \sqrt{30}} = 467.38 \text{ mm}$$

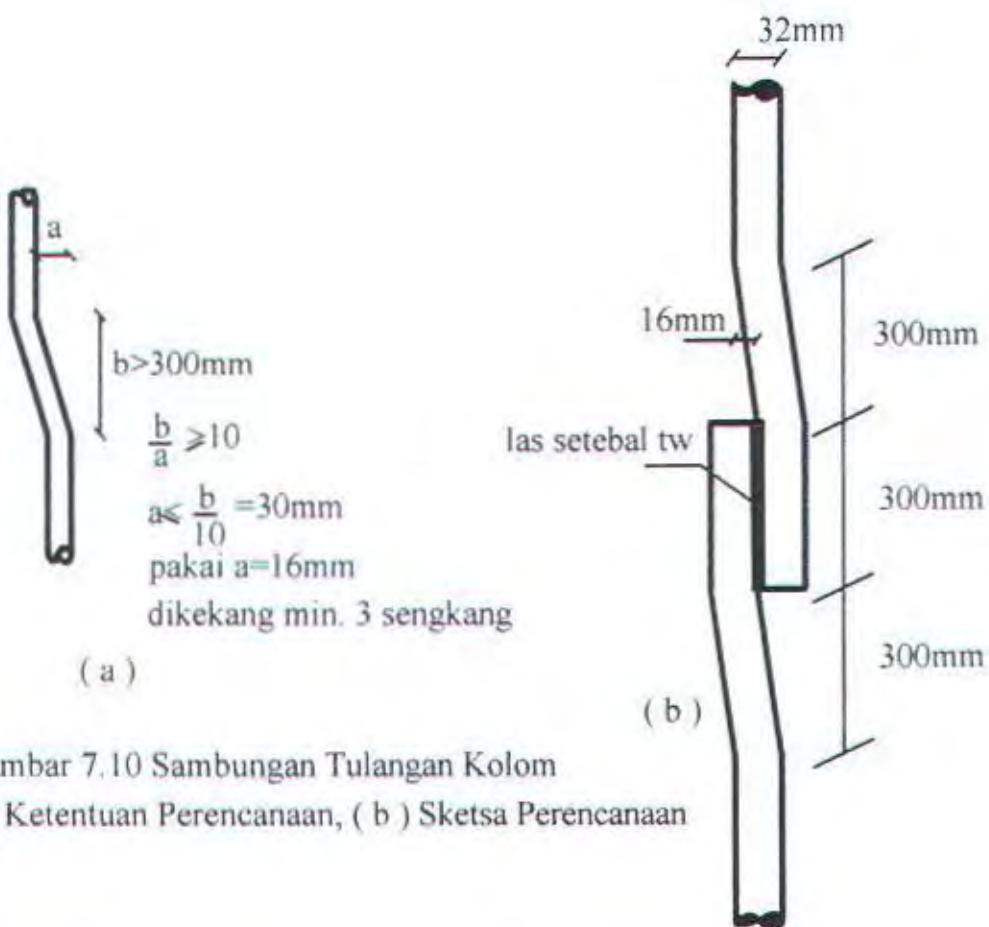
tidak boleh kurang dari $0.04 \times db \times f_y = 0.04 \times 32 \times 320 = 409.6 \text{ mm}$

faktor pengali $\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ ada}} = \frac{13440}{(2 \times 16076.8)} = 0.418$

$l_d = l_{db} \times 0.418 = 195.36 \text{ mm}$, tidak boleh kurang dari 200mm

Menurut SKSNI T-15-1991-03 ,psl 3.5.16 panjang sambungan lewatan dari batang tulangan deform dalam tekan adalah sama dengan l_d , ataupun 300 mm

Maka dipakai panjang penyaluran kolom = 300mm



Gambar 7.10 Sambungan Tulangan Kolom

(a) Ketentuan Perencanaan, (b) Sketsa Perencanaan

7.7.2 Menentukan Tebal Las

Direncanakan sesuai dengan buku *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)* section 6.5.6 yaitu tentang weld groups (gabungan las). Penyambungan kolom pracetak ini harus berada diluar daerah sendi plastis.

Rumusan-rumusan untuk gabungan las :

$$fx = \frac{Px}{Aw} + \frac{Mt.y}{Ip}$$

$$fy = \frac{Py}{Aw} + \frac{Mt.x}{Ip}$$

$$fr = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2}$$

Dimana : Px = gaya geser pada arah x = Vuk,x

Py = gaya geser pada arah y = Vuk,y

Mt = Momen torsi

Aw = Luas las

x,y = jarak dari pusat massa gabungan las ke titik pusat gaya yang ditinjau

fr = gaya total yang diterima las

fy,fx = kombinasi gaya geser dan torsi

Gaya-gaya yang terjadi :

$$Px = Vuk,x = 548262.6N = 123.26 \text{ kips}$$

$$Py = Vuk,y = 511290N = 114.95 \text{ kips}$$

$$Mt = 0$$

$$x,y = 0$$

Sesuai buku *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)* fig.6.5.12 :

$$Ip = \frac{d^3}{12}$$

diakai panjang las d = 30cm = 11.81in

$$p = \frac{11.81^3}{12} = 137.267 \text{ in}^4$$

$$fx = \frac{Px}{Aw} + \frac{M_t y}{I_p} = \frac{233.3968}{Aw} + 0$$

$$fy = \frac{Py}{Aw} + \frac{M_t x}{I_p} = \frac{118.161}{Aw} + 0$$

$$fr = \sqrt{\left(\frac{233.3968}{Aw}\right)^2 + \left(\frac{118.161}{Aw}\right)^2}$$

$$= \frac{168.54}{Aw}$$

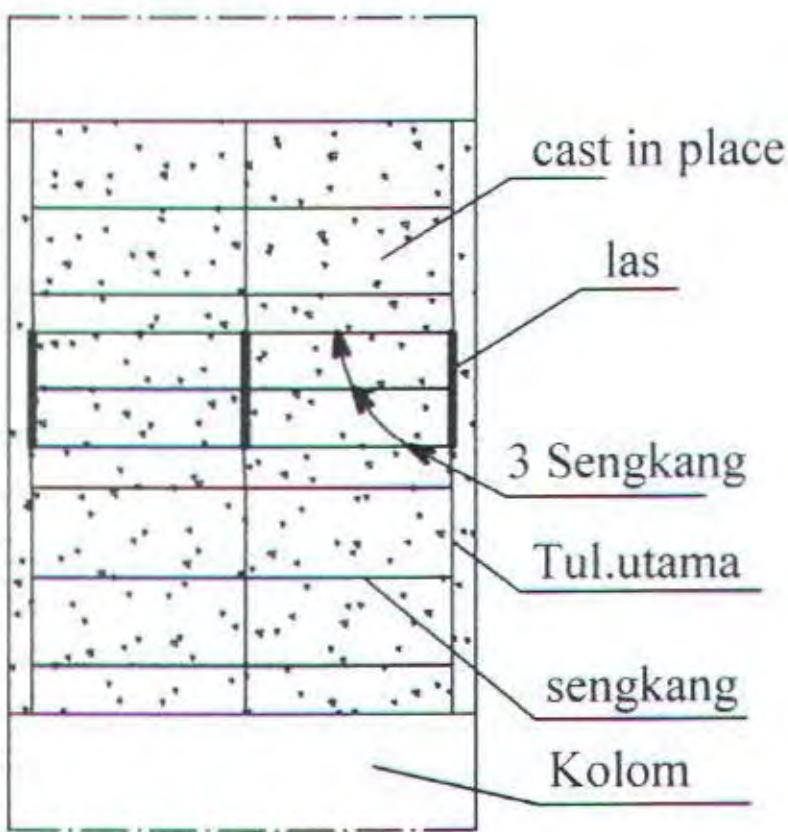
$$Aw = d \cdot tw = 11.81 \times tw$$

$$fr = \frac{168.54}{11.81 \times tw} = \frac{14.271}{tw}$$

Dari tabel 6.20.1 design strength untuk elektrode E90 $\rightarrow fr = 40.5 \text{ ksi}$

$$tw = \frac{14.271}{40.5} = 0.35 \text{ m} \approx 0.9 \text{ cm}$$

Jadi dipakai tebal las = 0.9 cm



Gambar 7.11 Sambungan Antar Kolom Pracetak

Selain itu perlu juga diperhatikan prosentase tulangan pada daerah sambungan agar tidak melebihi batas prosentase tulangan kolom (8%), sebagai alternatif bisa diberikan lebih sebesar $\pm 1\%$ dengan catatan pada saat pengecoran harus benar-benar dikontrol dengan baik.

7.8 PERENCANAAN COLUMN BASE PLATE

Perencanaan column base plate sesuai dengan buku *PCI DESIGN HANDBOOK (fourth edition)* section 6.10.

7.8.1 Pada saat pemasangan kolom sebelum digROUTING (dicor) dibawah base plate.

Sisi yang mengalami tekanan (compression) :

$$\text{Maka tebal base plate} = t = \sqrt{\frac{(\sum F)4x_c}{\phi b f_y}} \quad \dots\dots (\text{Eq.6.10.1})$$

Sisi yang mengalami tegangan (tension) :

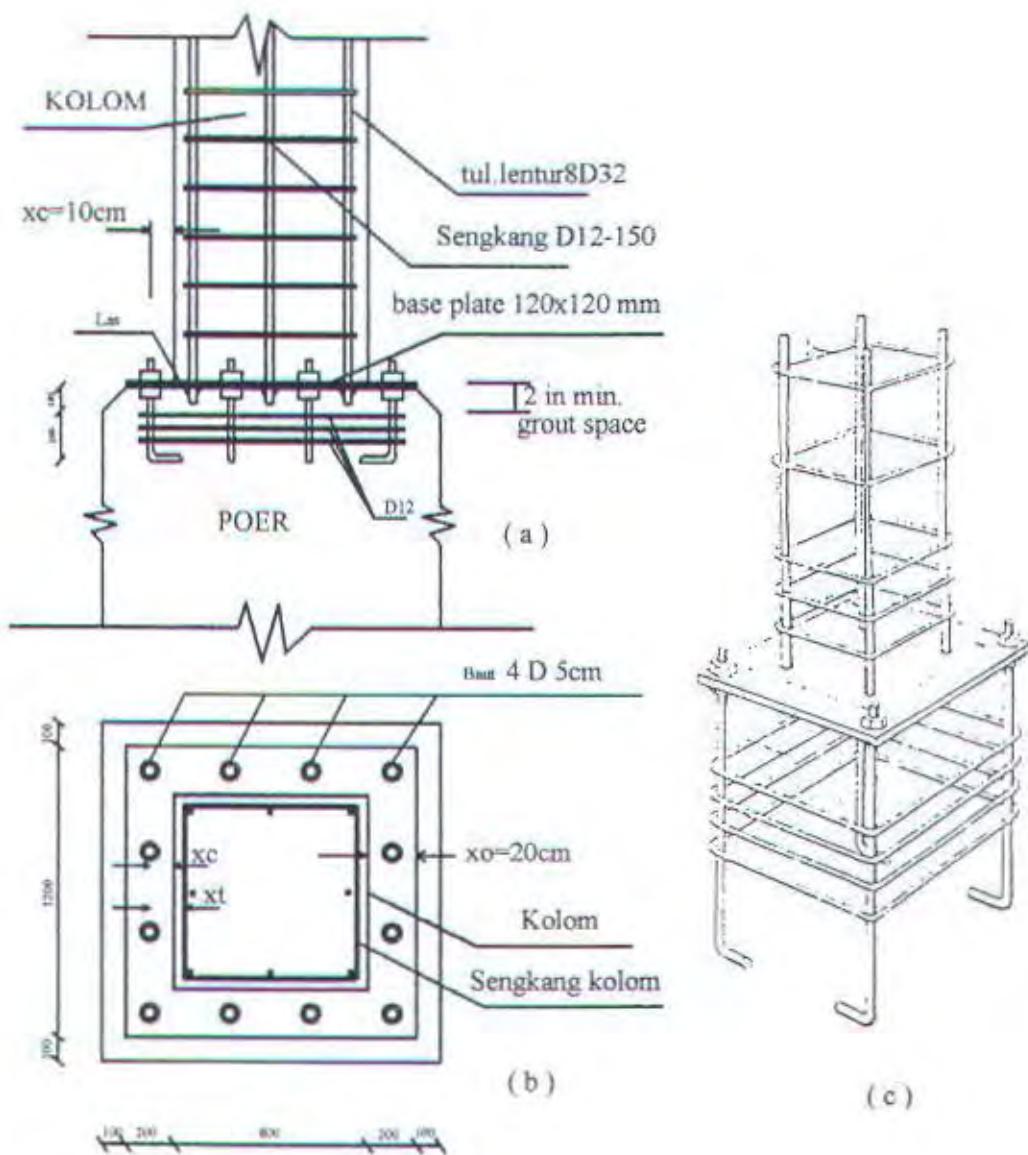
$$\text{Maka tebal base plate} = t = \sqrt{\frac{(\sum F)4x_t}{\phi b f_y}} \quad \dots\dots (\text{Eq.6.10.2})$$

$\sum F$ = jumlah total gaya pada baut jangkar dari salah satu sisi kolom (diambil pada sisi dengan jumlah gaya terbesar) dalam lb.

$f_y = 390 \text{ Mpa} = 46.61 \text{ ksi} = 46610 \text{ psi}$

$\phi = 0.9$

x_c, x_t = dimensi seperti ditunjukkan pada gambar 7.12



Gambar 7.12 Sambungan Kolom Pracetak Dengan Pondasi
 (a) Tampak Samping, (b) Tampak Atas, (c) Sketsa 3D

- Gaya tekan total pada base plate adalah :

$$\sigma_{1,2} = \frac{P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$\sum F = \frac{1}{2}(\sigma_c \times A)$$

A = luas base plate

- Gaya-gaya yang bekerja (disini dicontohkan pada elemen kolom no.ID 1350)

$$Mu = 693981450 \text{ Nmm} = 6142559.425 \text{ lb.in}$$

$$Pu = 4635310 \text{ N} = 1042111.061 \text{ lb}$$

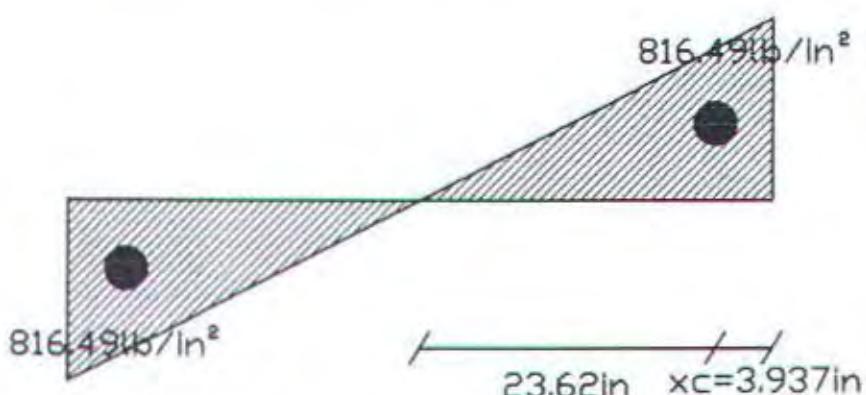
Dipakai base plate berukuran 120 cm x 120 cm (47.24 in x 47.24 in)

$$A = 47.24 \times 47.24 = 2232.004 \text{ sq.in}$$

$$W = \frac{1}{6} \times 47.24 \times 47.24^2 = 17570.269 \text{ sq.in}$$

sehingga :

$$\sigma_{1,2} = \frac{1042111.061}{2232.004} + \frac{6142559.425}{17570.269} = 816.49 \text{ lb/in}^2$$



Gambar 7.13 diagram tegangan yang terjadi

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_2} = \frac{19.685}{23.622} \rightarrow \sigma_c = \frac{19.685}{23.622} \times 816.49 = 680.412 \text{ lb/in}^2$$

$$\sum F = 922.343 \times [(7.87 \times 47.24) + (15.748 \times 7.87)] = 337290.99 \text{ lb}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{(\sum F)4x_c}{\phi b f_y}} = \sqrt{\frac{337290.99 \times 4 \times 3.937}{0.9 \times 47.24 \times 46610}} = 1.63 \text{ in} \approx 5 \text{ cm}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{(\sum F)4x_t}{\phi b f_y}} = \sqrt{\frac{337290.99 \times 4 \times 4.0945}{0.9 \times 47.24 \times 46610}} = 1.66 \text{ in} \approx 5 \text{ cm}$$

7.8.2 Pada saat service (pemakaian).

Tebal base plate dirumuskan sebagai berikut :

$$t = x_o \sqrt{\frac{2 f_{bu}}{\phi f_y}} \quad \dots (\text{Eq.6.10.3})$$

$$\phi = 0.9$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} = 4350.978 \text{ psi}$$

$$x_o = 20 \text{ cm} = 7.87 \text{ in}$$

$$f_{bu} = \text{tekanan pada beton grouting} \leq \phi(0.85).f'_c \quad \dots \phi = 0.7 \\ \leq 2588.83 \text{ psi}$$

$$f_{bu} = 816.49 \text{ lb/in}^2 = 816.49 \text{ psi}$$

$$t = 7.87 \times \sqrt{\frac{2 \times 816.49}{0.9 \times 46610}} = 1.55 \text{ in} \approx 3.94 \text{ cm}$$

Jadi dipakai tebal base plate = 5 cm

7.8.3 Menentukan jumlah baut

$$\sigma_c = 680.412 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Mutu baut } B/44 \rightarrow \sigma_d = 1867 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{pada tiap sisi}} = 680.412 \times (7.87 \times 47.24) = 252962.75 \text{ lb} = 114743.91 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai baut D 2.5 cm : } A = 0.25 \times 3.14 \times 2.5^2 = 19.625 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kekuatan 1 baut} = 1867 \text{ kg/cm}^2 \times 19.625 = 36639.875 \text{ kg}$$

$$\text{Sehingga jumlah baut} = n = \frac{114743.91}{36639.875} = 3.13$$

Dipakai 4 baut D 2.5cm pada tiap sisi base plate

- Kontrol terhadap cabut

$$\frac{P}{A} < \sigma_{baut}$$

$$A = \frac{1}{2}(2\pi r)L$$

$$= \frac{1}{2}\left(2\pi \cdot \frac{D}{2}\right)L$$

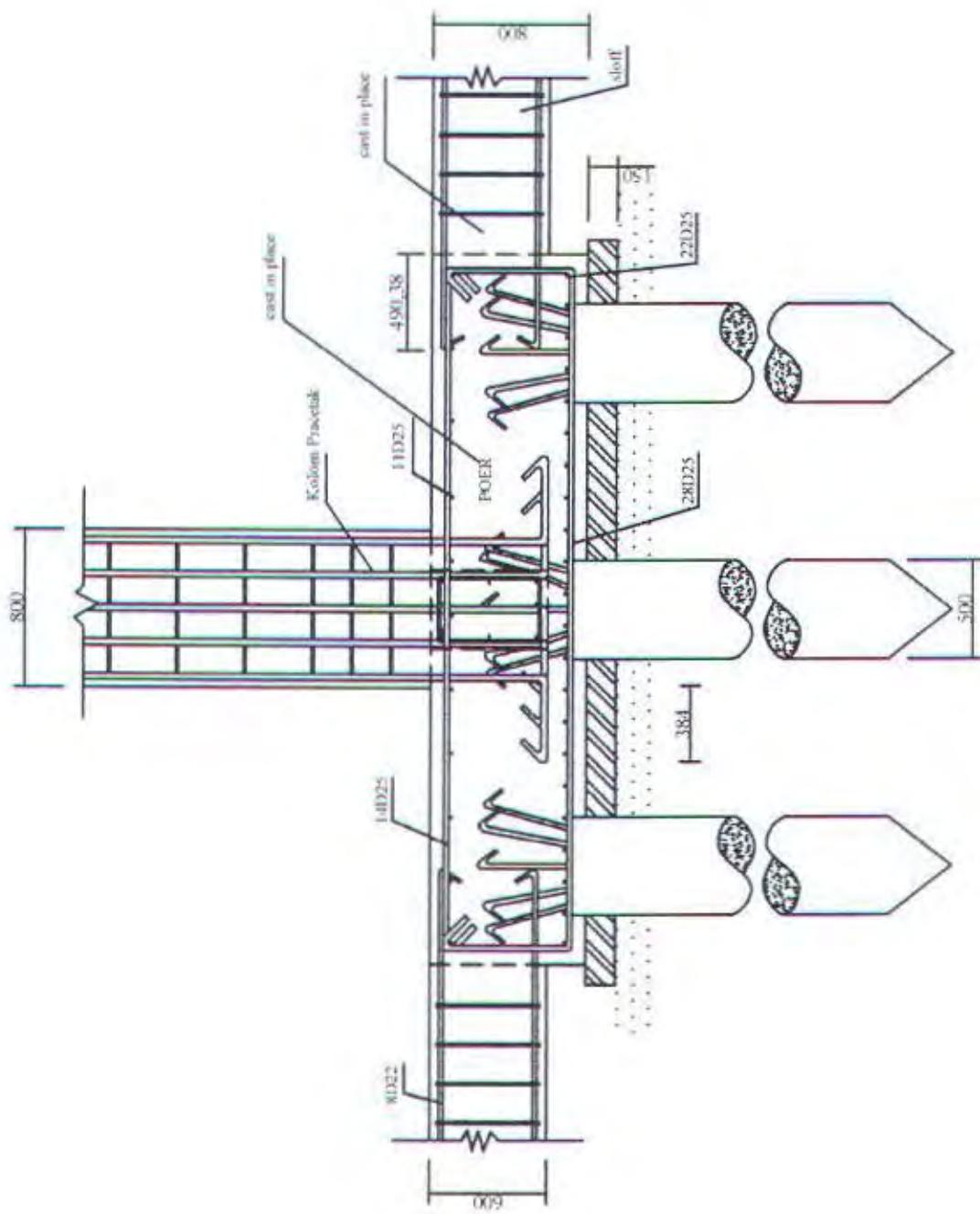
$$= \frac{1}{2}\left(2\pi \cdot \frac{2.5}{2}\right)L = 1.57L$$

$$P = \frac{P_{pada~tiap~sisi}}{\text{Jumlah baut tiap sisi}} = \frac{114743.91}{4} = 28685.97\text{kg}$$

$$\frac{P}{A} < \sigma_{baut} \rightarrow \frac{28685.97}{1.57L} < 1867 \rightarrow L > 9.786\text{cm}$$

Dipakai panjang penanaman baut = 20cm

Sabagai alternatif , karena poer dan sloff dikerjakan dengan cor setempat maka sambungan antara kolom pracetak dengan poer dapat dikerjakan seperti pada gambar 7.14 .



Gambar 7.14 Sambungan Kolom Pracetak Dengan Pondasi

BAB VIII
PERENCANAAN PONDASI

BAB VIII

PERENCANAAN PONDASI

8.1 UMUM

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak. Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis antaralain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi Caisson, dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung Perpustakaan UPN Veteran JawaTimur ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap), dan perencanaan sloof (tie beam). Untuk perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT) oleh Testana Engineering, Inc.

8.2 DATA TANAH

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat mana penyelidikan tanah itu dilakukan sehingga dapat diantisipasi perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia di lapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil Sodir Boring dan hasil uji SPT.

8.3 PERENCANAAN TIANG PANCANG

8.3.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_f). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Qu = Q_p + Q_s .$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri, dan
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

8.3.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

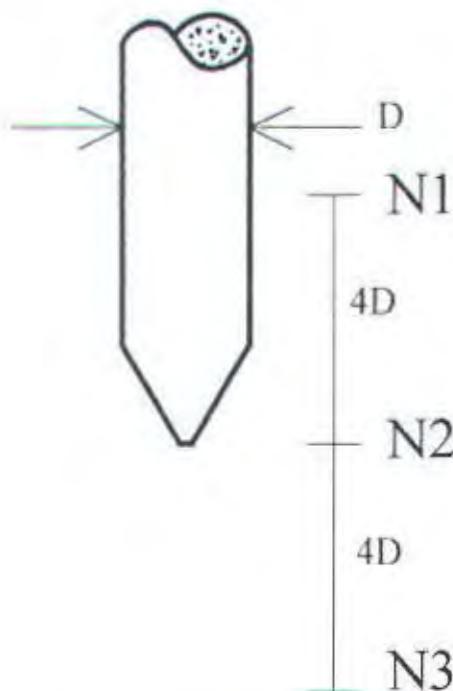
Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) menurut Luciano Decourt (1982).

- $Qu = Q_p - Q_s$

Dimana :

- $Q_p = qp \cdot Ap = (N_p \cdot K) \cdot Ap$

Dengan :



Gambar 8.1 Titik-titik kedalaman yang ditinjau

- Np = Harga rata-rata didekat ujung tiang
 $= (N_1 + N_2 + N_3) / 3$
- K = koefisien karakteristik tanah
 $= 12 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lempung
 $= 20 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berlempung
 $= 25 \text{ t/m}^2$, untuk tanah lanau berpasir
 $= 40 \text{ t/m}^2$, untuk tanah pasir
- Ap = luas penampang ujung tiang
- qp = tegangan di ujung tiang
- $Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$

Dengan :

- qs = tegangan akibat frottement lateral dalam t/m^2
- Ns = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$
- As = keliling x panjang tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$Q_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Qu}{SF}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

N' = harga SPT di lapangan

N = harga SPT setelah dikoreksi = $15 + [(N' - 15)/2]$

8.3.3 Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang tunggal dalam group tiang, maka jarak antar tiang mempengaruhi effisiensi dari tiang tersebut. Oleh karena itu daya dukung tiang dalam group tiang harus dikoreksi dengan efisiensi yang terjadi.

Pengaruh effisiensi boleh diabaikan bila jarak tiang :

$$s \geq \frac{1.57 \times D \times m \times n - (2 \times D)}{m + n - 2}$$

$$s \geq \frac{1.57 \times 0.5 \times 3 \times 2 - (2 \times 0.5)}{3 + 2 - 2} = 1.2367$$

8.3.4 Beban Maksimum Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang. Adapun rumus yang digunakan yaitu :

$$P_{\text{maxs}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{My \cdot X_{\text{max}}}{\sum X^2} + \frac{Mx \cdot Y_{\text{max}}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ult}}$$

dimana :

P_{ult} = Daya dukung ijin tiang dalam satu kelompok

P_{maks} = Beban maksimum 1 tiang pancang

$\sum P_u$ = Jumlah total beban aksial

n = banyaknya tiang dalam kelompok tiang

M_x = Momen yang terjadi pada arah X

M_y = Momen yang terjadi pada arah Y

X_{maks} = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{maks} = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum X^2$ = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

$\sum Y^2$ = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

8.3.5 Daya Dukung Tiang Akibat Gaya Horisontal

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horisontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Untuk Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung Tahun 1983.

Untuk mengontrol kemampuan masing-masing tiang maupun kelompok tiang perlu dibedakan antara tiang panjang dan tiang pendek, dimana tiang panjang dan tiang pendek ditentukan dengan rumus :

$$L_2 = 2,2 L_1$$

$$L_1 = F + 1,5 D$$

$$F = \frac{H}{9 \times C_r \times D}$$

$$C_r = 0.5 C_u$$

dimana :

L_2 = kedalaman dimana momen lentur adalah nol

L_1 = kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum

F = panjang daerah perlawanan

C_u = harga kohesi tanah

D = diameter tiang (untuk single pile)

D = lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban (pile group).

Apabila L tiang > L_2 maka tiang dianggap sebagai tiang panjang.

8.4 PERHITUNGAN TIANG PANCANG PADA KOLOM

Perhitungan daya dukung tiang pancang direncanakan memakai tiang pancang produksi WIKA type 500 C dengan spesifikasi bahan sebagai berikut:

- Tiang pancang beton pratekan (Prestressed Concrete Pile) dengan bentuk penampang bulat berongga (Round Hollow).
- Mutu beton tiang pancang K-600 (concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days)
- Klasifikasi tiang pancang :

$$\begin{array}{ll} A_s = 15.27 \text{ cm}^3 & M_{\text{crack}} = 17 \text{ tm} \\ A_c = 1159.25 \text{ cm}^3 & M_{\text{ult}} = 34 \text{ tm} \\ W = 10583.74 \text{ cm}^3 & P_{\text{ijin 1 tiang}} = 155.64 \text{ ton} \\ D = 50 \text{ cm} & \end{array}$$

8.4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Sebagai contoh perhitungan pondasi tiang pancang diambil dari output SAP2000 pada elemen kolom no.ID 1350 (gaya-gaya akibat pembebanan tak berfaktor). Data-datanya adalah sebagai berikut :

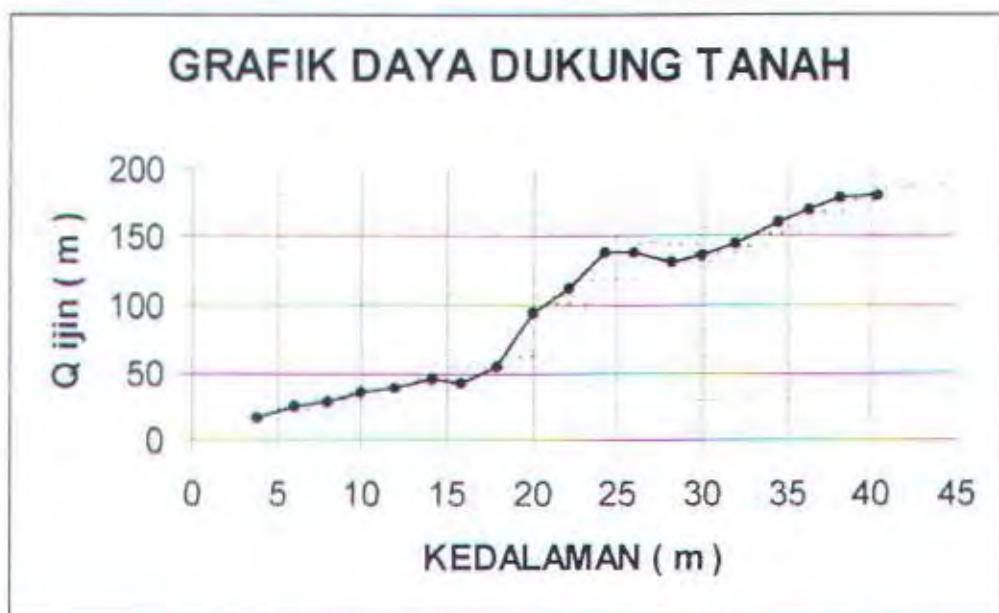
$$P = 441.458 \text{ ton}$$

$$M_x = 66.093 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 51.679 \text{ ton.m}$$

$$H_x = 23.672 \text{ ton}$$

$$H_y = 18.662 \text{ ton}$$



Gambar 8.2 Grafik daya dukung tanah hasil SPT

Dari grafik perhitungan daya dukung ijin 1 tiang hasil SPT , maka diperoleh kedalaman pemancangan $H = 33 \text{ m}$: $Q \text{ ijin 1 tiang} = 152\text{ton} < P \text{ ijin tiang WIKA type 500C} = 155.64\text{ton}$

8.4.2 Perhitungan Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

- Rencana jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P}{P \text{ ijin 1 tiang}} = \frac{441.458}{152} = 3.049$$

Direncanakan memakai 6 buah tiang pancang

- Pengaruh effisiensi boleh diabaikan bila jarak tiang :

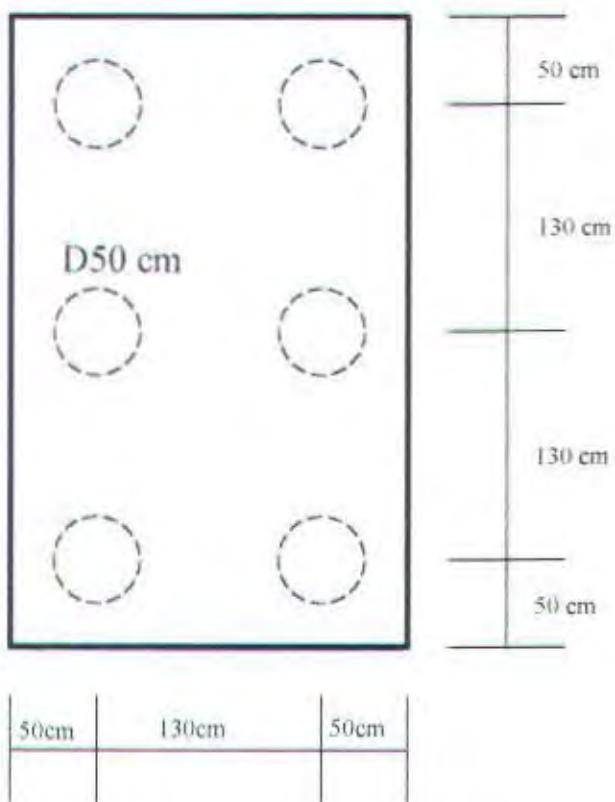
$$s \geq \frac{1.57 \times D \times m \times n - (2 \times D)}{m + n - 2}$$

$$s \geq \frac{1.57 \times 0.5 \times 3 \times 2 - (2 \times 0.5)}{3 + 2 - 2} = 1.2367$$

Maka direncanakan jarak antara tiang pancang = 1.3 m

- Dimensi poer

Dimensi poer direncanakan $3.6 \times 2.3 \times 0.8 \text{ m}$



Gambar 8.3 Pengaturan jarak tiang

8.4.3 Beban Maksimum Tiang

$$\begin{aligned}\Sigma P &= 441.458 + (2.4 \times 3.6 \times 2.3 \times 0.8) \\ &= 479.426 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\Sigma X^2 = 6 \times 0.65^2 = 2.535 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 4 \times 1.3^2 = 6.76 \text{ m}^2$$

$$X_{\max} = 0.65 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1.3 \text{ m}$$

$$N = 6 \text{ buah}$$

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{My \cdot X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{Mx \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq \bar{P}_{\text{ult.}}$$

$$= \frac{441.458}{6} + \frac{51.679 \times 0.65}{2.53} + \frac{66.093 \times 1.3}{6.76}$$

$$= 107.16 \text{ ton} < P_{\text{ijin tiang}} = 152 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

8.4.4 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Diketahui gaya-gaya horisontal yang bekerja adalah :

$$H_x = 23.672 \text{ ton}$$

$$H_y = 18.662 \text{ ton}$$

$$H_o = \sqrt{23.672^2 + 18.662^2} = 30.14 \text{ ton}$$

Momen leleh bahan Mult = 34ton.m (brosur WIKA D50 typeC), checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga Cr, yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$Cr = 0.5 Cu$$

Cu = kekuatan kohesi tanah

Harga Cu diperoleh dari hasil test triaksial = 2.69 t/m²

$$\text{Sehingga : } Cr = 0.5 \times 2.69 = 1.345 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Dalam 1 titik terdapat 6 tiang sehingga harga } H = \frac{30.14}{6} = 5.023 \text{ ton}$$

Sehingga katagori tiang dapat dihitung

$$f = \frac{H_o}{9 \times Cr \times D} = \frac{5.023}{9 \times 1.345 \times 0.50} = 0.89$$

$$L_1 = f + 1.5 D = 0.89 + (1.5 \times 0.50) = 1.64 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 1.64 = 3.609 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 33 m > 3.609 m ; jadi tiang termasuk katagori tiang panjang

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah: $H_{o \text{ tiang}} = 9 \times Cu \times D \times (L_1 - 1.5D)$

$$= 9 \times 2.69 \times 0.5 \times (1.64 - (1.5 \times 0.50))$$

$$= 10.773 \text{ ton} > H_{o \text{ terjadi}} = 5.023 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Momen yang terjadi :

$$M_{ult \text{ yang terjadi}} = H_o \times (1.5 D + 0.5 F)$$

$$= 5.023 \times [(1.5 \times 0.50) + (0.5 \times 0.89)]$$

$$= 6.0036 \text{ ton.m} < M_{ult \text{ tiang}} = 34 \text{ ton.m} \dots \dots \text{OK}$$

$$< M_{crack} = 17.00 \text{ tm} \dots \dots \text{OK}$$

8.5 PERENCANAAN POER (PILE CAP)

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

8.5.1 Data-data Perencanaan Poer

Dari perhitungan dimuka diperoleh data-data sebagai berikut :

P	= 441.458 ton
Dimensi Poer	= 3.6 m x 2.3 m x 0.8 m
Jumlah tiang pancang	= 6
Dimensi kolom	= 80 x 80 cm ² → bk = 800mm, hk = 800mm
Mutu beton f _{c'}	= 30 MPa
Mutu baja f _y	= 320 MPa
ϕ	= 0.6
Diameter tul. Utama	= 25 mm
Selimut beton d _c	= 70 mm
Tinggi efektif d	= 800 - 70 - 25 - ½ x 25 = 682.5 mm

8.5.2 Kontrol Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus dipenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, sehingga penulangan akibat geser pons dapat diabaikan. Hal ini ditegaskan pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.11 butir 2. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_{c'}}}{6}\right) b_o d$$

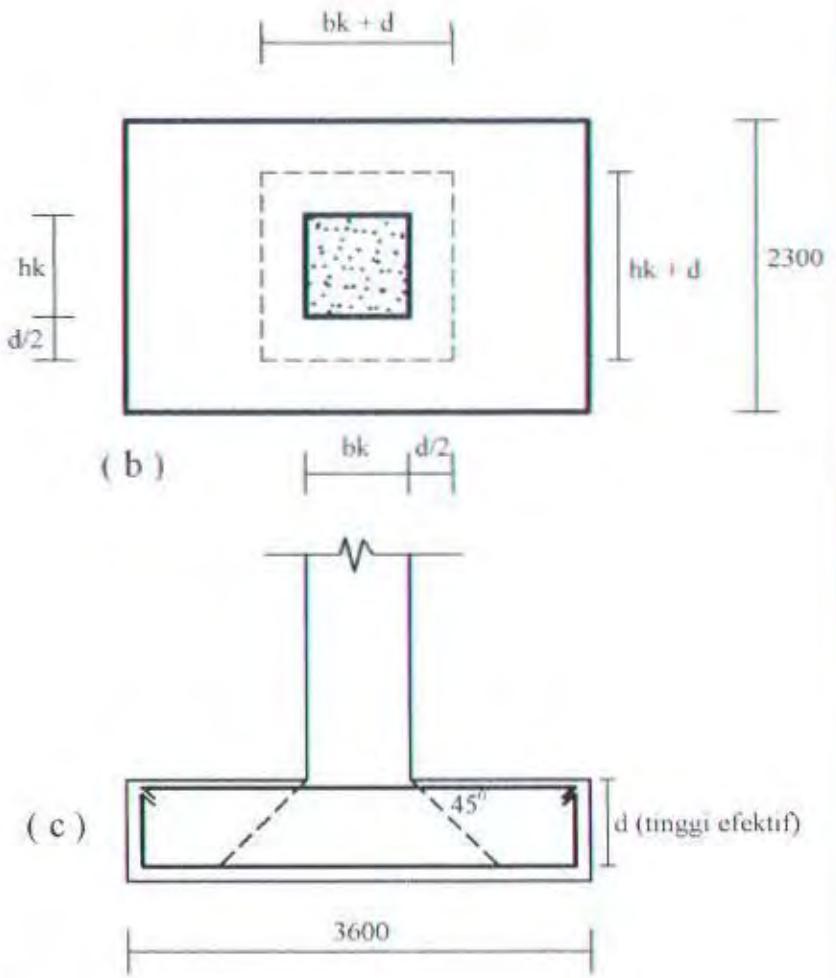
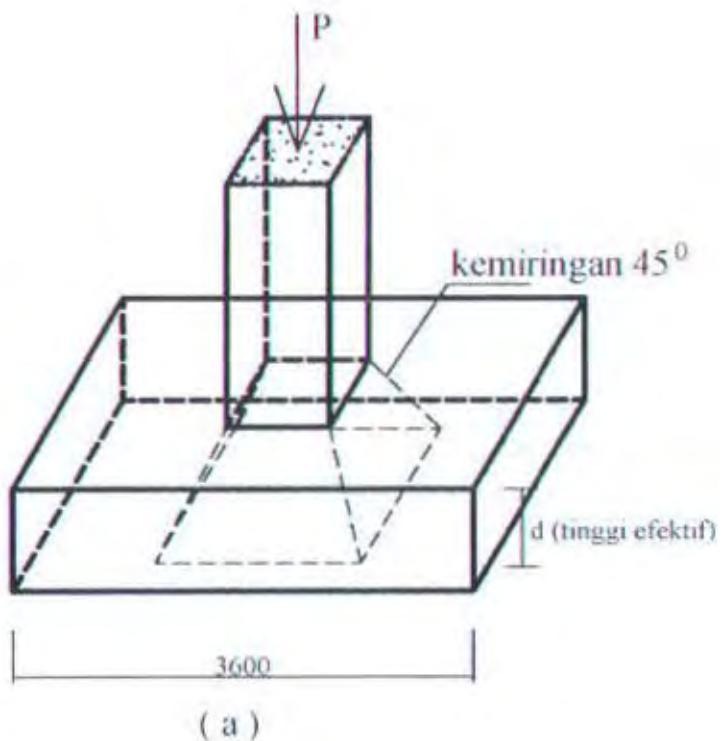
tetapi tidak boleh kurang dari :

$$V_c = 1/3 \sqrt{f_{c'}} b_o d$$

dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer



Gambar 8.4 Skema Geser Pons pada Poer Kolom

(a) sketsa3D, (b) tampak atas, (c) potongan memanjang

Contoh Perhitungan :

- Keliling Penampang Kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

$$b_o = 2(800 + 682.5) + 2(800 + 682.5) = 5942 \text{ mm}$$

- Cek Kuat Geser Pons

$$V_{c1} = (1 + 2/1)(\sqrt{35}/6) \times 5942 \times 682.5$$

$$= 12048809.37 \text{ N} = 1204.88 \text{ ton}$$

$$V_{c2} = 1/3 \times \sqrt{35} \times 5942 \times 682.5$$

$$= 8032539.577 \text{ N} = 803.254 \text{ ton} \quad (\text{menentukan})$$

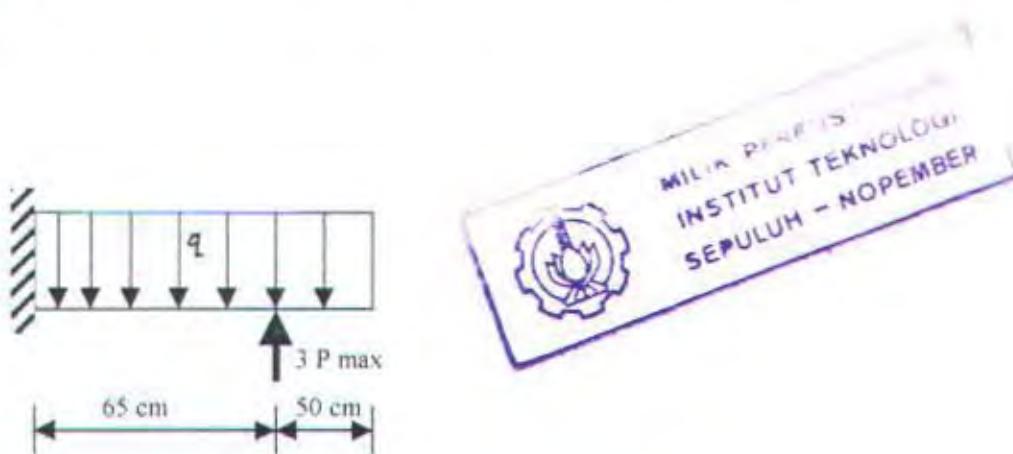
$$\phi V_c = 0.6 \times 803.254 = 481.95 \text{ ton} > P_u = 441.458 \text{ ton}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons.

8.5.3 Penulangan Poer

8.5.3.1 Penulangan lentur

Pada penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 8.5 Pemodelan poer arah x sebagai balok kantilever

- Penulangan Arah X

$$P_{\text{max}} = 107.16 \text{ ton}$$

$$q = 2.4 \times 3.6 \times 0.8 = 6.912 \text{ t/m}$$

Momen-momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M &= [3 \times 107.16 \times 0.65] - [\frac{1}{2} \times 6.912 \times 1.15^2] \\ &= 204.39 \text{ tm} = 204.39 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$dx = 800 - 70 - 25 - (0.5 \times 25) = 682.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{204.39 \times 10^7}{0.8 \times 2300 \times 682.5^2} = 2.38 \text{ MPa}$$

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

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.38}{390}} \right] = 0.00636 > \rho_{\min} = 0.0044$$

maka dipakai $\rho = 0.00636$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= 0.00636 \times 2300 \times 682.5 \\ &= 9977.44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

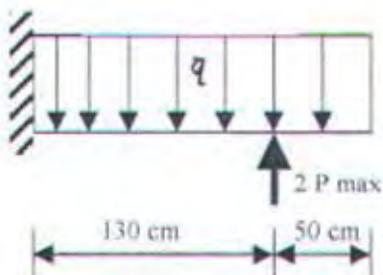
Dipakai tulangan 22 D 25 ($As_{\text{ada}} = 10793.75 \text{ mm}^2$)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{2300 - (2 \times 70)}{22} = 98.18 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 90 mm

- Penulangan Arah Y



Gambar 8.6 Pemodelan poer arah y sebagai balok kantilever

$$P_{\max} = 107.16 \text{ ton}$$

$$q = 2.4 \times 2.3 \times 0.8 = 4.416 \text{ t/m}$$

Momen-momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M &= [2 \times 107.16 \times 1.3] - [\frac{1}{2} \times 4.416 \times 1.8^2] \\ &= 271.462 \text{ tm} = 271.462 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$dy = 800 - 70 - 25 - (0.5 \times 25) = 682.5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{271.462 \times 10^7}{0.8 \times 3600 \times 682.5^2} = 2.02 \text{ MPa}$$

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

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.0044$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.55} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 2.02}{390}} \right] = 0.00537 > \rho_{\min} = 0.0044$$

maka dipakai $\rho = 0.00537$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= 0.00537 \times 3600 \times 682.5 \\ &= 15554.88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 28 D 25 ($A_s \text{ada} = 13737.5 \text{ mm}^2$)

Jarak pemasangan tulangan :

$$S = \frac{3600 - (2 \times 70)}{28} = 123.57 \text{ mm}$$

Jarak terpakai = 120 mm

8.5.3.2 Penulangan Geser

Geser yang terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokan tulangan lentur poer.

Contoh perhitungan :

$$\text{Tul. geser D25} \rightarrow A_v = 2 \times (0.25 \times 3.14 \times 25^2) = 981.25 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

$$P_{\max} \text{ 1 tiang} = 107.16 \text{ ton}$$

$$\text{Decking} = 7 \text{ cm} \rightarrow d'' = 7 + 2. D_{\text{tul. utama}} = 12 \text{ cm}$$

- **Penulangan arah x**

$$V = 3 \times P_{\max} - q \cdot L$$

$$= 3 \times 107.16 - 6.912 \times 1.15 = 313.53 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 2300 \times 682.5 = 859787.46 N$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi V_c = 429893.74 N$$

$$V_u > \phi V_c \rightarrow \text{perlu Tul. geser}$$

Spasi maksimum tulangan geser :

$$s_{\text{perlu}} = \frac{\phi \times f_y \times d \times A_v}{(V_u - \phi V_c)} = \frac{0.6 \times 320 \times 682.5 \times 981}{(3135300 - 859787.4)} = 113.01 \text{ mm} = 11.3 \text{ cm}$$

$$s_{\text{ada}} = \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d''}{n_{\text{tul. alam}} - 1} = \frac{230 - (2 \times 12)}{22 - 1} = 9.81 \text{ cm} < s_{\text{perlu}} \quad \dots \text{OK!}$$

- **Penulangan arah y**

$$V = 2 \times P_{\max} - q \cdot L$$

$$= 2 \times 107.16 - 4.416 \times 1.8 = 203.39 \text{ ton} = 2033900 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 3600 \times 68.5 = 1345745.324 N$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi V_c = 672877.162 N$$

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ perlu Tul geser

Spasi maksimum tulangan geser:

$$s_{perlu} = \frac{\phi \times f_y \times d \times A_v}{(V_u - \phi V_c)} = \frac{0.6 \times 320 \times 682.5 \times 981.25}{(2033900 - 1345754.3)} = 373.7 mm = 37.37 cm$$

$$s_{ada} = \frac{B_{poer} - 2.d''}{n_{tul.sitama} - 1} = \frac{360 - (2 \times 12)}{28 - 1} = 12.4 cm < s_{perlu} \quad ..OK!$$

8.6 PERHITUNGAN TIANG PANCANG PADA SHEARWALL

Desain pondasi dari shearwall ini diperhitungkan berdasarkan gaya total yang bekerja pada seluruh joint yang menumpu masing-masing shearwall . Gaya-gaya yang bekerja (akibat pembebanan tak berfaktor) adalah sebagai berikut :

$$P = 958.482 \text{ ton}$$

$$M_x = 0.866 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 1.1819 \text{ ton.m}$$

$$H_x = 1.76516 \text{ ton}$$

$$H_y = 3.4470 \text{ ton}$$

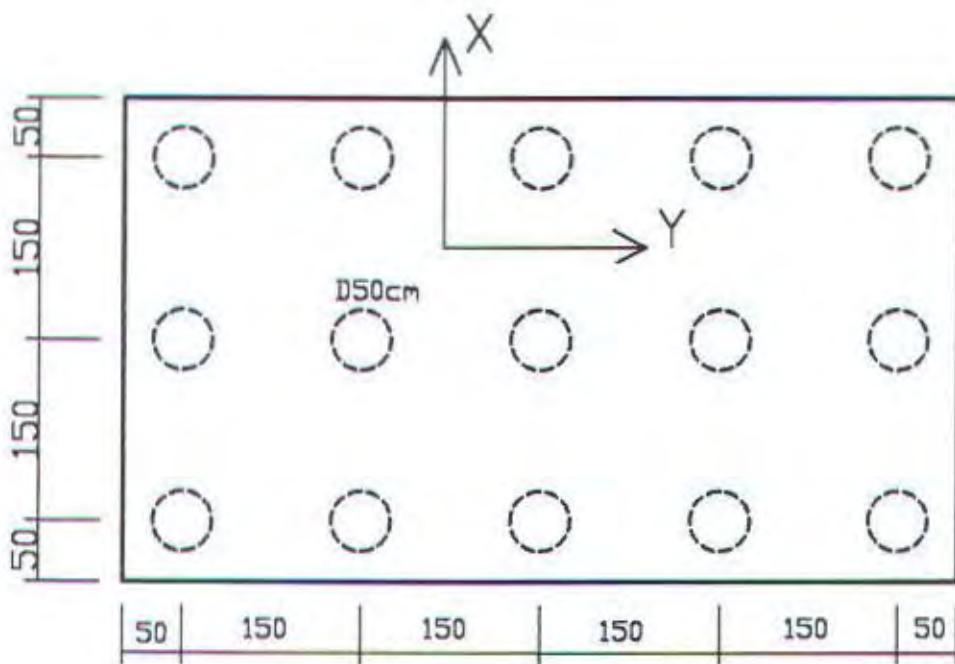
8.6.1 Rencana Jumlah Tiang dan Dimensi Poer

- Direncanakan jumlah tiang pancang sebanyak 15 buah
- Direncanakan dimensi poer $7 \times 4 \times 2$
- Pengaruh effisiensi:

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

$$Eff = 1 - \frac{\arctg(0.5/1.5)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} \right) = 0.71$$

P dalam 1 tiang = $152 \times 0.71 = 107.92\text{ton}$



Gambar 8.7 Pengaturan jarak tiang pancang shearwall

8.6.2 Beban Maksimum Tiang

$$\Sigma P = 958,482 + (2.4 \times 7 \times 4 \times 2)$$

$$= 1092.882 \text{ ton}$$

$$\Sigma X^2 = (6 \times 1.5^2) + (6 \times 3^2) = 67.5 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 10 \times 1.5^2 = 22.5 \text{ m}^2$$

$$X_{\max} = 3 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1.5 \text{ m}$$

$$n = 15 \text{ buah}$$

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_Y X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_X Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq \bar{P}_{\text{ult.}}$$

$$= \frac{1092.882}{15} + \frac{1.1819 \times 3}{67.5} + \frac{0.866 \times 1.5}{22.5}$$

$$= 72.969 \text{ ton} < P_{\text{ijin tiang}} = 107.92 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

8.6.3 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Diketahui gaya-gaya horisontal yang bekerja adalah :

$$H_x = 14.019 \text{ ton}$$

$$H_y = 22.65 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} H_o &= \sqrt{14.019^2 + 22.65^2} = 26.64 \text{ ton} (15 \text{ tiang}) \\ &= 1.775 (1 \text{ tiang}) \end{aligned}$$

Momen leleh bahan Mult = 34ton.m (brosur WIKA D50 typeC), checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga Cr, yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$Cr = 0.5 Cu$$

Cu = kekuatan kohesi tanah

Harga Cu diperoleh dari hasil test triaksial = 2.69 t/m²

$$\text{Sehingga : } Cr = 0.5 \times 2.69 = 1.345 \text{ t/m}^2$$

Sehingga katagori tiang dapat dihitung

$$f = \frac{H_o}{9 \times Cr \times D} = \frac{1.775}{9 \times 1.345 \times 0.50} = 0.293$$

$$L_1 = f + 1.5 D = 0.293 + (1.5 \times 0.50) = 1.043 \text{ m}$$

$$L_2 = 2.2 L_1 = 2.2 \times 1.043 = 2.295 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 33 m > 2.295 m ; jadi tiang termasuk katagori tiang panjang

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah: $H_{\text{tiang}} = 9 \times Cu \times D \times (L_1 - 1.5D)$

$$\begin{aligned} &= 9 \times 2.69 \times 0.5 \times (1.043 - (1.5 \times 0.50)) \\ &= 3.547 \text{ ton} > H_o \text{ terjadi} = 1.775 \text{ ton} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi :

$$M_{\text{ult yang terjadi}} = H_o \times (1.5 D + 0.5 F)$$

$$= 1.775 \times [(1.5 \times 0.50) + (0.5 \times 0.293)]$$

$$= 1.59 \text{ ton.m} < M_{\text{ult tiang}} = 34 \text{ ton.m} \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$< M_{\text{crack}} = 17.00 \text{ tm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

8.7 PERENCANAAN SLOOF (TIE BEAM)

Struktur sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antara pondasi yang satu dengan yang lainnya dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah dan beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom .

8.7.1 Data-data Perencanaan

Data-data perencanaan perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

- $P = 441.458 \text{ ton} = 4414580 \text{ N}$
- Panjang sloof $L = 8 \text{ m}$
- Mutu beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu baja $f_y = 320 \text{ Mpa}$
- Decking $d_c = 50 \text{ mm}$
- Diameter tulangan utama = 22 mm
- Diameter sengkang = 12 mm
- Dimensi sloof = $40 \times 60 \text{ cm}^2$
- tinggi efektif = $600 - 50 - 12 - (\frac{1}{2}, 22) = 527 \text{ mm}$

8.7.2 Dimensi Sloof

Pada perencanaan sloof ini, penulis mengambil ukuran sloof berdasarkan sloof yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya normal terbesar, yaitu $P_u = 441.458 \text{ ton}$.

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar :

$$f_t = f_{ct} = 0.70 \sqrt{f_c'} = \frac{N_u}{0.8 \cdot b \cdot h} \quad (\text{PB 89 psl. 9.5.2.3})$$

maka perhitungannya adalah :

- Tegangan tarik ijin :

$$f_t = 0.70 \sqrt{30} = 3.843 \text{ MPa}$$

- Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{10\% \times P_u}{0.8 \times b \times h} = \frac{10\% \times 44145880}{0.8 \times 400 \times 600} = 2.299 \text{ MPa} < f_{r_{lim}} = 3.843 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

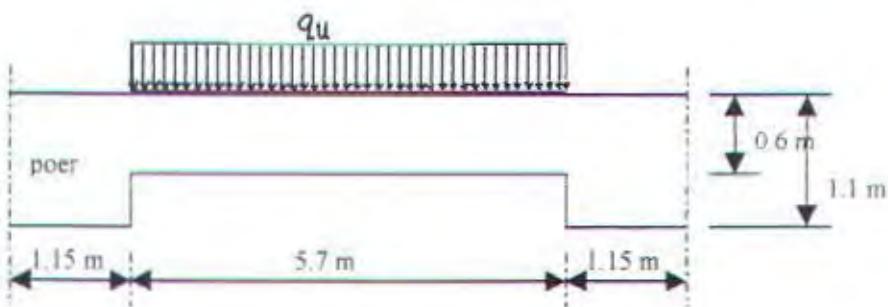
8.7.3 Penulangan Sloof

8.7.3.1 Penulangan Lentur

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan pada kolom. Adapun beban pada sloof adalah :

- Berat axial N = $10\% \times 441.458 = 44.1458 \text{ t}$
- Berat sendiri sloof = $0.4 \times 0.6 \times 2.4 = 0.576 \text{ t/m}$
- Beban tembok = $0.25 \times 4 = 1 \text{ t/m}$

$$q_u = 1.2 \times (0.576 + 1) = 1.8912 \text{ t/m} = 18912 \text{ N/m}$$



Gambar 8.8 Pembebanan pada sloof.

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \cdot q_u \cdot l^2 \\ &= 1/12 \times 18912 \times 5.7^2 \\ &= 51204.24 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Rasio tulangan pakai :

$$k_y = \frac{P}{A_g} = \frac{441458}{400 \times 600} = 1.83$$

$$k_x = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{51204240}{400 \times 600 \times 600} = 0.356$$

Dari diagram interaksi M-N F320-35-0.8-2 , didapat $\rho = 1\%$

Luas tulangan perlu :

$$\begin{aligned} A_s &= 0.01 \times 400 \times 600 \\ &= 2400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan dipakai :

Dipasang tulangan 8 D 22 (As ada = 3039.52 mm²)

8.7.3.2 Penulangan Geser Dan Torsi

Geser yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l \\ &= \frac{1}{2} \times 18912 \times 5.7 \\ &= 53899.2 \text{ N} \end{aligned}$$

tinggi efektif = $d = 600 - 50 - 12 - (\frac{1}{2} \times 22) = 527 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \times \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 527 \times \left[1 + \frac{441458}{14 \times 400 \times 600} \right] = 434193.18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.6 \times 434193.18 \text{ N} \\ &= 260515.91 \text{ N} > V_u = 53899.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_u < \phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\phi 10 - 200$.

BAB IX

PELAKSANAAN

BAB IX

PELAKSANAAN

9.1 UMUM

Dalam bab pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material-material beton pracetak. Dalam produksi material beton pracetak, ada dua proses pekerjaan yang dapat dilaksanakan, yaitu :

1. Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri Pracetak

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul
- Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik

2. Proses pencetakan di lapangan/lokasi proyek

Untuk proses yang kedua, hal-hal yang perlu untuk dipertimbangkan adalah :

- Proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek lokal
- Umur daripada proses produksi pencetakan disesuaikan dengan usia proyek
- Proses ini lebih disukai bila dimungkinkan untuk dilaksanakan dikarenakan standarisasi hasil pencetakan disesuaikan dengan keperluan proyek

9.2 PROSES PRODUKSI ELEMEN BETON PRACETAK

Setelah pelaksanaan pengecoran, pada beton pracetak dilakukan curing untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan terpenuhi. Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20% - 60% dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih umur 3 – 7 hari pada suhu kamar.

Adapun syarat dari cetakan elemen beton pracetak adalah :

1. Volume dari cetakan stabil untuk pencetakan berulang
2. Mudah ditangani dan tidak bocor
3. Mudah untuk dipindahkan, khusus untuk pelaksanaan pengecoran di lapangan/proyek.

Setelah pembongkaran bekisting, dilakukan finishing elemen beton pracetak.

Secara skematis proses produksi elemen beton pracetak mulai dari persiapan untuk cetakan sampai pada penyimpanan elemen beton pracetak dapat dijelaskan seperti pada gambar 9.1.

9.3 PENGANGKATAN DAN PENEMPATAN CRANE

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

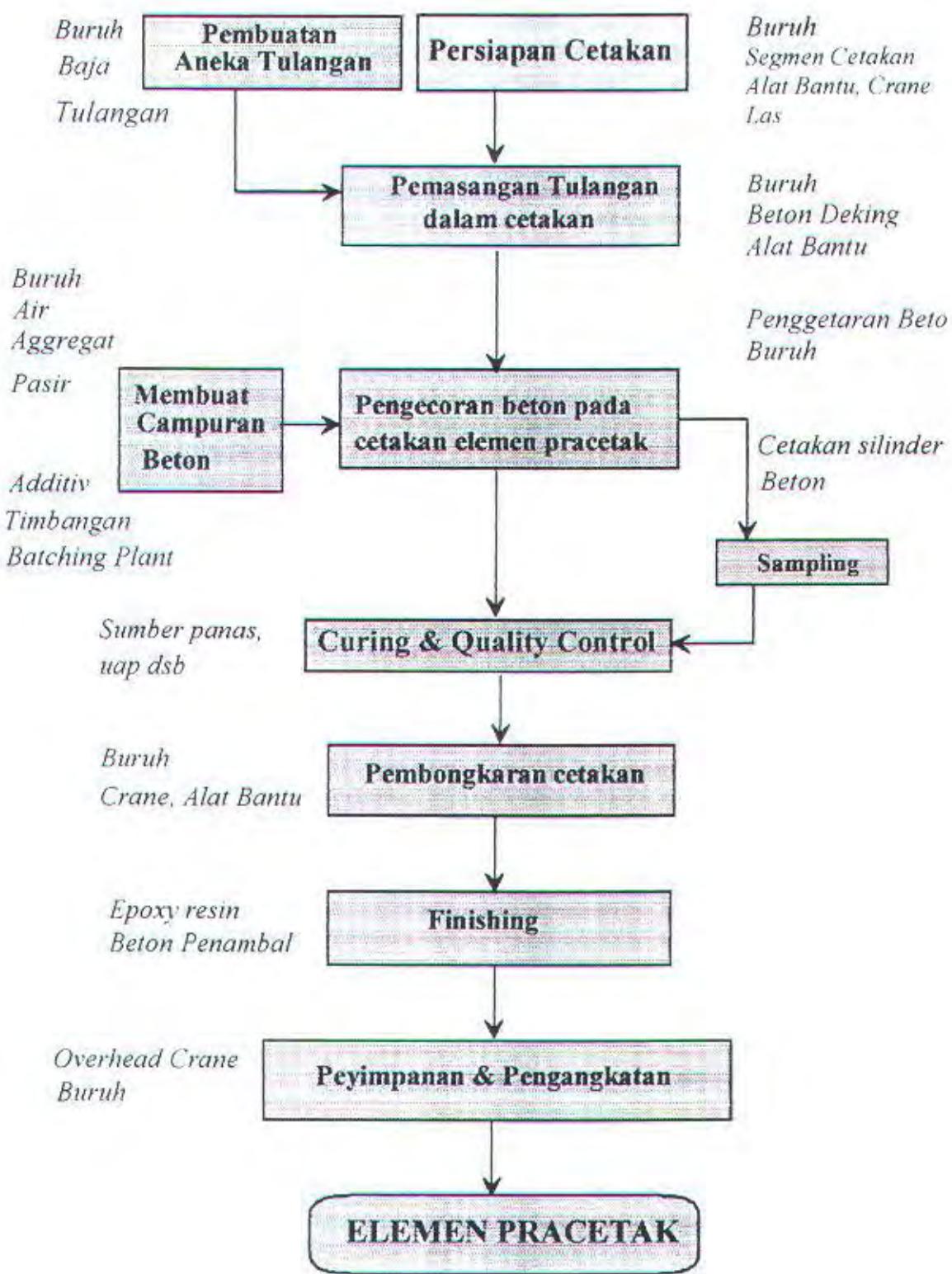
1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik-titik angkat pada elemen pracetak
4. Momen yang timbul akibat pengangkatan tidak boleh melebihi momen retak yang disyaratkan.

Hal-hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

Dalam perencanaan ini penulis memakai peralatan crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak yang akan di angkat.

Data-data crane yang digunakan :

- Jenis crane : UNIMAC UG 55 25
- Jarak jangkau minimum 17 m, dengan beban maksimum 10 ton



Gambar 9.1 Skema Proses Produksi Elemen Pracetak

- Jarak jangkau maksimum 44 m, dengan beban maksimum 3.5 ton

Elemen struktur yang di pracetak :

1. Balok induk 35/85 (terpanjang = 5m) → $W = 0.35 \times (0.85 - 0.13) \times 5 \times 2400 = 3024 \text{ kg}$
2. Balok induk 35/70 (terpanjang = 5m) → $W = 0.35 \times (0.70 - 0.13) \times 8 \times 2400 = 3830.4 \text{ kg}$
3. Balok anak 30/40 (terpanjang = 6m) → $W = 0.3 \times (0.4 - 0.15) \times 6 \times 2400 = 1166.4 \text{ kg}$
4. Pelat type $4.5 \times 6 \text{ m}^2$ (luas terbesar) → $W = 0.08 \times 4.5 \times 6 \times 2400 = 5184 \text{ kg}$
5. Kolom 80/80 → $W = 0.8 \times 0.8 \times 4 \times 2400 = 6144 \text{ kg}$

Luas dasar bangunan = $34.5 \text{ m} \times 23.5 \text{ m}$

Elemen struktur terberat adalah kolom 80/80 = 6144 kg

Untuk beban 6700 kg, maka jangkauan lengan crane maksimum = 27 m

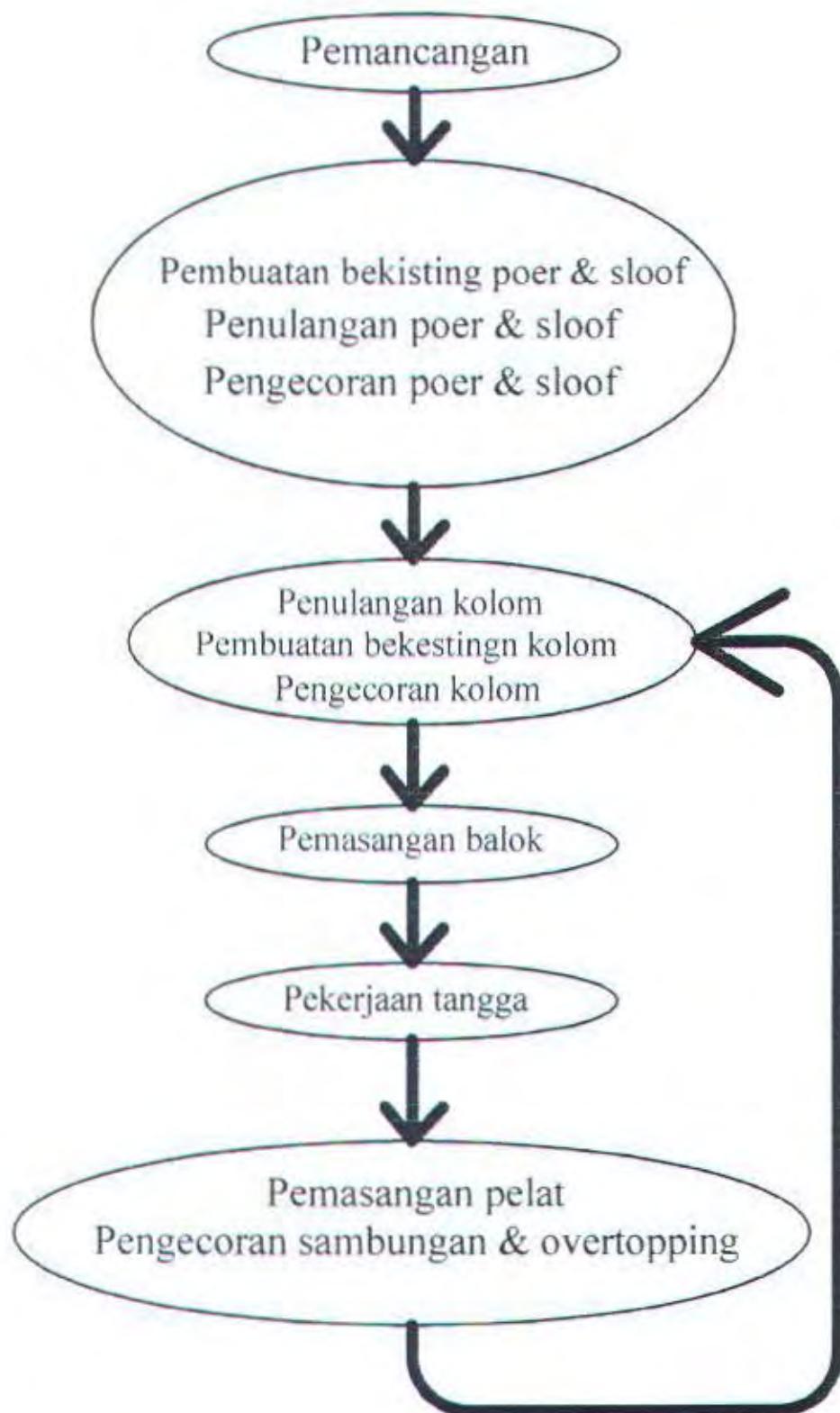
Agar crane dapat menjangkau seluruh areal konstruksi maka direncanakan menggunakan 2 crane .

9.4 PROSES PEMASANGAN ELEMEN BETON PRACETAK

Secara garis besar tahapan pelaksanaan proses pemasangan elemen beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan tiang pancang
2. Pekerjaan poer
3. Pekerjaan sloof
4. Pekerjaan kolom
5. Pemasangan elemen balok
6. Pekerjaan elemen tangga
7. Pemasangan elemen pelat
8. Pemasangan tulangan stud pada pelat
9. Pengcoran sambungan antara elemen pracetak dan overtopping.

Untuk pekerjaan pada level-level berikutnya adalah pengulangan langkah nomor 4 hingga nomor 9, seperti dapat dilihat pada gambar 9.2 .



Gambar 9.2 Proses Pemasangan Elemen Beton Pracetak

Keberhasilan pelaksanaan metode pracetak tergantung pada organisasi pelaksanaan, koordinasi yang baik, technical skill personil yang terlibat, kerja sama yang baik, dan kontrol yang baik dalam organisasi tersebut.

9.4.1 Pekerjaan Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang yang digunakan pada proyek ini adalah tiang pancang type 500 C dengan diameter 50 cm, produksi PT.Wijaya Karya

Peralatan yang digunakan :

1. Crane
2. Mesin pemancangan
3. Theodolit

9.4.2 Pekerjaan Poer

Adapun langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut :

1. Penggalian Poer
2. Pembuatan lantai kerja poer
3. Pemasangan batako sebagai bekisting poer
4. Pemasangan tulangan poer
5. Pengecoran

9.4.3 Pekerjaan Sloof

Adapun langkah-langkah pekerjaan sloof sebagai berikut :

1. Penggalian lubang untuk sloof
2. Pembuatan lantai kerja dan pemasangan batako untuk bekisting
3. Pemasangan tulangan
4. Pengecoran

9.4.4 Pekerjaan Kolom

Adapun langkah-langkah pekerjaan kolom sebagai berikut :

1. Pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer dan sloof
2. Penulangan kolom

3. Pekerjaan bekisting kolom dipasang setelah tulangan geser dipasang, distud dan selanjutnya setelah semua tulanga terpasang dilakukan pengecoran

9.4.5 Pemasangan Elemen Balok

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulangan utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.

9.4.6 Pekerjaan Tangga

Adapun langkah-langkah pemasangan elemen tangga sebagai berikut :

1. Pemasangan bekisting tangga
2. Pemasangan tulangan
3. Pekerjaan pengecoran

9.4.7 Pemasangan Elemen Pelat

Adapun langkah-langkah pemasangan elemen pelat pracetak sebagai berikut :

1. Pemasangan elemen pelat pracetak dipasang setelah balok pracetak terpasang
2. Penulangan pelat meliputi tulangan lentur dan tulanga stud pelat.
3. Pengecoran overtopping setebal 5 cm
4. Alat yang dipergunakan adalah crane untuk mengangkat elemen pelat pracetak dan dibantu dengan scaffolding/tiang perancah

9.5 TRANSPORTASI ELEMEN BETON PRACETAK

9.5.1 Sistem Transportasi

Sistem transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak diareal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

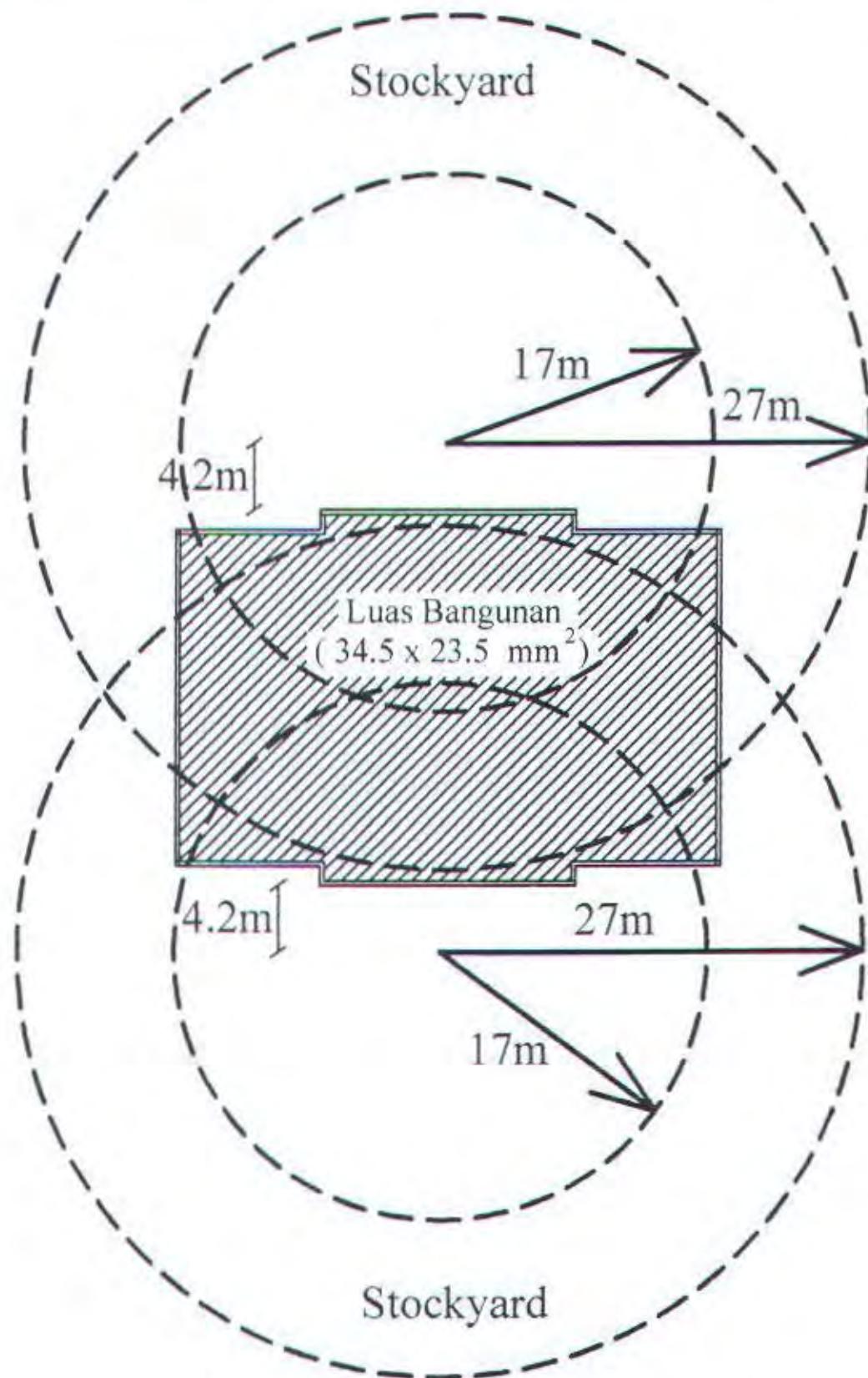
Pemilihan jenis, ukuran dan kapasitas alat angkut dan angkat seperti truk, mobile-crane dan tower-crane akan sangat mempengaruhi ukuran komponen beton pracetaknya. Untuk tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem atau tempel. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2.4 m x 16 m atau 2.4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk tempel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Kendala yang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis truk adalah kondisi jalan yang akan dilalui meliputi kekuatan jalan, lebar jalan, fasilitas untuk menikung/memutar dan lain-lain.

Diareal pabrikasi dan lokasi proyek juga diperlukan saran untuk pemindahan komponen beton pracetak yang biasa mempergunakan mobile-crane, rail-crane, gantry atau tower-crane. Tersedianya alat angkat ini juga akan mempengaruhi ukuran dari komponen beton pracetaknya.

9.5.2 Jadwal Pengangkutan Elemen Beton Pracetak

Dalam jadwal pengangkutan/pemindahan perlu dipertimbangkan beberapa hal-hal sebagai berikut :

1. Ijin penggunaan jalan utama untuk mobil jenis truk yang diperbolehkan untuk dilewati ke areal proyek
2. Tersedianya peralatan angkat mobile-crane atau tower-crane yang siap pakai untuk menurunkan/menaikkan komponen beton pracetak dari dan ke alat angkut baik di areal pabrik maupun di lokasi proyek



Gambar 9.3 Denah Penempatan Crane

BAB X
PENUTUP

BAB X

PENUTUP

10.1 KESIMPULAN

Dalam tugas Akhir ini dihasilkan Modifikasi Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur dengan metoda pracetak. Dari perencanaan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pracetak dapat dimodelkan dengan berbagai macam sistem pemodelan , diantaranya dengan pemodelan “ *building frame system* ” yang mengacu kepada peraturan UBC 1997.
2. Dengan bantuan program SAP2000 , dapat pula diketahui bahwa dengan pemodelan “ *building frame system* ” dapat megurangi gaya-gaya yang terjadi pada frame serta dihasilkan sifat pemodelan yang sesuai dengan ketentuan UBC 1997.
3. Pada dasarnya perhitungan kekuatan beton dan tulangan antara sistem pracetak dan cor setempat adalah sama, namun terdapat sedikit perbedaan yang disebabkan oleh hal-hal yang berkaitan dengan pembebanan topping, desain sambungan dan pengangkatan elemen pracetak itu sendiri.
4. Sambungan antara elemen beton pracetak tentulah tidak semonolit seperti pada sambungan dengan cor setempat, maka dari itu saat pelaksanaannya dilapangan haruslah betul-betul dikontrol dengan baik sehingga nantinya pada saat memikul beban tidak terjadi gaya-gaya tambahan yang tidak diinginkan pada daerah sambungan akibat dari kurang sempurnanya penggerjaan sambungan.

5. Tujuan utama dari metoda pracetak adalah untuk menghasilkan elemen struktur yang lebih ekonomis dan mempercepat pelaksanaan konstruksi sehingga pada akhirnya dapat menghemat biaya konstruksi secara keseluruhan.

10.2 SARAN

Melaui tugas akhir ini dapatlah kiranya saya menyampaikan beberapa saran , sebagai berikut :

1. Riset dan Pengembangan Teknologi Pracetak perlu terus ditingkatkan untuk kemajuan Sistem Pracetak di Indonesia.
2. Perlu dibuatnya sebuah Standar Perencanaan Beton Pracetak di Indonesia, baik dari segi perencanaan elemen pracetak, perencanaan biaya maupun perencanaan pelaksanaan. Sehingga nantinya Teknologi Pracetak akan lebih banyak dapat dipahami dan diterapkan .
3. Pihak-pihak yang terkait diharapkan lebih banyak memberikan pelatihan bagi seluruh komponen Jasa Konstruksi di Indonesia dan juga lebih mensosialisasikan Sistem Pracetak secara luas kepada masyarakat .
4. Industri konstruksi beton pracetak hendaknya dikembangkan menjadi industri yang membuat elemen-elemen pracetak berdasarkan tuntutan konsumen, seperti segi arsitektur, bentang dan modul. Sehingga beton pracetak menjadi sangat fleksibel dan kompetitif.

Demikianlah perencanaan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur ini semoga bermanfaat bagi pembaca.

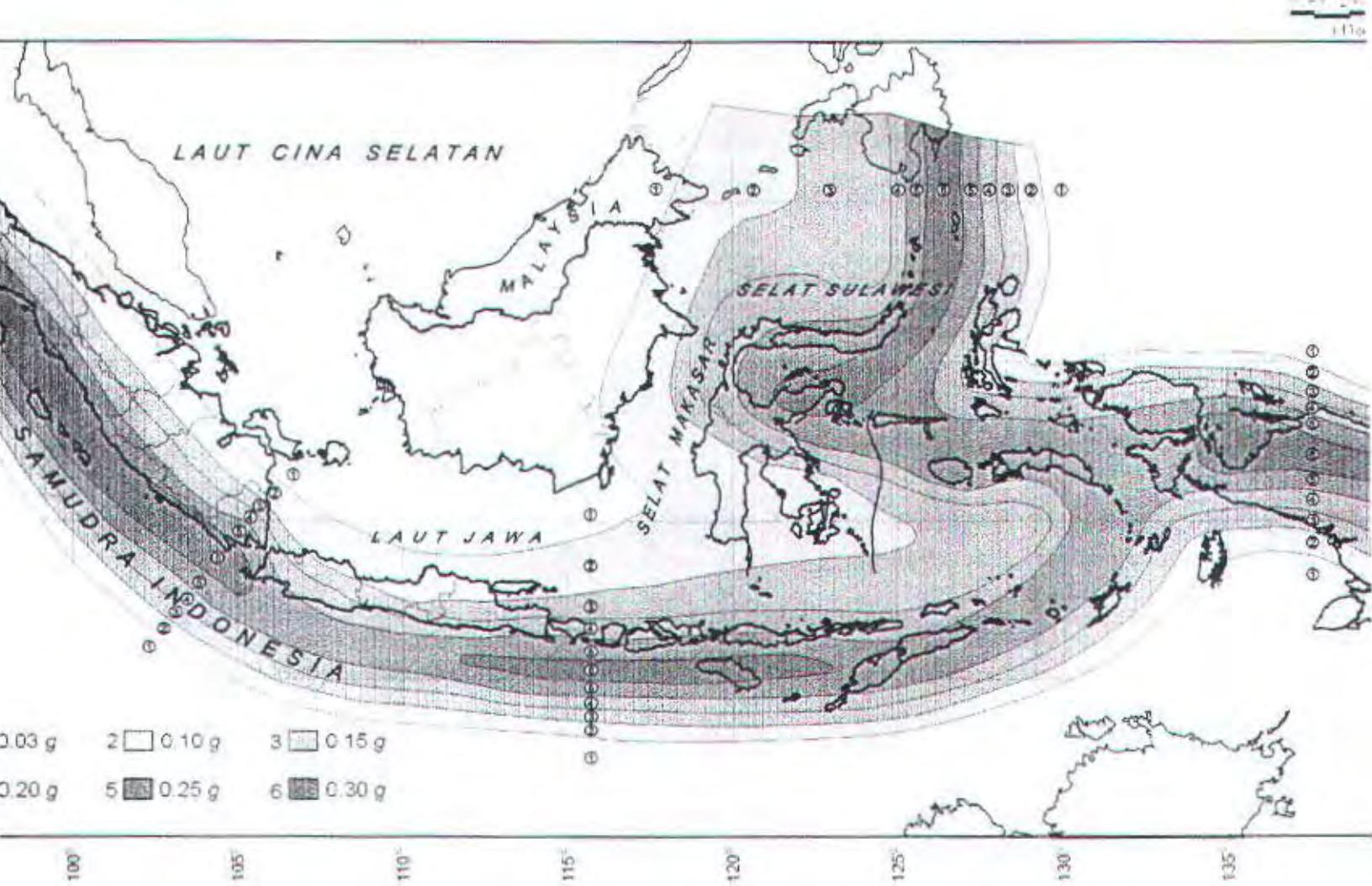
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum. 1991. SK SNI T-15-1991-03. “ **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung** ”, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
2. Uniform Building Code 1997.
3. Istiwawan Dipohusodo. 1994. “ **Struktur Beton Bertulang** ”, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
4. PCI 1988. “ **Design And Typical Details Of Connection For Precast And Prestressed Concrete** ”, PCI Committee on Connection Details, Chicago
5. PCI 1988. “ **PCI Design Handbook/Fourth Edition, Precast And Prestressed Concrete** ”, PCI Indutry Handbook Committee, Chicago
6. W.C. Vis, Gideon Kusuma. 1994. “ **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang 1 & 2** ”, Penerbit Erlangga, Jakarta
7. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. “ **Buku Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung** ”, Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.
8. Departemen Pekerjaan Umum. 1971. “ **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971** ”, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum
9. Jurusan Teknik Sipil ITS 1997. “ **Tabel,Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Konstruksi Beton Berdasarkan SNI 1993** ”, Kursus Singkat Perencanaan Konstruksi Beton Berdasarkan SNI 1993
10. Ir. Aman Subakti. “ **Diktat Mata Kuliah Gempa** ”, Jurusan Tektik Sipil ITS
11. Herman Wahyudi. 1993. “ **Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Hasil dari Beberapa Percobaan Penetrasi, Pressiometer & Aplikasinya** ”, Teknik Sipil ITS, Surabaya

12. Departemen Pekerjaan Umum. 1983. " **Peraturan Pembebaan Indonesia untuk Gedung** ", Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung
13. Chu-Kia Wang, Charles G.Salmon. 1990. " **Desain Beton Bertulang 1 & 2** ", Penerbit Erlangga, Jakarta
14. Dr.Edward G.Nawy, P.E. 1990. " **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar** ", Penerbit PT.ERESCO, Bandung
15. Portland Cement Association. " **Design Of Concrete Building For Earthquake and Wind Forces** ", Fanella A David.
16. John Wiley & Sons, Inc. Seismic Design Of Reinforced Concrete And Masonry Building, Paulay, T, Priestly, M.J.N.
17. J.E.Bowles. 1982." **Foundation Analysis And Design** ", International Student Edition.

LAMPIRAN



PETA GEMPA INDONESIA

LAMPIRAN

**TABEL GAYA AKIBAT ANGIN
PADA TIAP PORTAL**

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya angin		
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m ²)	Gaya angin(kg)
atap	1-1', 12-12'	36	118.1102	2	1.25	1.66433	82.00486776	205.0121694
9	1-1', 12-12'	32	104.9869	4	1.25	1.625	80.067	400.335
8	1-1', 12-12'	28	91.86352	4	1.25	1.577	77.701944	388.50972
7	1-1', 12-12'	24	78.74016	4	1.25	1.524	75.090528	375.45264
6	1-1', 12-12'	20	65.6168	4	1.25	1.458	71.838576	359.19288
5	1-1', 12-12'	16	52.49344	4	1.25	1.385	68.24172	341.2086
4	1-1', 12-12'	12	39.37008	4	1.25	1.305	64.29996	321.4998
3	1-1', 12-12'	8	26.24672	4	1.25	1.2	59.1264	295.632
2	1-1', 12-12'	4	13.12336	4	1.25	1.06	52.22832	261.1416

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah dibalik angin		
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m ²)	Gaya angin(kg)
atap	1-1', 12-12'	36	118.1102	2	1.25	1.424	43.85208	219.2604
9	1-1', 12-12'	32	104.9869	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
8	1-1', 12-12'	28	91.86352	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
7	1-1', 12-12'	24	78.74016	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
6	1-1', 12-12'	20	65.6168	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
5	1-1', 12-12'	16	52.49344	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
4	1-1', 12-12'	12	39.37008	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
3	1-1', 12-12'	8	26.24672	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604
2	1-1', 12-12'	4	13.12336	4	1.25	1.424	43.85208	219.2604

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya angin		
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m ²)	Gaya angin(kg)
atap	3-3', 7-7' K-K'	36	118.1102	2	4	1.66433	82.00486776	656.0389421
9	3-3', 7-7' K-K'	32	104.9869	4	4	1.625	80.067	1281.072
8	3-3', 7-7' K-K'	28	91.86352	4	4	1.577	77.701944	1243.231104
7	3-3', 7-7' K-K'	24	78.74016	4	4	1.524	75.090528	1201.448448
6	3-3', 7-7' K-K'	20	65.6168	4	4	1.458	71.838576	1149.417216
5	3-3', 7-7' K-K'	16	52.49344	4	4	1.385	68.24172	1091.86752
4	3-3', 7-7' K-K'	12	39.37008	4	4	1.305	64.29996	1028.79936
3	3-3', 7-7' K-K'	8	26.24672	4	4	1.2	59.1264	946.0224
2	3-3', 7-7' K-K'	4	13.12336	4	4	1.06	52.22832	835.65312

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah dibalik angin		
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m ²)	Gaya angin(kg)
atap	3-3', 7-7' K-K'	36	118.1102	2	4	1.424	43.85208	701.63328
9	3-3', 7-7' K-K'	32	104.9869	4	4	1.424	43.85208	701.63328
8	3-3', 7-7' K-K'	28	91.86352	4	4	1.424	43.85208	701.63328
7	3-3', 7-7' K-K'	24	78.74016	4	4	1.424	43.85208	701.63328
6	3-3', 7-7' K-K'	20	65.6168	4	4	1.424	43.85208	701.63328
5	3-3', 7-7' K-K'	16	52.49344	4	4	1.424	43.85208	701.63328
4	3-3', 7-7' K-K'	12	39.37008	4	4	1.424	43.85208	701.63328
3	3-3', 7-7' K-K'	8	26.24672	4	4	1.424	43.85208	701.63328
2	3-3', 7-7' K-K'	4	13.12336	4	4	1.424	43.85208	701.63328

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya angin		
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m ²)	Gaya angin(kg)
atap	6-6'	36	118.1102	2	5	1.66433	82.00486776	820.0486776
9	6-6'	32	104.9869	4	5	1.625	80.067	1601.34
8	6-6'	28	91.86352	4	5	1.577	77.701944	1554.03888
7	6-6'	24	78.74016	4	5	1.524	75.090528	1501.81056
6	6-6'	20	65.6168	4	5	1.458	71.838576	1436.77152
5	6-6'	16	52.49344	4	5	1.385	68.24172	1364.8344
4	6-6'	12	39.37008	4	5	1.305	64.29996	1285.9992
3	6-6'	8	26.24672	4	5	1.2	59.1264	1182.528
2	6-6'	4	13.12336	4	5	1.06	52.22832	1044.5664

LAMPIRAN

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada	arah dibalik	angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)			
atap	6-6'	36	118.1102	2	5	1.424	43.85208	877.0416
9	6-6'	32	104.9869	4	5	1.424	43.85208	877.0416
8	6-6'	28	91.86352	4	5	1.424	43.85208	877.0416
7	6-6'	24	78.74016	4	5	1.424	43.85208	877.0416
6	6-6'	20	65.6168	4	5	1.424	43.85208	877.0416
5	6-6'	16	52.49344	4	5	1.424	43.85208	877.0416
4	6-6'	12	39.37008	4	5	1.424	43.85208	877.0416
3	6-6'	8	26.24672	4	5	1.424	43.85208	877.0416
2	6-6'	4	13.12336	4	5	1.424	43.85208	877.0416

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada	arah datangnya	angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)			
atap	9-9' J-J'	36	118.1102	2	4.5	1.66433	82.00486776	738.0438098
9	9-9' J-J'	32	104.9869	4	4.5	1.625	80.067	1441.206
8	9-9' J-J'	28	91.86352	4	4.5	1.577	77.701944	1398.634992
7	9-9' J-J'	24	78.74016	4	4.5	1.524	75.090528	1351.629504
6	9-9' J-J'	20	65.6168	4	4.5	1.458	71.838576	1293.094368
5	9-9' J-J'	16	52.49344	4	4.5	1.385	68.24172	1228.35096
4	9-9' J-J'	12	39.37008	4	4.5	1.305	64.29996	1157.39928
3	9-9' J-J'	8	26.24672	4	4.5	1.2	59.1264	1064.2752
2	9-9' J-J'	4	13.12336	4	4.5	1.06	52.22832	940.10976

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada	arah dibalik	angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)			
atap	9-9' J-J'	36	118.1102	2	4.5	1.424	43.85208	789.33744
9	9-9' J-J'	32	104.9869	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
8	9-9' J-J'	28	91.86352	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
7	9-9' J-J'	24	78.74016	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
6	9-9' J-J'	20	65.6168	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
5	9-9' J-J'	16	52.49344	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
4	9-9' J-J'	12	39.37008	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
3	9-9' J-J'	8	26.24672	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744
2	9-9' J-J'	4	13.12336	4	4.5	1.424	43.85208	789.33744

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada	arah datangnya	angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)			
atap	11-11'	36	118.1102	2	3.5	1.66433	82.00486776	574.0340743
9	11-11'	32	104.9869	4	3.5	1.625	80.067	1120.938
8	11-11'	28	91.86352	4	3.5	1.577	77.701944	1087.827216
7	11-11'	24	78.74016	4	3.5	1.524	75.090528	1051.267392
6	11-11'	20	65.6168	4	3.5	1.458	71.838576	1005.740064
5	11-11'	16	52.49344	4	3.5	1.385	68.24172	955.38408
4	11-11'	12	39.37008	4	3.5	1.305	64.29996	900.19944
3	11-11'	8	26.24672	4	3.5	1.2	59.1264	827.7696
2	11-11'	4	13.12336	4	3.5	1.06	52.22832	731.19648

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada	arah dibalik	angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)			
atap	11-11'	36	118.1102	2	3.5	1.424	43.85208	613.92912
9	11-11'	32	104.9869	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
8	11-11'	28	91.86352	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
7	11-11'	24	78.74016	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
6	11-11'	20	65.6168	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
5	11-11'	16	52.49344	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
4	11-11'	12	39.37008	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
3	11-11'	8	26.24672	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912
2	11-11'	4	13.12336	4	3.5	1.424	43.85208	613.92912

LAMPIRAN

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya		angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m^2)	
atap	C-C'	36	118.1102	2	5.25	1.66433	82.00486776	861.0511115
9	C-C'	32	104.9869	4	5.25	1.625	80.067	1681.407
8	C-C'	28	91.86352	4	5.25	1.577	77.701944	1631.740824
7	C-C'	24	78.74016	4	5.25	1.524	75.090528	1576.901088
6	C-C'	20	65.6168	4	5.25	1.458	71.838576	1508.610096
5	C-C'	16	52.49344	4	5.25	1.385	68.24172	1433.07612
4	C-C'	12	39.37008	4	5.25	1.305	64.29996	1350.29916
3	C-C'	8	26.24672	4	5.25	1.2	59.1264	1241.6544
2	C-C'	4	13.12336	4	5.25	1.06	52.22832	1096.79472

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah dibalik		angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m^2)	
atap	C-C	36	118.1102	2	5.25	1.424	43.85208	920.89368
9	C-C	32	104.9869	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
8	C-C	28	91.86352	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
7	C-C	24	78.74016	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
6	C-C	20	65.6168	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
5	C-C	16	52.49344	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
4	C-C	12	39.37008	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
3	C-C	8	26.24672	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368
2	C-C	4	13.12336	4	5.25	1.424	43.85208	920.89368

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya		angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m^2)	
atap	G-G', H-H'	36	118.1102	2	5.5	1.66433	82.00486776	902.0535454
9	G-G', H-H'	32	104.9869	4	5.5	1.625	80.067	1761.474
8	G-G', H-H'	28	91.86352	4	5.5	1.577	77.701944	1709.442768
7	G-G', H-H'	24	78.74016	4	5.5	1.524	75.090528	1651.991615
6	G-G', H-H'	20	65.6168	4	5.5	1.458	71.838576	1580.448672
5	G-G', H-H'	16	52.49344	4	5.5	1.385	68.24172	1501.31784
4	G-G', H-H'	12	39.37008	4	5.5	1.305	64.29996	1414.59912
3	G-G', H-H'	8	26.24672	4	5.5	1.2	59.1264	1300.7808
2	G-G', H-H'	4	13.12336	4	5.5	1.06	52.22832	1149.02304

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah dibalik		angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m^2)	
atap	G-G', H-H'	36	118.1102	2	5.5	1.424	43.85208	964.74576
9	G-G', H-H'	32	104.9869	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
8	G-G', H-H'	28	91.86352	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
7	G-G', H-H'	24	78.74016	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
6	G-G', H-H'	20	65.6168	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
5	G-G', H-H'	16	52.49344	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
4	G-G', H-H'	12	39.37008	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
3	G-G', H-H'	8	26.24672	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576
2	G-G', H-H'	4	13.12336	4	5.5	1.424	43.85208	964.74576

Lt	As	Hx		Luas Bid.tekan		Pada arah datangnya		angin
		(m)	(feet)	tinggi(m)	lebar(m)	Ce	P(kg/m^2)	
atap	F-F'	36	118.1102	2	6.5	1.66433	82.00486776	1066.063281
9	F-F'	32	104.9869	4	6.5	1.625	80.067	2081.742
8	F-F'	28	91.86352	4	6.5	1.577	77.701944	2020.250544
7	F-F'	24	78.74016	4	6.5	1.524	75.090528	1952.353728
6	F-F'	20	65.6168	4	6.5	1.458	71.838576	1867.802976
5	F-F'	16	52.49344	4	6.5	1.385	68.24172	1774.28472
4	F-F'	12	39.37008	4	6.5	1.305	64.29996	1671.79896
3	F-F'	8	26.24672	4	6.5	1.2	59.1264	1537.2864
2	F-F'	4	13.12336	4	6.5	1.06	52.22832	1357.93632

LAMPIRAN

Lt	As	Hx		Luas	Bid.tekan	Pada	arah dibalik	angin
		(m)	(feet)					
atap	F-F'	36	118.1102	2	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
9	F-F'	32	104.9869	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
8	F-F'	28	91.86352	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
7	F-F'	24	78.74016	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
6	F-F'	20	65.6168	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
5	F-F'	16	52.49344	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
4	F-F'	12	39.37008	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
3	F-F'	8	26.24672	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408
2	F-F'	4	13.12336	4	6.5	1.424	43.85208	1140.15408

Lt	As	Hx		Luas	Bid.tekan	Pada	arah datangnya	angin
		(m)	(feet)					
atap	L-L'	36	118.1102	2	3.25	1.66433	82.00486776	533.0316404
9	L-L'	32	104.9869	4	3.25	1.625	80.067	1040.871
8	L-L'	28	91.86352	4	3.25	1.577	77.701944	1010.125272
7	L-L'	24	78.74016	4	3.25	1.524	75.090528	976.176864
6	L-L'	20	65.6168	4	3.25	1.458	71.838576	933.901488
5	L-L'	16	52.49344	4	3.25	1.385	68.24172	887.14236
4	L-L'	12	39.37008	4	3.25	1.305	64.29996	835.89948
3	L-L'	8	26.24672	4	3.25	1.2	59.1264	768.6432
2	L-L'	4	13.12336	4	3.25	1.06	52.22832	678.96816

Lt	As	Hx		Luas	Bid.tekan	Pada	arah dibalik	angin
		(m)	(feet)					
atap	L-L'	36	118.1102	2	3.25	1.424	43.85208	570.07704
9	L-L'	32	104.9869	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
8	L-L'	28	91.86352	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
7	L-L'	24	78.74016	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
6	L-L'	20	65.6168	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
5	L-L'	16	52.49344	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
4	L-L'	12	39.37008	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
3	L-L'	8	26.24672	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704
2	L-L'	4	13.12336	4	3.25	1.424	43.85208	570.07704

Pembelian Gaya Akibat Angin Pada Mesin Masing Siswa
(Periode I dan II)



Tabel Gaya Akibat Angin pada Masing-Masing SW

Program SAP2000 Nonlinier Version 7.42

Input Files : Pemodelan 1
Project : Modifikasi Perencanaan Gedung
Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur
Dengan Metoda Pracetak Memakai
Building Frame System.
Satuan : Kg.m

```

; File C:\DARMA TA\UPN Pemodelan 1
Terbaru.S2K saved 10/11/03 20:57:05 in
Kgf-M

SYSTEM
  DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ  LENGTH=m
  FORCE=Kgf  PAGE=SECTIONS

JOINT
  1 X=-16  Y=0  Z=36
  2 X=-12  Y=0  Z=36
  3 X=-8   Y=0  Z=36
  4 X=-3   Y=0  Z=36
  5 X=3   Y=0  Z=36
  6 X=8   Y=0  Z=36
  7 X=12  Y=-10 Z=36
  8 X=16  Y=0  Z=36
  9 X=-16  Y=7  Z=36
 10 X=12  Y=-10 Z=32
 11 X=-8   Y=7  Z=36
 12 X=8   Y=7  Z=36
 13 X=12  Y=-10 Z=28
 14 X=16  Y=7  Z=36
 15 X=12  Y=-10 Z=24
 16 X=12  Y=-10 Z=20
 17 X=-8   Y=1  Z=36
 18 X=-3   Y=1  Z=36
 19 X=3   Y=1  Z=36
 20 X=8   Y=1  Z=36
 21 X=12  Y=-10 Z=16
 22 X=12  Y=-10 Z=12
 23 X=-3   Y=-3  Z=0
 24 X=-16  Y=-3  Z=36
 25 X=12  Y=-10 Z=0
 26 X=-8   Y=-3  Z=36
 27 X=-3   Y=-3  Z=36
 28 X=3   Y=-3  Z=36
 29 X=8   Y=-3  Z=36
 30 X=12  Y=-10 Z=4
 31 X=16  Y=-3  Z=36
 32 X=3   Y=-3  Z=0
 33 X=-12  Y=4.5 Z=36
 34 X=8   Y=-3  Z=0

dat.....  

      35 X=-12  Y=4.5 Z=32
      36 X=-8   Y=-7  Z=36
      37 X=-3   Y=-7  Z=36

      964 X=0  Y=-7  Z=36
      965 X=0  Y=-7  Z=32
      966 X=0  Y=-7  Z=28
      967 X=0  Y=-7  Z=24
      968 X=0  Y=-7  Z=20
      969 X=0  Y=-7  Z=16
      970 X=0  Y=-7  Z=12
      971 X=0  Y=-7  Z=8
      972 X=0  Y=-7  Z=4

RESTRANT
  ADD=883  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=884  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=891  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=892  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=893  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=894  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=905  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=906  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=907  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=908  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=919  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=920  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=561  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=567  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=23   DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=32   DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=700  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=769  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=861  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=867  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=885  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=890  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=895  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=899  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=901  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=34   DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
  ADD=198  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

```

LAMPIRAN

```
ADD=167  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=394
ADD=378  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=395
ADD=380  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=396
ADD=117  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=397
ADD=819  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=402
ADD=259  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=403
ADD=260  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=404
ADD=264  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=405
ADD=268  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=407
ADD=454  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=408
ADD=433  DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3      ADD=409
                                         ADD=410
CONSTRAINT                           ADD=411
  NAME=LANTAI2  TYPE=DIAPH  AXIS=Z   ADD=415
CSYS=0                                ADD=420
  ADD=785
  ADD=786
  ADD=787
  ADD=788
  ADD=789
  ADD=794
  ADD=795
  ADD=796
  ADD=797
  ADD=799
  ADD=800
  ADD=816
                                         Dst..... .
                                         NAME=LANTAI7  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
                                         ADD=295
                                         ADD=296
                                         ADD=297
                                         ADD=298
                                         ADD=299
                                         ADD=304
                                         ADD=305
                                         ADD=306
                                         ADD=307
                                         ADD=309
                                         ADD=310
                                         ADD=311
                                         ADD=312
                                         ADD=313
                                         Dst..... .
                                         NAME=LANTAI13  TYPE=DIAPH  AXIS=Z
CSYS=0
  ADD=687
  ADD=688
  ADD=689
  ADD=690
  ADD=691
  ADD=696
  ADD=697
                                         NAME=LANTAI14  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
                                         ADD=589
                                         ADD=590
                                         ADD=591
                                         ADD=592
                                         ADD=593
                                         ADD=596
                                         ADD=599
                                         ADD=600
                                         ADD=601
                                         ADD=181
                                         ADD=182
                                         ADD=199
                                         ADD=200
                                         ADD=201
                                         ADD=206
                                         ADD=207
                                         ADD=208
                                         ADD=209
                                         ADD=211
                                         ADD=212
                                         ADD=213
                                         Dst..... .
                                         Dst..... .
                                         NAME=LANTAI15  TYPE=DIAPH  AXIS=Z
CSYS=0
  ADD=491
  ADD=492
  ADD=493
  ADD=494
  ADD=495
  ADD=500
  ADD=501
  ADD=502
  ADD=503
                                         NAME=LANTAI19  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
                                         ADD=91
                                         ADD=92
                                         ADD=93
                                         ADD=94
                                         ADD=95
                                         ADD=100
                                         ADD=101
                                         ADD=102
                                         ADD=103
                                         ADD=104
                                         Dst..... .
                                         Dst..... .
                                         NAME=LANTAI16  TYPE=DIAPH  AXIS=Z
CSYS=0
  ADD=393
                                         NAME=ATAP  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
                                         ADD=1
```

LAMPIRAN

```
ADD=2 NAME=BETONSW IDES=C M=244.648 W=2400
ADD=3 T=0 E=2.834E+09 U=.2 A=.0000099
ADD=4
ADD=5
ADD=6
ADD=7
ADD=8
ADD=9
ADD=10
ADD=11
ADD=12
ADD=13
ADD=14
ADD=15
ADD=16
ADD=17
ADD=18
ADD=19
ADD=20
ADD=21
ADD=22
ADD=23
ADD=24
ADD=25
ADD=26
ADD=27
ADD=28
ADD=29
ADD=30
ADD=31
ADD=32
ADD=33
ADD=34
ADD=35
ADD=36
ADD=37
ADD=38
ADD=39
ADD=40
ADD=41
ADD=42
ADD=43 NAME=SSEC1 MAT=CONC TYPE=Shell,Thin
ADD=44 TH=1
ADD=45 NAME=SWALLX MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
ADD=46 TH=.4
ADD=47 NAME=SWALLY MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
ADD=48 TH=.4
ADD=49 NAME=SW MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
ADD=50 TH=.4
ADD=51
ADD=52
ADD=53
ADD=54
ADD=55
ADD=56
ADD=57
ADD=58
ADD=59
ADD=60
ADD=61

Dst: .....
```

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS

```
ADD=588 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=575 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=574 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=534 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=519 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=517 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=516 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=514 UI=78878.21 U2=78878.21
ADD=515 UI=60166.87 U2=60166.87
```

MATERIAL

```
NAME=STEEL IDES=S M=798.142
W=7833.414
T=0 E=2.038902E+10 U=.
A=.0000117 FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8012
W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.
A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=244.8012
W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.
A=.0000055
NAME=BETON IDES=C M=244.648
W=2400
T=0 E=2.624E+09 U=.
A=.0000099
```

NAME=B135X70 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=BANAK MAT=BETON SH=R T=.,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=KOL80X80 MAT=BETON SH=R T=.,.6 A=.64
J=5.768533E-02 I=3.413333E-02,3.413333E-02
AS=.5333334,.5333334
NAME=BLUAR MAT=BETON SH=R T=.,.2 A=.06
J=4.695309E-04 I=.00045,.0002 AS=.05,.05
NAME=BANAK1 MAT=BETON SH=R T=.,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=BB135X70 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=B135X85 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.2975 J=9.004153E-03 I=1.791198E-
02,3.036979E-03 AS=.2479167,.2479167

FRAME SECTION
NAME=B135X70 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=BANAK MAT=BETON SH=R T=.,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=KOL80X80 MAT=BETON SH=R T=.,.6 A=.64
J=5.768533E-02 I=3.413333E-02,3.413333E-02
AS=.5333334,.5333334
NAME=BLUAR MAT=BETON SH=R T=.,.2 A=.06
J=4.695309E-04 I=.00045,.0002 AS=.05,.05
NAME=BANAK1 MAT=BETON SH=R T=.,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=BB135X70 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=B135X85 MAT=BETON SH=R T=.,.35
A=.2975 J=9.004153E-03 I=1.791198E-
02,3.036979E-03 AS=.2479167,.2479167

SHELL SECTION
NAME=SSEC1 MAT=CONC TYPE=Shell,Thin
TH=1
NAME=SWALLX MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4
NAME=SWALLY MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4
NAME=SW MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4

FRAME
1 J=58,1 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
2 J=1,2 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
3 J=59,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
4 J=886,31 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
5 J=31,865 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
6 J=613,24 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
7 J=58,59 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
8 J=1,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
9 J=220,166 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
10 J=612,116 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
11 J=614,224 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
12 J=71,72 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
13 J=2,3 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
14 J=3,4 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
15 J=14,865 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
16 J=79,80 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
17 J=71,3 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
18 J=181,182 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
19 J=11,79 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
20 J=79,17 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
21 J=72,4 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
22 J=4,80 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
23 J=80,18 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
24 J=659,322 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
25 J=198,17 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
26 J=17,18 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
27 J=828,198 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
28 J=86,87 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
29 J=59,60 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
30 J=166,169 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
31 J=182,199 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
32 J=665,420 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
33 J=225,278 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
34 J=278,267 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
35 J=281,376 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
36 J=158,169 SEC=BB135X70 NSEG=4 ANG=0
37 J=669,518 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
38 J=671,616 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
39 J=17,26 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0

LAMPIRAN

40 J=26,36 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1474 J=547,566 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
41 J=376,279 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1475 J=566,571 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
42 J=24,427 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1476 J=571,272 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
43 J=427,26 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1477 J=573,576 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
44 J=320,474 SEC=BI35X85 NSEG=4 ANG=0	1478 J=576,602 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
45 J=200,201 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1479 J=602,282 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
46 J=869,417 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1480 J=609,615 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
47 J=417,36 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1481 J=615,617 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
48 J=61,62 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1482 J=617,319 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
49 J=62,63 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1483 J=623,632 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
50 J=474,318 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1484 J=632,645 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
51 J=365,572 SEC=BI35X85 NSEG=4 ANG=0	1485 J=645,351 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
52 J=672,714 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1489 J=721,413 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
53 J=673,812 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1490 J=743,449 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
54 J=36,75 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1491 J=762,473 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
55 J=75,45 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1492 J=771,477 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
56 J=31,711 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1493 J=772,504 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
57 J=62,43 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1494 J=784,547 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
58 J=87,88 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1495 J=798,573 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
59 J=572,338 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0	1496 J=805,609 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
60 J=63,49 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1497 J=808,623 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
61 J=49,721 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1508 J=937,955 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
62 J=721,51 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1509 J=955,938 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
63 J=91,92 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1510 J=939,956 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
64 J=72,73 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1511 J=956,940 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
65 J=73,74 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1512 J=941,957 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
dat	1513 J=957,942 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
1465 J=836,738 SEC=KOL80X80 NSEG=2 ANG=0	1514 J=943,958 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1466 J=919,797 SEC=KOL80X80 NSEG=2 ANG=0	1515 J=958,944 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1467 J=920,836 SEC=KOLE80X80 NSEG=2 ANG=0	1516 J=945,959 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1468 J=477,476 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1517 J=959,946 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1469 J=478,490 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1518 J=947,960 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1470 J=490,221 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1519 J=960,948 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1471 J=504,511 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1520 J=949,961 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1472 J=511,525 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1521 J=961,950 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
1473 J=525,240 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1522 J=951,962 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1523 J=962,952 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1524 J=953,963 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1525 J=963,954 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1526 J=964,955 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1527 J=965,956 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1528 J=966,957 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
	1529 J=967,958 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1530 J=968,959 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1531 J=969,960 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1532 J=970,961 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1533 J=971,962 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1534 J=972,963 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
	1536 J=37,964 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
	1537 J=964,38 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
	1538 J=145,965 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0
	1539 J=965,146 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1540 J=255,966 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1541 J=966,256 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1542 J=353,967 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1543 J=967,354 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1544 J=451,968 SEC=BI35X70 NSEG=4
	1545 J=968,452 SEC=BI35X70 NSEG=4 ANG=0

LAMPIRAN

1546 J=549, 969 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1547 J=969, 550 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1548 J=647, 970 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1549 J=970, 648 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1550 J=745, 971 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1551 J=971, 746 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1552 J=843, 972 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1553 J=972, 844 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0

SHELL
1 J=178, 177, 56, 46 SEC=SW
3 J=141, 514, 27, 515 SEC=SW
4 J=251, 516, 141, 514 SEC=SW
5 J=349, 517, 251, 516 SEC=SW
6 J=447, 519, 349, 517 SEC=SW
7 J=545, 534, 447, 519 SEC=SW
8 J=643, 374, 545, 534 SEC=SW
9 J=741, 575, 643, 574 SEC=SW
10 J=839, 588, 741, 575 SEC=SW
12 J=23, 114, 839, 588 SEC=SW
13 J=514, 142, 515, 28 SEC=SW
14 J=516, 252, 514, 142 SEC=SW
15 J=517, 350, 516, 252 SEC=SW
16 J=519, 448, 517, 350 SEC=SW
17 J=534, 546, 519, 448 SEC=SW
18 J=574, 644, 534, 546 SEC=SW
19 J=575, 742, 574, 644 SEC=SW
20 J=589, 840, 575, 742 SEC=SW
21 J=114, 32, 588, 840 SEC=SW
28 J=177, 220, 48, 886 SEC=SW
29 J=113, 95, 828, 9 SEC=SW
30 J=222, 201, 113, 95 SEC=SW
31 J=273, 299, 222, 201 SEC=SW
32 J=294, 397, 273, 299 SEC=SW
33 J=321, 495, 294, 397 SEC=SW
34 J=371, 593, 321, 495 SEC=SW
35 J=392, 691, 371, 593 SEC=SW
36 J=419, 789, 392, 691 SEC=SW
37 J=861, 561, 419, 789 SEC=SW
38 J=291, 290, 178, 177 SEC=SW
39 J=290, 225, 177, 220 SEC=SW
40 J=389, 368, 291, 290 SEC=SW
41 J=388, 281, 290, 225 SEC=SW
42 J=487, 486, 389, 388 SEC=SW
43 J=195, 35, 198, 33 SEC=SW
44 J=486, 320, 388, 281 SEC=SW
45 J=585, 584, 487, 486 SEC=SW
46 J=584, 365, 486, 320 SEC=SW
47 J=683, 682, 585, 584 SEC=SW
48 J=682, 379, 584, 365 SEC=SW
49 J=751, 780, 683, 682 SEC=SW
50 J=780, 418, 682, 379 SEC=SW
51 J=819, 878, 781, 780 SEC=SW
52 J=878, 463, 780, 418 SEC=SW
53 J=95, 196, 9, 197 SEC=SW
54 J=201, 217, 95, 196 SEC=SW
55 J=299, 231, 201, 217 SEC=SW
56 J=397, 253, 299, 231 SEC=SW
57 J=495, 280, 397, 253 SEC=SW
58 J=593, 315, 495, 280 SEC=SW
59 J=691, 329, 593, 315 SEC=SW
60 J=789, 370, 691, 329 SEC=SW
61 J=561, 380, 789, 370 SEC=SW
62 J=117, 433, 879, 878 SEC=SW
63 J=433, 454, 878, 463 SEC=SW
64 J=35, 196, 33, 197 SEC=SW
65 J=210, 40, 195, 35 SEC=SW
66 J=40, 217, 35, 196 SEC=SW
67 J=221, 41, 210, 40 SEC=SW
68 J=41, 231, 40, 217 SEC=SW
69 J=240, 42, 221, 41 SEC=SW
70 J=42, 253, 41, 231 SEC=SW
71 J=272, 44, 240, 42 SEC=SW
72 J=44, 280, 42, 253 SEC=SW
73 J=282, 50, 272, 44 SEC=SW
74 J=50, 315, 44, 280 SEC=SW
75 J=319, 55, 282, 50 SEC=SW
76 J=55, 329, 50, 315 SEC=SW
77 J=351, 57, 319, 55 SEC=SW
78 J=57, 370, 55, 329 SEC=SW
79 J=378, 259, 351, 57 SEC=SW
80 J=259, 380, 57, 370 SEC=SW
81 J=143, 175, 168, 47 SEC=SW
82 J=175, 10, 47, 7 SEC=SW
83 J=143, 178, 168, 56 SEC=SSEC1
84 J=183, 291, 143, 178 SEC=SSEC1
85 J=185, 389, 183, 291 SEC=SSEC1
86 J=187, 487, 185, 389 SEC=SSEC1
87 J=190, 585, 187, 487 SEC=SSEC1
88 J=192, 683, 190, 585 SEC=SSEC1
89 J=194, 781, 192, 683 SEC=SSEC1
90 J=811, 879, 194, 781 SEC=SSEC1
91 J=819, 117, 811, 879 SEC=SSEC1
92 J=10, 161, 7, 162 SEC=SW
93 J=183, 288, 143, 175 SEC=SW
94 J=288, 13, 175, 10 SEC=SW
95 J=13, 184, 10, 161 SEC=SW
96 J=185, 386, 183, 288 SEC=SW
97 J=386, 15, 288, 13 SEC=SW
98 J=15, 186, 13, 184 SEC=SW
99 J=187, 484, 185, 386 SEC=SW
100 J=484, 16, 386, 15 SEC=SW
101 J=16, 189, 15, 186 SEC=SW
102 J=190, 582, 187, 484 SEC=SW
103 J=582, 21, 484, 16 SEC=SW
104 J=21, 191, 16, 189 SEC=SW
105 J=192, 680, 190, 582 SEC=SW
106 J=680, 22, 582, 21 SEC=SW
107 J=22, 193, 21, 191 SEC=SW
108 J=194, 778, 192, 680 SEC=SW
109 J=778, 25, 680, 22 SEC=SW
110 J=25, 810, 22, 193 SEC=SW
111 J=811, 876, 194, 778 SEC=SW
112 J=876, 30, 778, 25 SEC=SW
113 J=30, 813, 25, 810 SEC=SW
114 J=819, 260, 811, 876 SEC=SW
115 J=260, 264, 876, 30 SEC=SW
116 J=264, 268, 30, 813 SEC=SW

LOAD
NAME=GRAFTY SW=1 CSYS=0
TYPE=GRAVITY ELEM=FRAME
ADD=1 UZ=-1
ADD=2 UZ=-1
ADD=3 UZ=-1
ADD=7 UZ=-1
ADD=8 UZ=-1
ADD=12 UZ=-1
Dst... . . .
TYPE=GRAVITY ELEM=SHELL
ADD=3 UZ=-1
ADD=4 UZ=-1
ADD=5 UZ=-1
ADD=6 UZ=-1
ADD=7 UZ=-1
ADD=8 UZ=-1
ADD=9 UZ=-1

LAMPIRAN

ADD=10 UZ=-1
ADD=12 UZ=-1
ADD=13 UZ=-1
ADD=14 UZ=-1
ADD=15 UZ=-1

Dst...

NAME=MATI CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=64 RD=0,8.333334E-02
UZ=0,-247.5
ADD=64 RD=0.333334E-02,.9166667
UZ=-247.5,-247.5
ADD=64 RD=.9166667,1 UZ=-
247.5,0
ADD=12 RD=0,.1 UZ=0,-247.5
ADD=12 RD=.1,.9 UZ=-247.5,-
247.5
ADD=12 RD=.9,1 UZ=-247.5,0
ADD=65 RD=0,.1 UZ=0,-247.5
ADD=65 RD=.1,.9 UZ=-247.5,-
247.5
ADD=65 RD=.9,1 UZ=-247.5,0
ADD=1 ADD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=1 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=1 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=105 RD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=105 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=105 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=2 RD=0,.1111111 UZ=0,-198
ADD=2 RD=.1111111,.8888889
UZ=-198,-198
ADD=2 RD=.8888889,1 UZ=-198,0
ADD=104 RD=0,.1111111 UZ=0,-
198
ADD=104 RD=.1111111,.8888889
UZ=-198,-198
ADD=104 RD=.8888889,1 UZ=-
198,0
ADD=13 RD=0,.1428571 UZ=0,-198
ADD=13 RD=.1428571,.8571429
UZ=-198,-198
ADD=13 RD=.8571429,1 UZ=-198,0
ADD=103 RD=0,.1428571 UZ=0,-
198
ADD=103 RD=.1428571,.8571429
UZ=-198,-198
ADD=103 RD=.8571429,1 UZ=-
198,0
ADD=14 RD=0,.125 UZ=0,-247.5
ADD=14 RD=.125,.975 UZ=-
247.5,-247.5
ADD=14 RD=.875,1 UZ=-247.5,0
ADD=74 RD=0,.125 UZ=0,-247.5
ADD=74 RD=.125,.875 UZ=-
247.5,-247.5
ADD=74 RD=.875,1 UZ=-247.5,0
ADD=74 RD=0,.35 UZ=0,-693
ADD=14 RD=.35,.65 UZ=-693,-693
ADD=14 RD=.65,1 UZ=-693,0
ADD=74 RD=0,.35 UZ=0,-693
ADD=74 RD=.35,.65 UZ=-693,-693
ADD=74 RD=.65,1 UZ=-693,0
ADD=73 RD=0,.2916667 UZ=0,-693
ADD=73 RD=.2916667,.7083333
UZ=-693,-693
ADD=73 RD=.7083333,1 UZ=-693,0
ADD=73 RD=0,.1041667 UZ=0,-
247.5

ADD=73 RD=.1041667,.8958333 UZ=-
247.5,-247.5
ADD=73 RD=.8958333,1 UZ=-247.5,0
ADD=3 RD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=3 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=3 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=108 RD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=108 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=108 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=3 RD=0,.5 UZ=0,-247.5
ADD=3 RD=.5,1 UZ=-247.5,0
ADD=108 RD=0,.5 UZ=0,-247.5
ADD=108 RD=.5,1 UZ=-247.5,0

Dst...

NAME=HIDUP CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=12 RD=0,-1 UZ=0,-62.5
ADD=12 RD=.1,.9 UZ=-62.5,-62.5
ADD=12 RD=.9,1 UZ=-62.5,0
ADD=65 RD=0,.1 UZ=0,-62.5
ADD=65 RD=.1,.9 UZ=-62.5,-62.5
ADD=65 RD=.9,1 UZ=-62.5,0
ADD=64 RD=0,8.333334E-02 UZ=0,-62.5
ADD=64 RD=0.333334E-02,.9166667 UZ=-
62.5,-62.5
ADD=64 RD=.9166667,1 UZ=-62.5,0
ADD=1 RD=0,.4 UZ=0,-50
ADD=1 RD=.4,.6 UZ=-50,-50
ADD=1 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=105 RD=0,.4 UZ=0,-50
ADD=105 RD=.4,.6 UZ=-50,-50
ADD=105 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=2 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
ADD=2 RD=.1111111,.8888889
UZ=-50,-50
50 ADD=2 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=104 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
ADD=104 RD=.1111111,.8888889 UZ=-
50,-50
ADD=104 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=13 RD=0,.1428571 UZ=0,-50
ADD=13 RD=.1428571,.8571429 UZ=-
50,-50
ADD=13 RD=.8571429,1 UZ=-50,0
ADD=103 RD=0,.1428571 UZ=0,-50
ADD=103 RD=.1428571,.8571429 UZ=-
50,-50
ADD=103 RD=.8571429,1 UZ=-50,0
ADD=14 RD=0,.125 UZ=0,-62.5
ADD=14 RD=.125,.875 UZ=-62.5,-62.5
ADD=14 RD=.875,1 UZ=-62.5,0
ADD=74 RD=0,.125 UZ=0,-62.5
ADD=74 RD=.125,.875 UZ=-62.5,-62.5
ADD=74 RD=.875,1 UZ=-62.5,0
ADD=14 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=14 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=14 RD=.65,1 UZ=-175,0
ADD=74 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=74 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=74 RD=.65,1 UZ=-175,0
ADD=73 RD=0,.2916667 UZ=0,-175
ADD=73 RD=.2916667,.7083333 UZ=-
175,-175
ADD=73 RD=.7083333,1 UZ=-175,0
ADD=73 RD=0,.1041667 UZ=0,-62.5
ADD=73 RD=.1041667,.8958333 UZ=-
62.5,-62.5
ADD=73 RD=.8958333,1 UZ=-62.5,0
ADD=3 RD=0,.4 UZ=0,-50
ADD=3 RD=.4,.6 UZ=-50,-50

LAMPIRAN

ADD=3 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=108 RD=0,.4 UZ=0,-50
ADD=108 RD=.4,.6 UZ=-50,-50
ADD=108 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=3 RD=0,.5 UZ=0,-62.5
ADD=3 RD=.5,1 UZ=-62.5,0
ADD=108 RD=0,.5 UZ=0,-62.5
ADD=108 RD=.5,1 UZ=-62.5,0
ADD=4 RD=0,.3333333 UZ=0,-150
ADD=4 RD=.3333333,.6666667
UZ=-150,-150
ADD=4 RD=.6666667,1 UZ=-150,0
ADD=4 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
ADD=4 RD=.1111111,.8888889
UZ=-50,-50
ADD=4 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=107 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
ADD=107 RD=.1111111,.8888889
UZ=-50,-50
ADD=107 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=107 RD=0,.5 UZ=0,-225
ADD=107 RD=.5,1 UZ=-225,0
ADD=106 RD=0,.1428571 UZ=0,-50
ADD=106 RD=.1428571,.8571429
UZ=-50,-50
ADD=106 RD=.8571429,1 UZ=-50,0
ADD=106 RD=0,.5 UZ=0,-175
ADD=106 RD=.5,1 UZ=-175,0
ADD=15 RD=0,.5 UZ=0,-145
ADD=15 RD=.5,1 UZ=-145,0
ADD=15 RD=0,.1724138 UZ=0,-50
ADD=15 RD=.1724138,.8275862
UZ=-50,-50
ADD=15 RD=.8275862,1 UZ=-50,0
ADD=5 RD=0,.1666667 UZ=0,-200
ADD=5 RD=.1666667,.8333333
UZ=-200,-200
ADD=5 RD=.8333333,1 UZ=-200,0
ADD=16 RD=0,.35 UZ=0,-350
ADD=16 RD=.35,.65 UZ=-350,-350
ADD=16 RD=.65,1 UZ=-350,0
ADD=76 RD=0,.35 UZ=0,-350
ADD=76 RD=.35,.65 UZ=-350,-350
ADD=76 RD=.65,1 UZ=-350,0
ADD=75 RD=0,.2916667 UZ=0,-350
ADD=75 RD=.2916667,.7083333
UZ=-350,-350
ADD=75 RD=.7083333,1 UZ=-350,0
ADD=6 RD=0,.2941177 UZ=0,-150
ADD=6 RD=.2941177,.7058824
UZ=-150,-150
ADD=6 RD=.7058824,1 UZ=-150,0
ADD=30 RD=0,.5 UZ=0,-62.5
ADD=30 RD=.5,1 UZ=-62.5,0
ADD=112 RD=0,.5 UZ=0,-62.5
ADD=112 RD=.5,1 UZ=-62.5,0
ADD=110 RD=0,.5 UZ=0,-350
ADD=110 RD=.5,1 UZ=-350,0
ADD=27 RD=0,.5 UZ=0,-175
ADD=27 RD=.5,1 UZ=-175,0
ADD=28 RD=0,.5 UZ=0,-175
ADD=28 RD=.5,1 UZ=-175,0
ADD=25 RD=0,.5 UZ=0,-175
ADD=25 RD=.5,1 UZ=-175,0
ADD=26 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=26 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=26 RD=.65,1 UZ=-175,0
ADD=78 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=78 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=78 RD=.65,1 UZ=-175,0
ADD=26 RD=0,.4 UZ=0,-200
ADD=26 RD=.4,.6 UZ=-200,-200
ADD=26 RD=.6,1 UZ=-200,0
ADD=78 RD=0,.4 UZ=0,-200
ADD=78 RD=.4,.6 UZ=-200,-200
ADD=78 RD=.6,1 UZ=-200,0
ADD=77 RD=0,.3333333 UZ=0,-200
ADD=77 RD=.3333333,.6666667 UZ=-
200,-200
ADD=77 RD=.6666667,1 UZ=-200,0
ADD=77 RD=0,.3333333 UZ=0,-175
ADD=77 RD=.3333333,.6666667 UZ=-
175,-175
ADD=77 RD=.6666667,1 UZ=-175,0
ADD=109 RD=0,.5 UZ=0,-350
ADD=109 RD=.5,1 UZ=-350,0
ADD=41 RD=0,.5 UZ
Dst _____ . _____ .
NAME=ANGIN CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=3 UX=205.01 UY=1140.154
ADD=102 UX=400.33 UY=1140.154
ADD=208 UX=388.5 UY=1140.154
ADD=306 UX=375.45 UY=1140.154
ADD=404 UX=359.19 UY=1140.154
ADD=502 UX=341 UY=1140.154
ADD=600 UX=321 UY=1140.154
ADD=698 UX=295 UY=1140.154
ADD=796 UX=261 UY=1140.154
ADD=6 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=134 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=244 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=342 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=440 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=538 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=636 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=734 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=832 UX=219.26 UY=789.3374
ADD=9 UX=656.038 UY=920.8937
ADD=95 UX=1281 UY=920.8937
ADD=201 UX=1243 UY=920.8937
ADD=299 UX=1201 UY=920.8937
ADD=397 UX=1149 UY=920.8937
ADD=495 UX=1091 UY=920.8937
ADD=593 UX=1028 UY=920.8937
ADD=691 UX=946 UY=920.8937
ADD=789 UX=835 UY=920.8937
ADD=14 UX=701.63 UY=570.077
ADD=158 UX=701.63 UY=570.077
ADD=269 UX=701.63 UY=570.077
ADD=367 UX=701.63 UY=570.077
ADD=465 UX=701.63 UY=570.077
ADD=563 UX=701.63 UY=570.077
ADD=661 UX=701.63 UY=570.077
ADD=759 UX=701.63 UY=570.077
ADD=857 UX=701.63 UY=570.077
ADD=828 UX=620.048
ADD=113 UX=1601
ADD=222 UX=1594
ADD=273 UX=1501
ADD=294 UX=1436
ADD=321 UX=1364
ADD=371 UX=1285
ADD=392 UX=1182
ADD=419 UX=1044
ADD=169 UX=877.0416
ADD=267 UX=877.0416
ADD=279 UX=877.0416
ADD=318 UX=877.0416
ADD=338 UX=877.0416
ADD=377 UX=877.0416
ADD=416 UX=877.0416

LAMPIRAN

ADD=436 UX=877.0416	ADD=679 UX=219.2604 UY=678
ADD=865 UX=877.0416	ADD=52 UY=902.0535
ADD=24 UX=656.039	ADD=171 UY=1761
ADD=116 UX=1281	ADD=284 UY=1709
ADD=224 UX=1243	ADD=382 UY=1651
ADD=322 UX=1201	ADD=480 UY=1580
ADD=420 UX=1149	ADD=578 UY=1501
ADD=518 UX=1091	ADD=676 UY=1414
ADD=616 UX=1028	ADD=774 UY=1300
ADD=714 UX=946	ADD=872 UY=1149
ADD=812 UX=835	ADD=4 UY=964.7458
ADD=31 UX=701.63	ADD=103 UY=964.7458
ADD=166 UX=701.63	ADD=209 UY=964.7458
ADD=278 UX=701.63	ADD=307 UY=964.7458
ADD=376 UX=701.63	ADD=405 UY=964.7458
ADD=474 UX=701.63	ADD=503 UY=964.7458
ADD=572 UX=701.63	ADD=601 UY=964.7458
ADD=670 UX=701.63	ADD=699 UY=964.7458
ADD=768 UX=701.63	ADD=797 UY=964.7458
ADD=866 UX=701.63	ADD=53 UY=902.0535
ADD=869 UX=738.04	ADD=172 UY=1761
ADD=115 UX=1441	ADD=285 UY=1709
ADD=223 UX=1398	ADD=383 UY=1651
ADD=277 UX=1351	ADD=481 UY=1580
ADD=308 UX=1293	ADD=579 UY=1501
ADD=323 UX=1228	ADD=677 UY=1414
ADD=375 UX=1157	ADD=775 UY=1300
ADD=406 UX=1064	ADD=873 UY=1149
ADD=421 UX=940	ADD=5 UY=964.7458
ADD=220 UX=789.337	ADD=138 UY=964.7458
ADD=225 UX=789.337	ADD=248 UY=964.7458
ADD=281 UX=789.337	ADD=346 UY=964.7458
ADD=320 UX=789.337	ADD=444 UY=964.7458
ADD=365 UX=789.337	ADD=542 UY=964.7458
ADD=379 UX=789.337	ADD=640 UY=964.7458
ADD=418 UX=789.337	ADD=738 UY=964.7458
ADD=463 UX=789.337	ADD=836 UY=964.7458
ADD=886 UX=789.337	ADD=54 UY=738.0438
ADD=43 UX=574.034 UY=861.051	ADD=173 UY=1441
ADD=125 UX=1120 UY=1681	ADD=286 UY=1398
ADD=234 UX=1087 UY=1631	ADD=384 UY=1351
ADD=332 UX=1091 UY=1576	ADD=482 UY=1293
ADD=430 UX=1005 UY=1508	ADD=580 UY=1228
ADD=528 UX=955 UY=1433	ADD=678 UY=1157
ADD=626 UX=900 UY=1390	ADD=776 UY=1064
ADD=724 UX=827 UY=1243	ADD=874 UY=940
ADD=822 UX=731 UY=1098	
ADD=48 UX=613.929	NAME=DISPLACE CSYS=0
ADD=177 UX=613.929	
ADD=290 UX=613.929	NAME=TORSI CSYS=0
ADD=388 UX=613.929	TYPE=FORCE
ADD=486 UX=613.929	ADD=515 RX=186250.8 RY=125211.4
ADD=584 UX=613.929	ADD=514 RX=217042 RY=145911
ADD=682 UX=613.929	ADD=516 RX=189912 RY=127672
ADD=780 UX=613.929	ADD=517 RX=162782 RY=109433
ADD=878 UX=613.929	ADD=519 RX=135651 RY=91194
ADD=51 UX=205.012 UY=1066.063	ADD=534 RX=108521 RY=72955
ADD=131 UX=400 UY=2081	ADD=574 RX=81390 RY=54716
ADD=241 UX=388 UY=2020	ADD=575 RX=54260 RY=36477
ADD=339 UX=375 UY=1952	ADD=588 RX=27130 RY=18238
ADD=437 UX=359 UY=1867	
ADD=535 UX=341 UY=1774	MODE
ADD=633 UX=321 UY=1671	TYPE=EIGEN N=10 TOL=.00001 RESMASS=Y
ADD=731 UX=295 UY=1537	
ADD=829 UX=361 UY=1357	FUNCTION
ADD=56 UX=219.2604 UY=533.0316	NAME=UBC1997 NPL=1 PRINT=Y
ADD=178 UX=219.2604 UY=1040	0 .28
ADD=291 UX=219.2604 UY=1010	.1142 .7
ADD=389 UX=219.2604 UY=976	.2 .7
ADD=487 UX=219.2604 UY=933	.3 .7
ADD=585 UX=219.2604 UY=887	.4 .7
ADD=683 UX=219.2604 UY=835	.571 .7
ADD=781 UX=219.2604 UY=769	.6 .667

LAMPIRAN

```
.7 .571  
.8 .5  
.9 .444  
1 .4  
1.5 .267  
2 .2  
2.5 .16  
3 .133  
5 .08  
  
SPEC  
NAME=SPEK1 MODE=CQC ANG=0  
DAMP=.05  
ACC=U1 FUNC=UBC1997 SF=9.5  
ACC=U2 FUNC=UBC1997 SF=9.6  
  
COMBO  
NAME=DLW  
LOAD=GRAFITY SF=.9  
LOAD=ANGIN SF=1.3  
NAME=DEL  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
SPEC=SPEK1 SF=1.1  
NAME=DE2  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
LOAD=TORSI SF=1.1  
NAME=DE3  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
LOAD=TORSI SF=1.1  
SPEC=SPEK1 SF=1.1  
NAME=SEVERE TYPE=ENVE  
COMB=DLW SF=1  
COMB=DEL SF=1  
COMB=DE2 SF=1  
COMB=DE3 SF=1  
NAME=VUK  
LOAD=GRAFITY SF=1.05  
SPEC=SPEK1 SF=2.1  
LOAD=TORSI SF=2.1  
LOAD=MATI SF=1.05  
LOAD=HIDUP SF=1.05  
NAME=MUK1  
LOAD=GRAFITY SF=1.05  
SPEC=SPEK1 SF=1.05  
LOAD=TORSI SF=1.05  
LOAD=MATI SF=1.05  
LOAD=HIDUP SF=1.05  
NAME=MUK2  
LOAD=GRAFITY SF=1.05  
SPEC=SPEK1 SF=1.365  
LOAD=TORSI SF=1.365  
LOAD=MATI SF=1.05  
LOAD=HIDUP SF=1.05  
NAME=DIE  
LOAD=GRAFITY SF=.9  
SPEC=SPEK1 SF=.9  
LOAD=TORSI SF=.9  
NAME=D2E  
LOAD=GRAFITY SF=.4  
SPEC=SPEK1 SF=1.6  
LOAD=TORSI SF=1.6  
NAME=UBCD1E  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
LOAD=TORSI SF=1.1  
SPEC=SPEK1 SF=1.1  
NAME=UBCD2E  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
LOAD=TORSI SF=2.2  
SPEC=SPEK1 SF=2.2  
NAME=COMBI1  
LOAD=GRAFITY SF=1.05  
LOAD=MATI SF=1.05  
LOAD=ANGIN SF=1.275  
LOAD=HIDUP SF=1.275  
NAME=COMB2  
LOAD=GRAFITY SF=.9  
LOAD=MATI SF=.9  
LOAD=ANGIN SF=1.3  
NAME=COMB3  
LOAD=GRAFITY SF=1.32  
LOAD=MATI SF=1.32  
LOAD=HIDUP SF=1.1  
SPEC=SPEK1 SF=1.1  
LOAD=TORSI SF=1.1  
NAME=COMB4  
LOAD=GRAFITY SF=.99  
LOAD=MATI SF=.99  
SPEC=SPEK1 SF=1.1  
LOAD=TORSI SF=1.1  
NAME=FZ  
LOAD=GRAFITY SF=1  
LOAD=MATI SF=1  
  
OUTPUT  
; No Output Requested  
END  
  
; The following data is used for graphics,  
design and pushover analysis.  
; If changes are made to the analysis data  
above, then the following data  
; should be checked for consistency.  
SAP2000 V7.40 SUPPLEMENTAL DATA  
GRID GLOBAL X "1" -17.25  
GRID GLOBAL X "2" -16  
GRID GLOBAL X "3" -15  
GRID GLOBAL X "4" -14  
GRID GLOBAL X "5" -13  
GRID GLOBAL X "6" -12  
GRID GLOBAL X "7" -11.5  
GRID GLOBAL X "8" -10.9  
GRID GLOBAL X "9" -10  
GRID GLOBAL X "10" -9  
GRID GLOBAL X "11" -8  
GRID GLOBAL X "12" -7  
GRID GLOBAL X "13" -6  
GRID GLOBAL X "14" -5  
GRID GLOBAL X "15" -4  
GRID GLOBAL X "16" -3  
GRID GLOBAL X "17" -2  
GRID GLOBAL X "18" -1  
GRID GLOBAL X "19" 0  
GRID GLOBAL X "20" 1  
GRID GLOBAL X "21" 2  
GRID GLOBAL X "22" 3  
GRID GLOBAL X "23" 4  
GRID GLOBAL X "24" 5  
GRID GLOBAL X "25" 5.5  
GRID GLOBAL X "26" 6  
GRID GLOBAL X "27" 7  
GRID GLOBAL X "28" 8  
GRID GLOBAL X "29" 9  
GRID GLOBAL X "30" 10  
GRID GLOBAL X "31" 11  
GRID GLOBAL X "32" 11.5  
GRID GLOBAL X "33" 12  
GRID GLOBAL X "34" 13  
GRID GLOBAL X "35" 14  
GRID GLOBAL X "36" 15  
GRID GLOBAL X "37" 16  
GRID GLOBAL X "38" 17.25  
GRID GLOBAL Y "39" -14.25  
GRID GLOBAL Y "40" -13  
GRID GLOBAL Y "41" -12  
GRID GLOBAL Y "42" -10
```

LAMPIRAN

```
GRID GLOBAL Y "43" -9
GRID GLOBAL Y "44" -8
GRID GLOBAL Y "45" -7
GRID GLOBAL Y "46" -6
GRID GLOBAL Y "47" -5.5
GRID GLOBAL Y "48" -5
GRID GLOBAL Y "49" -4
GRID GLOBAL Y "50" -3
GRID GLOBAL Y "51" -2
GRID GLOBAL Y "52" -1
GRID GLOBAL Y "53" 0
GRID GLOBAL Y "54" 1
GRID GLOBAL Y "55" 2
GRID GLOBAL Y "56" 3
GRID GLOBAL Y "57" 4
GRID GLOBAL Y "58" 4.5
GRID GLOBAL Y "59" 5
GRID GLOBAL Y "60" 6
GRID GLOBAL Y "61" 7
GRID GLOBAL Y "62" 8
GRID GLOBAL Y "63" 9
GRID GLOBAL Y "64" 9.25
GRID GLOBAL Z "65" 0
GRID GLOBAL Z "66" 4
GRID GLOBAL Z "67" 8
GRID GLOBAL Z "68" 12
GRID GLOBAL Z "69" 16
GRID GLOBAL Z "70" 20
GRID GLOBAL Z "71" 24
GRID GLOBAL Z "72" 28
GRID GLOBAL Z "73" 32
GRID GLOBAL Z "74" 36
MATERIAL STEEL FY 2.531051E+07
MATERIAL CONC FYREBAR 4.218418E+07
FYSHEAR 2.812279E+07 FC 2812279
FCSHEAR 2812279
MATERIAL BETON FYREBAR 3.261978E+07
FYSHEAR 3.058104E+07 FC 3058104
FCSHEAR 3058104
MATERIAL BETONSW FYREBAR
4.077472E+07 FYSHEAR 3.792049E+07 FC
3567780 FCSHEAR 3567780
CONCRETESECTION B135X70 BEAM
COVERTOP .04 COVERBOTTOM .04
CONCRETESECTION BANAK BEAM COVERTOP
.03 COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION KOL80X80 COLUMN
COVER .04 REBAR RR-4-4
CONCRETESECTION BLJAR BEAM COVERTOP
.03 COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION BANAKI BEAM
COVERTOP .03 COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION B1135X70 BEAM
COVERTOP .04 COVERBOTTOM .04
CONCRETESECTION B1135X85 BEAM
COVERTOP .04 COVERBOTTOM .04
STATICLOAD GRAFITY TYPE DEAD
STATICLOAD MATI TYPE DEAD
STATICLOAD MIDUP TYPE LIVE
STATICLOAD ANGIN TYPE WIND
STATICLOAD DISPLACE TYPE OTHER
STATICLOAD TORSI TYPE QUAKE
END SUPPLEMENTAL DATA
```

Program SAP2000 Nonlinier Version 7.42

Input Files : Pemodelan 2
Project : Modifikasi Perencanaan Gedung
Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur
Dengan Metoda Pracetak Memakai
Building Frame System.
Satuan : Kg.m

```
; File C:\DARMA\TA\UPN Pemodelan 2
Terbaru.S2k saved 10/12/03 2:57:50 in
Kgf-m

SYSTEM
DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m
FORCE=Kgf PAGE=SECTIONS

JOINT
1 X=-16 Y=8 Z=36
2 X=-12 Y=8 Z=36
3 X=-8 Y=8 Z=36
4 X=-3 Y=8 Z=36
5 X=3 Y=8 Z=36
6 X=8 Y=8 Z=36
7 X=12 Y=-10 Z=36
8 X=16 Y=8 Z=36
9 X=-16 Y=7 Z=36
10 X=12 Y=-10 Z=32
11 X=-8 Y=7 Z=36
12 X=8 Y=7 Z=36
13 X=12 Y=-10 Z=28
14 X=16 Y=7 Z=36
15 X=12 Y=-10 Z=24
16 X=12 Y=-10 Z=20
17 X=-8 Y=1 Z=36
18 X=-3 Y=1 Z=36
19 X=3 Y=1 Z=36
20 X=8 Y=1 Z=36
21 X=12 Y=-10 Z=16
22 X=12 Y=-10 Z=12
23 X=-3 Y=-3 Z=0
24 X=-16 Y=-3 Z=36
25 X=12 Y=-10 Z=8
26 X=-8 Y=-3 Z=36
27 X=-3 Y=-3 Z=36
28 X=3 Y=-3 Z=36
29 X=8 Y=-3 Z=36
30 X=12 Y=-10 Z=4
31 X=16 Y=-3 Z=36
32 X=3 Y=-3 Z=0
33 X=-12 Y=4.5 Z=36
34 X=8 Y=-3 Z=0
35 X=-12 Y=4.5 Z=32
36 X=-8 Y=-7 Z=36
37 X=-3 Y=-7 Z=36
38 X=3 Y=-7 Z=36
39 X=8 Y=-7 Z=36
40 X=-12 Y=4.5 Z=28
41 X=-12 Y=4.5 Z=24
42 X=-12 Y=4.5 Z=20
43 X=-16 Y=-12 Z=36
44 X=-12 Y=4.5 Z=16
45 X=-8 Y=-12 Z=36
46 X=8 Y=-12 Z=36
47 X=12 Y=-12 Z=36
48 X=16 Y=-12 Z=36
49 X=-16 Y=-13 Z=36
50 X=-12 Y=4.5 Z=12
51 X=-8 Y=-13 Z=36
52 X=-3 Y=-13 Z=36
53 X=3 Y=-13 Z=36
54 X=8 Y=-13 Z=36
55 X=-12 Y=4.5 Z=8
56 X=16 Y=-13 Z=36
57 X=-12 Y=4.5 Z=4
58 X=-17.25 Y=8 Z=36
59 X=-17.25 Y=7 Z=36
60 X=-17.25 Y=1 Z=36
61 X=-17.25 Y=-7 Z=36
62 X=-17.25 Y=-12 Z=36
63 X=-17.25 Y=-13 Z=36
64 X=17.25 Y=8 Z=36
65 X=17.25 Y=7 Z=36
66 X=17.25 Y=1 Z=36
67 X=-11 Y=4.5 Z=36
68 X=17.25 Y=-7 Z=36
69 X=17.25 Y=-12 Z=36
70 X=17.25 Y=-13 Z=36
71 X=-8 Y=9.25 Z=36
72 X=-3 Y=9.25 Z=36
73 X=3 Y=9.25 Z=36
74 X=8 Y=9.25 Z=36
75 X=-8 Y=-10 Z=36
76 X=-3 Y=-10 Z=36
```

LAMPIRAN

77 X=3 Y=-10 Z=36
78 X=8 Y=-10 Z=36
79 X=-8 Y=4.5 Z=36
80 X=-3 Y=4.5 Z=36
81 X=3 Y=4.5 Z=36
82 X=8 Y=4.5 Z=36
83 X=-11 Y=7 Z=36
84 X=-11 Y=4.5 Z=32
85 X=-11 Y=7 Z=32
86 X=-11 Y=4.5 Z=28
87 X=-17.25 Y=8 Z=32
88 X=-16 Y=8 Z=32
89 X=-12 Y=8 Z=32
90 X=-17.25 Y=7 Z=32
91 X=-16 Y=7 Z=32
92 X=-11 Y=7 Z=28
93 X=-11 Y=4.5 Z=24
94 X=-11 Y=7 Z=24
95 X=-16 Y=7 Z=32
96 X=-11 Y=7 Z=28
97 X=-11 Y=4.5 Z=24
98 X=-11 Y=7 Z=24
99 X=-11 Y=4.5 Z=20
100 X=-8 Y=9.25 Z=32
101 X=-3 Y=9.25 Z=32
102 X=-8 Y=8 Z=32
103 X=-3 Y=8 Z=32
104 X=-8 Y=7 Z=32
105 X=-8 Y=4.5 Z=32
106 X=-3 Y=4.5 Z=32
107 X=-8 Y=1 Z=32
108 X=-3 Y=1 Z=32
109 X=-11 Y=7 Z=20
110 X=-11 Y=4.5 Z=16
111 X=-11 Y=7 Z=16
112 X=-17.25 Y=1 Z=32
113 X=-16 Y=1 Z=32
114 X=2.220446E-15 Y=-3 Z=0
115 X=-16 Y=-7 Z=32
116 X=-16 Y=-3 Z=32
117 X=16 Y=-13 Z=0
118 X=-11 Y=4.5 Z=12
119 X=-11 Y=7 Z=12
120 X=-8 Y=-3 Z=32
121 X=-8 Y=-7 Z=32
122 X=-17.25 Y=-7 Z=32
123 X=-17.25 Y=-12 Z=32
124 X=-17.25 Y=-13 Z=32
125 X=-16 Y=-12 Z=32
126 X=-16 Y=-13 Z=32
127 X=-11 Y=4.5 Z=8
128 X=-11 Y=7 Z=8
129 X=-8 Y=-10 Z=32
130 X=-8 Y=-12 Z=32
131 X=-8 Y=-13 Z=32
132 X=3 Y=9.25 Z=32
133 X=8 Y=9.25 Z=32
134 X=8 Y=8 Z=32
135 X=8 Y=7 Z=32
136 X=3 Y=4.5 Z=32
137 X=8 Y=1 Z=32
138 X=3 Y=8 Z=32
139 X=3 Y=4.5 Z=32
140 X=3 Y=1 Z=32

dst.....

964 X=0 Y=-7 Z=36
965 X=0 Y=-7 Z=32
966 X=0 Y=-7 Z=32
967 X=0 Y=-7 Z=24
968 X=0 Y=-7 Z=00
969 X=0 Y=-7 Z=16
970 X=0 Y=-7 Z=12
971 X=0 Y=-7 Z=8
972 X=0 Y=-7 Z=4

RESTRINT

ADD=883 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=884 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=891 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=892 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=893 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=894 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=903 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=906 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=907 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=908 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=919 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=920 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=561 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=567 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=700 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=769 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=861 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=867 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=883 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=887 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=890 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=895 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=899 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=901 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=188 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=167 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=378 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=380 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=117 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=819 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=259 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=260 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=264 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=268 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=114 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

CONSTRAINT

NAME=LANTAI2 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
ADD=785
ADD=786
ADD=787
ADD=788
ADD=789
ADD=794
ADD=795
ADD=796
ADD=797
ADD=799
ADD=800
ADD=801
ADD=802
ADD=803
ADD=807
ADD=812
ADD=816
ADD=817
ADD=818
ADD=820
ADD=821
ADD=822

Dst.....

NAME=LANTAI3 TYPE=DIAPH AXIS=Z CSYS=0
ADD=687
ADD=688
ADD=689
ADD=690

LAMPIRAN

```
ADD=691          ADD=505
ADD=696          ADD=506
ADD=697          ADD=507
ADD=698          ADD=508
ADD=699          ADD=509
ADD=701          ADD=513
ADD=702          ADD=518
ADD=703          ADD=522
ADD=704          ADD=523
ADD=705          ADD=524
ADD=709          ADD=526
ADD=714          ADD=527
ADD=718          Dst.....
ADD=719          NAME=LANTAI6  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
ADD=720          ADD=393
ADD=722          ADD=394
ADD=723          ADD=395
ADD=724          ADD=396
ADD=725          ADD=397
ADD=726          Dst.....
NAME=LANTAI4  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
ADD=584          ADD=402
ADD=590          ADD=403
ADD=591          ADD=404
ADD=592          ADD=405
ADD=593          ADD=407
ADD=598          ADD=408
ADD=599          ADD=409
ADD=600          ADD=410
ADD=601          ADD=411
ADD=603          ADD=415
ADD=604          ADD=420
ADD=605          ADD=424
ADD=606          ADD=425
ADD=607          ADD=426
ADD=611          ADD=428
ADD=616          ADD=429
ADD=620          ADD=430
ADD=621          ADD=431
ADD=622          ADD=434
ADD=624          ADD=435
ADD=625          ADD=437
ADD=626          ADD=438
ADD=627          ADD=439
ADD=630          ADD=440
ADD=631          ADD=441
ADD=633          ADD=442
ADD=634          ADD=443
ADD=635          ADD=444
ADD=636          ADD=445
ADD=637          Dst.....
ADD=638          NAME=LANTAI7  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
ADD=639          ADD=295
ADD=640          ADD=296
ADD=641          ADD=297
ADD=636          ADD=298
ADD=637          ADD=299
ADD=638          ADD=304
ADD=639          ADD=305
ADD=640          ADD=306
ADD=641          ADD=307
NAME=LANTAI5  TYPE=DIAPH  AXIS=Z  CSYS=0
ADD=491          ADD=309
ADD=492          ADD=310
ADD=493          ADD=311
ADD=494          ADD=312
ADD=495          ADD=313
ADD=500          ADD=317
ADD=501          ADD=322
ADD=502          ADD=326
ADD=503          ADD=327
ADD=504          ADD=328
```

LAMPIRAN

```
ADD=330          ADD=12
ADD=331          ADD=14
ADD=15          ADD=17
Dst.....          ADD=18
NAME=LANTAI8    TYPE=DIAPH  AXIS=2
CSYS=0          ADD=19
ADD=181          ADD=20
ADD=182          ADD=24
ADD=199          ADD=26
ADD=200          ADD=27
ADD=201          ADD=28
ADD=206          ADD=29
ADD=207          ADD=31
ADD=208          ADD=36
ADD=209          ADD=37
ADD=211          ADD=38
ADD=212          ADD=39
ADD=213          ADD=43
ADD=214          ADD=45
ADD=215          ADD=46
ADD=219          ADD=47
ADD=224          ADD=48
ADD=228          ADD=49
ADD=229          ADD=51
ADD=230          ADD=52
ADD=232          ADD=53
ADD=233          ADD=54
ADD=234          ADD=56
ADD=235          ADD=58
ADD=236          ADD=59
ADD=239          ADD=60
ADD=241          ADD=61
ADD=242          ADD=62
ADD=243          ADD=63
Dst.....          ADD=64
NAME=LANTAI9    TYPE=DIAPH  AXIS=2
CSYS=0          ADD=65
ADD=91           ADD=66
ADD=92           ADD=68
ADD=93           ADD=69
ADD=94           ADD=70
ADD=95           ADD=71
ADD=100          ADD=72
ADD=101          ADD=73
ADD=102          ADD=74
ADD=103          ADD=75
ADD=104          ADD=76
ADD=105          ADD=77
ADD=106          ADD=78
ADD=107          ADD=79
ADD=108          ADD=80
ADD=112          ADD=81
ADD=116          ADD=82
ADD=120          ADD=515
ADD=107          ADD=828
ADD=118          ADD=865
ADD=121          ADD=869
ADD=122          ADD=886
PATTERN
NAME=DEFAULT
NAME=ATAP    TYPE=DIAPH  AXIS=2
CSYS=0          MASS
ADD=1           ADD=588  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=2           ADD=575  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=3           ADD=574  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=4           ADD=534  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=5           ADD=519  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=6           ADD=517  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=8           ADD=516  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=9           ADD=514  U1=78878.21  U2=78878.21
ADD=11          ADD=515  U1=60166.87  U2=60166.87
```

LAMPIRAN

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=798.142
W=7833.414
T=0 E=2.038902E+10 U=.3
A=.0000117 FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8012
W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2
A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=244.8012
W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2
A=.0000099
NAME=BETON IDES=C M=244.648
W=2400
T=0 E=2.624E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=BETONSW IDES=C M=244.648
W=2400
T=0 E=2.634E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION
NAME=B135X70 MAT=BETON SH=R T=.7,.35
A=.245 J=5.495414E-03 I=8.003334E-03, 2.000833E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=BANAK MAT=BETON SH=R T=.4,.3
A=.12 J=1.555081E-03 I=.00128,.00072
AS=.1,.1
NAME=KOL80X80 MAT=BETON SH=R T=.8,.8
A=.64 J=4.614827E-02 I=2.730667E-02, 2.730667E-02 AS=.5333334,.5333334
NAME=BLUAR MAT=BETON SH=R T=.3,.15
A=.045 J=1.85393E-04 I=.00027,.0000675
AS=.0375,.0375
NAME=BANAK1 MAT=BETON SH=R T=.4,.3
A=.12 J=1.555081E-03 I=.00128,.00072
AS=.1,.1
NAME=BBI35X70 MAT=BETON SH=R
T=.7,.35 A=.245 J=5.495414E-03
I=8.003334E-03, 2.000833E-03
AS=.2041667,.2041667
NAME=B135X85 MAT=BETON SH=R
T=.85,.35 A=.2975 J=7.203323E-03
I=1.432958E-02, 2.429583E-03
AS=.2479167,.2479167

SHELL SECTION
NAME=SSEC1 MAT=CONC
TYPE=Shell, Thin TH=1
NAME=SWALLX MAT=BETON
TYPE=Shell, Thin TH=.4
NAME=SWALLY MAT=BETON
TYPE=Shell, Thin TH=.4

FRAME
1 J=58,1 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
2 J=1,2 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
3 J=59,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
4 J=86,31 SEC=BI35X85 NSEG=4
ANG=0
5 J=31,865 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
6 J=613,24 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
7 J=58,59 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
8 J=1,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
9 J=220,166 SEC=BI35X85 NSEG=4
ANG=0
10 J=612,116 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
11 J=614,224 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
12 J=71,72 SEC=BLUAR NSEG=4
ANG=0

13 J=2,3 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
dst.
1546 J=549,969 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1547 J=969,550 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1548 J=647,970 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1549 J=970,648 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1550 J=745,971 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1551 J=971,746 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1552 J=843,972 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0
1553 J=972,844 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0

SHELL
1 J=178,220,56,686 SEC=SSEC1
2 J=291,225,178,220 SEC=SSEC1
3 J=141,514,27,515 SEC=SWALLX
4 J=251,516,141,514 SEC=SWALLX
5 J=349,517,251,516 SEC=SWALLX
6 J=447,519,349,517 SEC=SWALLX
7 J=545,534,447,519 SEC=SWALLX
8 J=643,574,545,534 SEC=SWALLX
9 J=741,575,643,574 SEC=SWALLX
10 J=839,588,741,575 SEC=SWALLX
11 J=389,281,291,225 SEC=SSEC1
12 J=23,114,839,588 SEC=SWALLX
13 J=514,142,515,28 SEC=SWALLX
14 J=516,252,514,142 SEC=SWALLX
15 J=517,350,516,252 SEC=SWALLX
16 J=519,448,517,350 SEC=SWALLX
17 J=534,546,519,448 SEC=SWALLX
18 J=574,644,534,546 SEC=SWALLX
19 J=575,742,574,644 SEC=SWALLX
20 J=588,840,575,742 SEC=SWALLX
21 J=114,32,588,840 SEC=SWALLX
22 J=487,320,389,281 SEC=SSEC1
23 J=585,365,487,320 SEC=SSEC1
24 J=683,379,585,365 SEC=SSEC1
25 J=781,418,683,379 SEC=SSEC1
26 J=879,463,781,418 SEC=SSEC1
27 J=117,887,879,463 SEC=SSEC1
28 J=113,95,828,9 SEC=SSEC1
30 J=222,201,113,95 SEC=SSEC1
31 J=273,299,222,201 SEC=SSEC1
32 J=294,397,273,299 SEC=SSEC1
33 J=321,495,294,397 SEC=SSEC1
34 J=371,593,321,495 SEC=SSEC1
35 J=392,691,371,593 SEC=SSEC1
36 J=419,789,392,691 SEC=SSEC1
37 J=861,561,419,789 SEC=SSEC1
43 J=195,35,198,33 SEC=SSEC1
53 J=95,196,9,197 SEC=SSEC1
54 J=201,217,95,196 SEC=SSEC1
55 J=299,231,201,217 SEC=SSEC1
56 J=397,253,299,231 SEC=SSEC1
57 J=495,280,397,253 SEC=SSEC1
58 J=593,315,495,280 SEC=SSEC1
59 J=691,329,593,315 SEC=SSEC1
60 J=789,370,691,329 SEC=SSEC1
61 J=561,380,789,370 SEC=SSEC1
64 J=35,196,33,197 SEC=SSEC1
65 J=210,40,195,35 SEC=SSEC1
66 J=40,217,35,196 SEC=SSEC1
67 J=221,41,210,40 SEC=SSEC1
68 J=41,231,40,217 SEC=SSEC1

LAMPIRAN

```
69 J=240,42,221,41 SEC=SSEC1          ADD=42 UZ=-1
70 J=42,253,41,231 SEC=SSEC1          ADD=43 UZ=-1
71 J=272,44,240,42 SEC=SSEC1          ADD=46 UZ=-1
72 J=44,280,42,253 SEC=SSEC1
73 J=282,50,272,44 SEC=SSEC1
74 J=50,315,44,280 SEC=SSEC1
75 J=319,55,282,50 SEC=SSEC1          Dst...
76 J=55,329,50,315 SEC=SSEC1          TYPE=GRAVITY ELEM=SHELL
77 J=351,57,319,55 SEC=SSEC1          ADD=3 UZ=-1
78 J=57,370,55,329 SEC=SSEC1          ADD=4 UZ=-1
79 J=378,259,351,57 SEC=SSEC1          ADD=5 UZ=-1
80 J=259,380,57,370 SEC=SSEC1          ADD=6 UZ=-1
81 J=143,175,168,47 SEC=SSEC1          ADD=7 UZ=-1
82 J=175,10,47,7 SEC=SSEC1          ADD=8 UZ=-1
83 J=143,178,168,56 SEC=SSEC1          ADD=9 UZ=-1
84 J=183,291,143,178 SEC=SSEC1          ADD=10 UZ=-1
85 J=185,389,183,291 SEC=SSEC1          ADD=12 UZ=-1
86 J=187,487,185,389 SEC=SSEC1          ADD=13 UZ=-1
87 J=190,585,187,487 SEC=SSEC1          ADD=14 UZ=-1
88 J=192,683,190,585 SEC=SSEC1          ADD=15 UZ=-1
89 J=194,781,192,683 SEC=SSEC1
90 J=811,879,194,781 SEC=SSEC1          Dst...
91 J=819,117,811,879 SEC=SSEC1          NAME=MATI CSYS=0
92 J=10,161,7,162 SEC=SSEC1          NAME=HIDUP CSYS=0
93 J=183,288,143,175 SEC=SSEC1          NAME=ANGIN CSYS=0
94 J=288,13,175,10 SEC=SSEC1          TYPE=FORCE
95 J=13,184,10,161 SEC=SSEC1          ADD=9 UX=832.68 UY=1222.45
96 J=185,386,183,288 SEC=SSEC1          ADD=56 UX=832.68 UY=1222.45
97 J=386,15,286,13 SEC=SSEC1          ADD=828 UX=832.68 UY=1222.45
98 J=15,186,13,184 SEC=SSEC1          ADD=886 UX=832.68 UY=1222.45
99 J=187,484,185,386 SEC=SSEC1          ADD=197 UX=832.68 UY=1222.45
100 J=484,15,386,15 SEC=SSEC1          ADD=198 UX=832.68 UY=1222.45
101 J=16,189,15,186 SEC=SSEC1          ADD=162 UX=832.68 UY=1222.45
102 J=190,582,187,484 SEC=SSEC1          ADD=168 UX=832.68 UY=1222.45
103 J=582,21,484,16 SEC=SSEC1          ADD=95 UX=1216.03 UY=1785.2
104 J=21,191,16,189 SEC=SSEC1          ADD=178 UX=1216.03 UY=1785.2
105 J=192,680,190,582 SEC=SSEC1          ADD=113 UX=1216.03 UY=1785.2
106 J=680,22,582,21 SEC=SSEC1          ADD=220 UX=1216.03 UY=1785.2
107 J=22,193,21,191 SEC=SSEC1          ADD=195 UX=1216.03 UY=1785.2
108 J=194,778,192,680 SEC=SSEC1          ADD=196 UX=1216.03 UY=1785.2
109 J=778,25,680,22 SEC=SSEC1          ADD=143 UX=1216.03 UY=1785.2
110 J=25,610,22,193 SEC=SSEC1          ADD=161 UX=1216.03 UY=1785.2
111 J=811,876,194,778 SEC=SSEC1          ADD=201 UX=1192.8 UY=1751.16
112 J=876,30,778,25 SEC=SSEC1          ADD=291 UX=1192.8 UY=1751.16
113 J=30,813,25,810 SEC=SSEC1          ADD=222 UX=1192.8 UY=1751.16
114 J=819,260,811,876 SEC=SSEC1          ADD=225 UX=1192.8 UY=1751.16
115 J=260,264,876,30 SEC=SSEC1          ADD=210 UX=1192.8 UY=1751.16
116 J=264,268,30,813 SEC=SSEC1          ADD=217 UX=1192.8 UY=1751.16
LOAD
NAME=GRAVITY SW-1 CSYS=0
TYPE=GRAVITY ELEM=FRAME
ADD=1 UZ=-1
ADD=2 UZ=-1
ADD=3 UZ=-1
ADD=7 UZ=-1
ADD=8 UZ=-1
ADD=12 UZ=-1
ADD=13 UZ=-1
ADD=14 UZ=-1
ADD=16 UZ=-1
ADD=17 UZ=-1
ADD=19 UZ=-1
ADD=20 UZ=-1
ADD=21 UZ=-1
ADD=22 UZ=-1
ADD=23 UZ=-1
ADD=25 UZ=-1
ADD=26 UZ=-1
ADD=27 UZ=-1
ADD=29 UZ=-1
ADD=39 UZ=-1
ADD=40 UZ=-1
ADD=299 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=389 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=273 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=281 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=221 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=231 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=185 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=186 UX=1167.19 UY=1713.5
ADD=397 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=487 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=294 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=320 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=240 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=253 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=187 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=189 UX=1135.28 UY=1666.69
ADD=495 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=585 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=321 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=365 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=272 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=290 UX=1099.99 UY=1614.8
ADD=190 UX=1099.99 UY=1614.8
```

LAMPIRAN

```
ADD=191 UX=1099.99 UY=1614.9 .9 .444
ADD=593 UX=1061.31 UY=1558.09 1 .4
ADD=683 UX=1061.31 UY=1558.09 1.5 .267
ADD=371 UX=1061.31 UY=1558.09 2 .2
ADD=379 UX=1061.31 UY=1558.09 2.5 .16
ADD=282 UX=1061.31 UY=1558.09 3 .133
ADD=315 UX=1061.31 UY=1558.09 5 .08
ADD=192 UX=1061.31 UY=1558.09
ADD=193 UX=1061.31 UY=1558.09 SPEC
ADD=691 UX=1010.54 UY=1483.56 NAME=SPEK1 MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
ADD=781 UX=1010.54 UY=1483.56 ACC=U1 FUNC=UBC1997 SF=9.8
ADD=392 UX=1010.54 UY=1483.56 ACC=U2 FUNC=UBC1997 SF=9.8
ADD=418 UX=1010.54 UY=1483.56
ADD=319 UX=1010.54 UY=1483.56 COMBO
ADD=329 UX=1010.54 UY=1483.56 NAME=DLW TYPE=SRSS
ADD=194 UX=1010.54 UY=1483.56 LOAD=GRAFITY SF=.9
ADD=810 UX=1010.54 UY=1483.56 LOAD=ANGIN SF=1.3
ADD=789 UX=942.84 UY=1384.18 NAME=DE1 TYPE=SRSS
ADD=879 UX=942.84 UY=1384.18 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=419 UX=942.84 UY=1384.18 SPEC=SPEK1 SF=1.1
ADD=463 UX=942.84 UY=1384.18 NAME=DE2 TYPE=SRSS
ADD=351 UX=942.84 UY=1384.18 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=370 UX=942.84 UY=1384.18 LOAD=TORSI SF=1.1
ADD=811 UX=942.84 UY=1384.18 NAME=DE3 TYPE=SRSS
ADD=813 UX=942.84 UY=1384.18 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=27 UX=657.4 UY=965.13 LOAD=TORSI SF=1.1
ADD=28 UX=657.4 UY=965.13 SPEC=SPEK1 SF=1.1
ADD=141 UX=960.06 UY=1409.4 NAME=SEVERE TYPE=ENVE
ADD=142 UX=960.06 UY=1409.4 COMB=DLW SF=1
ADD=251 UX=941.73 UY=1382.5 COMB=DE1 SF=1
ADD=252 UX=941.73 UY=1382.5 COMB=DE2 SF=1
ADD=349 UX=921.5 UY=1352.8 COMB=DE3 SF=1
ADD=350 UX=921.5 UY=1352.8 NAME=VUK TYPE=SRSS
ADD=447 UX=896.3 UY=1315.8 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=448 UX=896.3 UY=1315.8 SPEC=SPEK1 SF=2.1
ADD=548 UX=868.4 UY=1274.9 LOAD=TORSI SF=2.1
ADD=546 UX=868.4 UY=1274.9 LOAD=MATI SF=1.05
ADD=643 UX=837.9 UY=1230.1 LOAD=HIDUP SF=1.05
ADD=644 UX=837.9 UY=1230.1 NAME=MUK1 TYPE=SRSS
ADD=741 UX=797.8 UY=1171.27 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=742 UX=797.8 UY=1171.27 SPEC=SPEK1 SF=1.05
ADD=839 UX=744.38 UY=1092.815 LOAD=TORSI SF=1.05
ADD=840 UX=744.38 UY=1092.815 LOAD=MATI SF=1.05
LOAD=MATI SF=1.05
NAME=DISPLACE CSYS=0 LOAD=HIDUP SF=1.05
NAME=TORSI CSYS=0 NAME=MUK2 TYPE=SRSS
TYPE=FORCE LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=515 RX=156250.8 SPEC=SPEK1 SF=1.365
RY=125211.4 LOAD=TORSI SF=1.365
ADD=514 RX=217042 RY=145911 LOAD=MATI SF=1.05
ADD=516 RX=189912 RY=127672 LOAD=HIDUP SF=1.05
ADD=517 RX=162762 RY=109433 NAME=DIE TYPE=SRSS
ADD=519 RX=135651 RY=91194 LOAD=GRAFITY SF=.9
ADD=534 RX=108521 RY=72955 SPEC=SPEK1 SF=.9
ADD=574 RX=81390 RY=54716 LOAD=TORSI SF=.9
ADD=575 RX=54260 RY=36477 NAME=D2E TYPE=SRSS
ADD=588 RX=27130 RY=18238 LOAD=GRAFITY SF=.9
NAME=UBCD1E TYPE=SRSS
TYPE=EIGEN N=10 TOL=.00001 LOAD=GRAFITY SF=.99
RESMASS=Y LOAD=TORSI SF=1.1
SPEC=SPEK1 SF=1.1
FUNCTION NAME=UBCD2E TYPE=SRSS
NAME=UBCD1E TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=.99
LOAD=TORSI SF=2.2
SPEC=SPEK1 SF=2.2
NAME=COMB1 TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=1.05
LOAD=MATI SF=1.05
LOAD=ANGIN SF=1.275
LOAD=HIDUP SF=1.275
NAME=COMB2 TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=.9
```

LAMPIRAN

```
LOAD=MATI SF=.9
LOAD=ANGIN SF=1.3
NAME=COMB3 TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=1.32
LOAD=MATI SF=1.32
LOAD=HIDUP SF=1.1
SPEC=SPEK1 SF=1.1
NAME=COMB4 TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=.99
LOAD=MATI SF=.99
SPEC=SPEK1 SF=1.1
NAME=TPFAKTOR TYPE=SRSS
LOAD=GRAFITY SF=1
SPEC=SPEK1 SF=1
LOAD=MATI SF=1
LOAD=HIDUP SF=1
LOAD=ANGIN SF=1

OUTPUT
; No Output Requested

END

; The following data is used for
graphics, design and pushover
analysis.
; If changes are made to the analysis
data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.40 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" -17.25
GRID GLOBAL X "2" -16
GRID GLOBAL X "3" -19
GRID GLOBAL X "4" -14
GRID GLOBAL X "5" -13
GRID GLOBAL X "6" -12
GRID GLOBAL X "7" -11.5
GRID GLOBAL X "8" -10.9
GRID GLOBAL X "9" -10
GRID GLOBAL X "10" -9
GRID GLOBAL X "11" -8
GRID GLOBAL X "12" -7
GRID GLOBAL X "13" -6
GRID GLOBAL X "14" -5
GRID GLOBAL X "15" -4
GRID GLOBAL X "16" -3
GRID GLOBAL X "17" -2
GRID GLOBAL X "18" -1
GRID GLOBAL X "19" 0
GRID GLOBAL X "20" 1
GRID GLOBAL X "21" 2
GRID GLOBAL X "22" 3
GRID GLOBAL X "23" 4
GRID GLOBAL X "24" 5
GRID GLOBAL X "25" 5.5
GRID GLOBAL X "26" 6
GRID GLOBAL X "27" 7
GRID GLOBAL X "28" 8
GRID GLOBAL X "29" 9
GRID GLOBAL X "30" 10
GRID GLOBAL X "31" 11
GRID GLOBAL X "32" 11.5
GRID GLOBAL X "33" 12
GRID GLOBAL X "34" 13
GRID GLOBAL X "35" 14
GRID GLOBAL X "36" 15
GRID GLOBAL X "37" 16
GRID GLOBAL X "38" 17.25
GRID GLOBAL Y "39" -13
GRID GLOBAL Y "40" -12
GRID GLOBAL Y "41" -10
GRID GLOBAL Y "42" -9
GRID GLOBAL Y "43" -8
GRID GLOBAL Y "44" -7
GRID GLOBAL Y "45" -6
GRID GLOBAL Y "46" -5.5
GRID GLOBAL Y "47" -5
GRID GLOBAL Y "48" -4
GRID GLOBAL Y "49" -3
GRID GLOBAL Y "50" -2
GRID GLOBAL Y "51" -1
GRID GLOBAL Y "52" 0
GRID GLOBAL Y "53" 1
GRID GLOBAL Y "54" 2
GRID GLOBAL Y "55" 3
GRID GLOBAL Y "56" 4
GRID GLOBAL Y "57" 4.5
GRID GLOBAL Y "58" 5
GRID GLOBAL Y "59" 6
GRID GLOBAL Y "60" 7
GRID GLOBAL Y "61" 8
GRID GLOBAL Y "62" 9
GRID GLOBAL Y "63" 9.25
GRID GLOBAL Z "64" 0
GRID GLOBAL Z "65" 4
GRID GLOBAL Z "66" 8
GRID GLOBAL Z "67" 12
GRID GLOBAL Z "68" 16
GRID GLOBAL Z "69" 20
GRID GLOBAL Z "70" 24
GRID GLOBAL Z "71" 28
GRID GLOBAL Z "72" 32
GRID GLOBAL Z "73" 36
MATERIAL STEEL FY 2.531051E+07
MATERIAL CONC FYREBAR 4.218418E+07 FYSHEAR
2.812279E+07 FC 2812279 FCSHEAR 2812279
MATERIAL BETON FYREBAR 3.261978E+07
FYSHEAR 3.058104E+07 FC 3058104 FCSHEAR
3058104
MATERIAL BETONSW FYREBAR 4.077472E+07
FYSHEAR 3.792049E+07 FC 3567788 FCSHEAR
3567788
FRAMESECTION B135X70 J 6.869267E-03 MFJ .8
I33 1.000417E-02 MFI33 .8 I22 2.501042E-03
MFI22 .8
FRAMESECTION BANAK J 1.943851E-03 MFJ .8
I33 .0016 MFI33 .8 I22 .0009 MFI22 .8
FRAMESECTION KOL80X80 J 5.768533E-02 MFJ
.8 I33 3.413333E-02 MFI33 .8 I22 3.413333E-
02 MFI22 .8
FRAMESECTION BLUAR J 2.317412E-04 MFJ .8
I33 .0003375 MFI33 .8 I22 8.43755E-05 MFI22
.8
FRAMESECTION BANAK1 J 1.943851E-03 MFJ .8
I33 .0016 MFI33 .8 I22 .0009 MFI22 .8
FRAMESECTION B135X70 J 6.869267E-03 MFJ
.8 I33 1.000417E-02 MFI33 .8 I22 2.501042E-
03 MFI22 .8
FRAMESECTION B135X85 J 9.004153E-03 MFJ .9
I33 1.791199E-02 MFI33 .8 I22 3.036979E-03
MFI22 .8
CONCRETESECTION B135X70 BEAM COVERTOP .04
COVERBOTTOM .04
CONCRETESECTION BANAK BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION KOL80X80 COLUMN COVER .04
REBAR RR-4-4
CONCRETESECTION BLUAR BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION BANAK1 BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION B135X70 BEAM COVERTOP
.04 COVERBOTTOM .04
CONCRETESECTION B135X85 BEAM COVERTOP .04
COVERBOTTOM .04
STATICLOAD GRAFITY TYPE DEAD
```

LAMPIRAN

```
STATICLOAD MATI TYPE DEAD
STATICLOAD HIDUP TYPE LIVE
STATICLOAD ANGIN TYPE WIND
STATICLOAD DISPLACE TYPE OTHER
STATICLOAD TORSI TYPE QUAKE
END SUPPLEMENTAL DATA
```

Program SAP2000 Nonlinier Version 7.42

Input Files : Pemodelan 3
Project : Modifikasi Perencanaan Gedung
Perpustakaan UPN Veteran Jawa Timur
Dengan Metoda Pracetak Memakai
Building Frame System.
Satuan : Kg.m

```
; File C:\DARMA TA\UPN Pemodelan 3
Terbaru,$2k saved 10/12/03 3:45:56 in
Kgf-m

SYSTEM
DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m
FORCE=Kgf PAGE=SECTIONS

JOINT
1 X=-16 Y=8 Z=36
2 X=-12 Y=8 Z=36
3 X=-8 Y=8 Z=36
4 X=-3 Y=8 Z=36
5 X=3 Y=8 Z=36
6 X=8 Y=8 Z=36
7 X=12 Y=-10 Z=36
8 X=16 Y=8 Z=36
9 X=-16 Y=-7 Z=36
10 X=12 Y=-10 Z=32
11 X=-8 Y=7 Z=36
12 X=8 Y=7 Z=36
13 X=12 Y=-10 Z=28
14 X=16 Y=7 Z=36
15 X=12 Y=-10 Z=24
16 X=12 Y=-10 Z=20
17 X=-8 Y=1 Z=36
18 X=-3 Y=1 Z=36
19 X=3 Y=1 Z=36
20 X=8 Y=1 Z=36
21 X=12 Y=-10 Z=16
22 X=12 Y=-10 Z=12
23 X=-3 Y=-3 Z=0
24 X=-12 Y=-3 Z=36
25 X=12 Y=-10 Z=8
26 X=-8 Y=-3 Z=36
27 X=-3 Y=-3 Z=36
28 X=3 Y=-3 Z=36
29 X=8 Y=-3 Z=36
30 X=12 Y=-10 Z=4
31 X=16 Y=-3 Z=16
32 X=3 Y=-3 Z=0
33 X=-12 Y=4.5 Z=36
34 X=8 Y=-3 Z=0
35 X=-12 Y=4.5 Z=32
36 X=-8 Y=-7 Z=36
37 X=-3 Y=-7 Z=36
38 X=3 Y=-7 Z=36
39 X=8 Y=-7 Z=36
40 X=-12 Y=4.5 Z=28
41 X=-12 Y=4.5 Z=24
42 X=-12 Y=4.5 Z=20
43 X=-16 Y=-12 Z=36
44 X=-12 Y=4.5 Z=16
45 X=-8 Y=-12 Z=36
46 X=8 Y=-12 Z=36
47 X=12 Y=-12 Z=36
48 X=16 Y=-12 Z=36
49 X=-16 Y=-13 Z=36
50 X=-12 Y=4.5 Z=12
51 X=-8 Y=-13 Z=36
52 X=-3 Y=-13 Z=36
53 X=3 Y=-13 Z=36
54 X=8 Y=-13 Z=36
55 X=-12 Y=4.5 Z=8
56 X=16 Y=-13 Z=36
57 X=-12 Y=4.5 Z=4
58 X=-17.25 Y=8 Z=36
59 X=-17.25 Y=7 Z=36
60 X=-17.25 Y=1 Z=36
61 X=-17.25 Y=-7 Z=36
62 X=-17.25 Y=-12 Z=36
63 X=-17.25 Y=-13 Z=36
64 X=-17.25 Y=8 Z=36
65 X=-17.25 Y=7 Z=36
66 X=-17.25 Y=1 Z=36
67 X=-11 Y=4.5 Z=36
68 X=-17.25 Y=-7 Z=36
69 X=-17.25 Y=-12 Z=36
70 X=-17.25 Y=-13 Z=36
71 X=-8 Y=9.25 Z=36
72 X=-3 Y=9.25 Z=36
73 X=3 Y=9.25 Z=36
74 X=8 Y=9.25 Z=36
75 X=-8 Y=-10 Z=36
76 X=-3 Y=-10 Z=36
77 X=3 Y=-10 Z=36
78 X=8 Y=-10 Z=36
79 X=-8 Y=4.5 Z=36
80 X=-3 Y=4.5 Z=36
81 X=3 Y=4.5 Z=36
```

LAMPIRAN

82 X=8 Y=4.5 Z=36
83 X=-12 Y=7 Z=36

dst
964 X=0 Y=-7 Z=36
965 X=0 Y=-7 Z=32
966 X=0 Y=-7 Z=28
967 X=0 Y=-7 Z=24
968 X=0 Y=-7 Z=20
969 X=0 Y=-7 Z=16
970 X=0 Y=-7 Z=12
971 X=0 Y=-7 Z=8
972 X=0 Y=-7 Z=4

RESTRAINT
ADD=883 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=884 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=891 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=892 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=893 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=894 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=905 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=906 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=907 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=908 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=919 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=920 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=561 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=567 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=32 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=700 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=769 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=861 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=867 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=885 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=890 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=895 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=899 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=901 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=188 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=167 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=378 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=380 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=117 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=819 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=259 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=260 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=264 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=268 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=454 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=433 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=795 DOF=U1,U2,U3
ADD=786 DOF=U1,U2,U3
ADD=787 DOF=U1,U2,U3
ADD=788 DOF=U1,U2,U3
ADD=789 DOF=U1,U2,U3
ADD=794 DOF=U1,U2,U3
ADD=795 DOF=U1,U2,U3
ADD=796 DOF=U1,U2,U3
ADD=797 DOF=U1,U2,U3
ADD=799 DOF=U1,U2,U3
ADD=800 DOF=U1,U2,U3
ADD=801 DOF=U1,U2,U3
ADD=802 DOF=U1,U2,U3
ADD=803 DOF=U1,U2,U3
ADD=807 DOF=U1,U2,U3
ADD=812 DOF=U1,U2,U3
ADD=816 DOF=U1,U2,U3
ADD=817 DOF=U1,U2,U3
ADD=818 DOF=U1,U2,U3
ADD=820 DOF=U1,U2,U3
ADD=821 DOF=U1,U2,U3
ADD=822 DOF=U1,U2,U3
ADD=823 DOF=U1,U2,U3
ADD=826 DOF=U1,U2,U3
ADD=827 DOF=U1,U2,U3
ADD=829 DOF=U1,U2,U3
ADD=830 DOF=U1,U2,U3
ADD=831 DOF=U1,U2,U3
ADD=832 DOF=U1,U2,U3
ADD=833 DOF=U1,U2,U3
ADD=834 DOF=U1,U2,U3
ADD=835 DOF=U1,U2,U3
ADD=836 DOF=U1,U2,U3
ADD=837 DOF=U1,U2,U3
ADD=838 DOF=U1,U2,U3
ADD=839 DOF=U1,U2,U3
ADD=840 DOF=U1,U2,U3
ADD=842 DOF=U1,U2,U3
ADD=843 DOF=U1,U2,U3
ADD=844 DOF=U1,U2,U3
ADD=845 DOF=U1,U2,U3
ADD=849 DOF=U1,U2,U3
ADD=850 DOF=U1,U2,U3
ADD=851 DOF=U1,U2,U3
ADD=853 DOF=U1,U2,U3
ADD=854 DOF=U1,U2,U3
ADD=857 DOF=U1,U2,U3
ADD=858 DOF=U1,U2,U3
ADD=862 DOF=U1,U2,U3
ADD=866 DOF=U1,U2,U3
ADD=871 DOF=U1,U2,U3
ADD=872 DOF=U1,U2,U3
ADD=873 DOF=U1,U2,U3
ADD=874 DOF=U1,U2,U3
ADD=875 DOF=U1,U2,U3
ADD=876 DOF=U1,U2,U3
ADD=878 DOF=U1,U2,U3
ADD=879 DOF=U1,U2,U3
ADD=880 DOF=U1,U2,U3
ADD=881 DOF=U1,U2,U3
ADD=419 DOF=U1,U2,U3
ADD=421 DOF=U1,U2,U3
ADD=436 DOF=U1,U2,U3
ADD=463 DOF=U1,U2,U3
ADD=588 DOF=U1,U2,U3
ADD=673 DOF=U1,U2,U3
ADD=767 DOF=U1,U2,U3
ADD=351 DOF=U1,U2,U3
ADD=370 DOF=U1,U2,U3
ADD=623 DOF=U1,U2,U3
ADD=632 DOF=U1,U2,U3
ADD=645 DOF=U1,U2,U3
ADD=808 DOF=U1,U2,U3
ADD=811 DOF=U1,U2,U3
ADD=813 DOF=U1,U2,U3
ADD=915 DOF=U1,U2,U3
ADD=916 DOF=U1,U2,U3
ADD=935 DOF=U1,U2,U3
ADD=936 DOF=U1,U2,U3
ADD=953 DOF=U1,U2,U3
ADD=954 DOF=U1,U2,U3
ADD=963 DOF=U1,U2,U3
ADD=972 DOF=U1,U2,U3
ADD=30 DOF=U1,U2,U3
ADD=57 DOF=U1,U2,U3
ADD=148 DOF=U1,U2,U3
ADD=149 DOF=U1,U2,U3
ADD=237 DOF=U1,U2,U3
ADD=258 DOF=U1,U2,U3
ADD=414 DOF=U1,U2,U3
ADD=422 DOF=U1,U2,U3

LAMPIRAN

ADD=423 DOF=U1,U2,U3
ADD=432 DOF=U1,U2,U3
ADD=687 DOF=U1,U2,U3
ADD=688 DOF=U1,U2,U3
ADD=689 DOF=U1,U2,U3
ADD=690 DOF=U1,U2,U3
ADD=691 DOF=U1,U2,U3
ADD=692 DOF=U1,U2,U3
ADD=693 DOF=U1,U2,U3
ADD=694 DOF=U1,U2,U3
ADD=695 DOF=U1,U2,U3
ADD=696 DOF=U1,U2,U3
ADD=697 DOF=U1,U2,U3
ADD=698 DOF=U1,U2,U3
ADD=699 DOF=U1,U2,U3
ADD=701 DOF=U1,U2,U3
ADD=702 DOF=U1,U2,U3
ADD=703 DOF=U1,U2,U3
ADD=704 DOF=U1,U2,U3
ADD=705 DOF=U1,U2,U3
ADD=709 DOF=U1,U2,U3
ADD=714 DOF=U1,U2,U3
ADD=716 DOF=U1,U2,U3
ADD=719 DOF=U1,U2,U3
ADD=720 DOF=U1,U2,U3
ADD=722 DOF=U1,U2,U3
ADD=723 DOF=U1,U2,U3
ADD=724 DOF=U1,U2,U3
ADD=725 DOF=U1,U2,U3
ADD=729 DOF=U1,U2,U3
ADD=729 DOF=U1,U2,U3
ADD=731 DOF=U1,U2,U3
ADD=732 DOF=U1,U2,U3
ADD=733 DOF=U1,U2,U3
ADD=734 DOF=U1,U2,U3
ADD=735 DOF=U1,U2,U3
ADD=736 DOF=U1,U2,U3
ADD=737 DOF=U1,U2,U3
ADD=738 DOF=U1,U2,U3
ADD=739 DOF=U1,U2,U3
ADD=740 DOF=U1,U2,U3
ADD=741 DOF=U1,U2,U3
ADD=742 DOF=U1,U2,U3
ADD=744 DOF=U1,U2,U3
ADD=745 DOF=U1,U2,U3
ADD=746 DOF=U1,U2,U3
ADD=747 DOF=U1,U2,U3
ADD=751 DOF=U1,U2,U3
ADD=752 DOF=U1,U2,U3
ADD=753 DOF=U1,U2,U3
ADD=755 DOF=U1,U2,U3
ADD=756 DOF=U1,U2,U3
ADD=759 DOF=U1,U2,U3
ADD=760 DOF=U1,U2,U3
ADD=764 DOF=U1,U2,U3
ADD=768 DOF=U1,U2,U3
ADD=773 DOF=U1,U2,U3
ADD=774 DOF=U1,U2,U3
ADD=775 DOF=U1,U2,U3
ADD=776 DOF=U1,U2,U3
ADD=777 DOF=U1,U2,U3
ADD=778 DOF=U1,U2,U3
ADD=780 DOF=U1,U2,U3

ADD=83 DOF=U1,U2,U3
ADD=150 DOF=U1,U2,U3
ADD=154 DOF=U1,U2,U3
ADD=86 DOF=U1,U2,U3
ADD=87 DOF=U1,U2,U3
ADD=88 DOF=U1,U2,U3
ADD=89 DOF=U1,U2,U3

PATTERN
NAME=DEFAULT

MASS
ADD=588 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=575 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=574 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=534 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=519 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=517 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=516 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=514 U1=78878.21 U2=78878.21
ADD=515 U1=60166.87 U2=60166.87

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
T=0 E=2.038902E+10 U=.3 A=.0000117
FY=2.531051E+07
NAME=CONC IDES=C M=244.8012 W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=244.8012 W=2402.616
T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=BETON IDES=C M=244.648 W=2400
T=0 E=2.624E+09 U=.2 A=.0000099
NAME=BETONSW IDES=C M=244.648 W=2400
T=0 E=2.834E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION
NAME=B135X70 MAT=BETON SH=R T=.7,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=BANAKI MAT=BETON SH=R T=.4,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=KOL80X80 MAT=BETON SH=R T=.8,.8 A=.64
J=5.768533E-02 I=3.413333E-02,3.413333E-02
A=.5333334,.5333334
NAME=BLUAR MAT=BETON SH=R T=.3,.2 A=.06
J=4.695309E-04 I=.00045,.0002 AS=.05,.05
NAME=BANAKI MAT=BETON SH=R T=.4,.3 A=.12
J=1.943851E-03 I=.0016,.0009 AS=.1,.1
NAME=B135X70 MAT=BETON SH=R T=.7,.35
A=.245 J=6.869267E-03 I=1.000417E-
02,2.501042E-03 AS=.2041667,.2041667
NAME=B135X85 MAT=BETON SH=R T=.85,.35
A=.2975 J=9.004153E-03 I=1.791199E-
02,3.036979E-03 AS=.2479167,.2479167

SHELL SECTION
NAME=SSEC1 MAT=CONC TYPE=Shell,Thin
TH=1
NAME=SWALLX MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4
NAME=SWALLY MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4
NAME=SW MAT=BETON TYPE=Shell,Thin
TH=.4

FRAME
1 J=58,1 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
2 J=1,2 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0
3 J=59,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0
4 J=886,31 SEC=B135X85 NSEG=4 ANG=0
5 J=31,865 SEC=B135X70 NSEG=4 ANG=0
6 J=613,24 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0

LAMPIRAN

7 J=58,59 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1539 J=965,146 SEC=BI35X70 NSEG=4
8 J=1,9 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	1540 J=255,966 SEC=BI35X70 NSEG=4
9 J=220,166 SEC=BI35X85 NSEG=4	1541 J=966,256 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1542 J=353,967 SEC=BI35X70 NSEG=4
10 J=612,116 SEC=BANAK NSEG=4	1543 J=967,354 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1544 J=451,968 SEC=BI35X70 NSEG=4
11 J=614,224 SEC=BANAK NSEG=4	1545 J=968,452 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1546 J=549,969 SEC=BI35X70 NSEG=4
12 J=71,72 SEC=BLUAR NSEG=4	1547 J=969,550 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1548 J=647,970 SEC=BI35X70 NSEG=4
13 J=2,3 SEC=BLUAR NSEG=4 ANG=0	1549 J=970,648 SEC=BI35X70 NSEG=4
14 J=3,4 SEC=BI35X70 NSEG=4	1550 J=745,971 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1551 J=971,746 SEC=BI35X70 NSEG=4
15 J=14,865 SEC=BBI35X70 NSEG=4	1552 J=843,972 SEC=BI35X70 NSEG=4
ANG=0	1553 J=972,844 SEC=BI35X70 NSEG=4
16 J=79,80 SEC=BANAK NSEG=4	ANG=0
ANG=0	SHELL
17 J=71,3 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=3	1 J=178,177,56,49 SEC=SW
18 J=181,182 SEC=BLUAR NSEG=4	3 J=141,514,27,515 SEC=SW
ANG=0	4 J=251,516,141,514 SEC=SW
19 J=11,75 SEC=BBI35X70 NSEG=4	5 J=349,517,251,516 SEC=SW
ANG=0	6 J=447,519,349,517 SEC=SW
20 J=79,17 SEC=BBI35X70 NSEG=4	7 J=545,534,447,519 SEC=SW
ANG=0	8 J=643,574,545,534 SEC=SW
21 J=72,4 SEC=BANAK NSEG=4 ANG=0	9 J=741,575,643,574 SEC=SW
22 J=4,80 SEC=BBI35X70 NSEG=4	10 J=819,588,741,575 SEC=SW
ANG=0	12 J=23,114,839,588 SEC=SW
23 J=80,18 SEC=BBI35X70 NSEG=4	13 J=514,142,515,28 SEC=SW
ANG=0	14 J=516,252,514,142 SEC=SW
24 J=659,322 SEC=BANAK NSEG=4	15 J=517,350,516,252 SEC=SW
ANG=0	16 J=519,448,517,350 SEC=SW
25 J=198,17 SEC=BI35X85 NSEG=4	17 J=534,546,519,448 SEC=SW
ANG=0	18 J=574,644,534,546 SEC=SW
26 J=17,18 SEC=BI35X85 NSEG=4	19 J=575,742,574,644 SEC=SW
ANG=0	20 J=588,840,575,742 SEC=SW
27 J=828,198 SEC=BI35X70 NSEG=4	21 J=114,32,588,840 SEC=SW
ANG=0	28 J=177,220,48,886 SEC=SW
28 J=86,87 SEC=BLUAR NSEG=4	29 J=113,95,828,9 SEC=SW
ANG=0	30 J=222,201,113,95 SEC=SW
29 J=59,60 SEC=BLUAR NSEG=4	31 J=273,299,222,201 SEC=SW
ANG=0	32 J=294,397,273,299 SEC=SW
30 J=166,169 SEC=BI35X70 NSEG=4	33 J=321,495,294,397 SEC=SW
ANG=0	34 J=371,593,321,495 SEC=SW
31 J=182,199 SEC=BLUAR NSEG=4	35 J=392,691,371,593 SEC=SW
ANG=0	36 J=419,789,392,691 SEC=SW
32 J=665,420 SEC=BANAK NSEG=4	37 J=861,561,419,789 SEC=SW
ANG=0	38 J=291,290,178,177 SEC=SW
33 J=225,276 SEC=BI35X85 NSEG=4	39 J=290,225,177,220 SEC=SW
ANG=0	40 J=389,388,291,290 SEC=SW
34 J=278,267 SEC=BI35X70 NSEG=4	41 J=388,281,290,225 SEC=SW
ANG=0	42 J=467,486,389,388 SEC=SW
35 J=281,376 SEC=BI35X85 NSEG=4	43 J=195,35,198,33 SEC=SW
ANG=0	44 J=486,320,388,281 SEC=SW
36 J=158,169 SEC=BBI35X70 NSEG=4	45 J=585,584,487,486 SEC=SW
ANG=0	46 J=584,365,486,320 SEC=SW
37 J=669,518 SEC=BANAK NSEG=4	47 J=683,682,585,584 SEC=SW
ANG=0	48 J=682,379,584,365 SEC=SW
38 J=671,616 SEC=BANAK NSEG=4	49 J=781,780,683,682 SEC=SW
ANG=0	
39 J=17,26 SEC=BI35X70 NSEG=4	
ANG=0	
40 J=26,36 SEC=BI35X70 NSEG=4	
ANG=0	
dst	
1536 J=37,964 SEC=BI35X70 NSEG=4	
ANG=0	
1537 J=964,38 SEC=BI35X70 NSEG=4	
ANG=0	
1538 J=145,965 SEC=BI35X70 NSEG=4	
ANG=0	

LAMPIRAN

50 J=780,418,682,379 SEC=SW ADD=3 UZ=-1
51 J=879,378,781,780 SEC=SW ADD=7 UZ=-1
52 J=878,463,780,418 SEC=SW ADD=8 UZ=-1
53 J=95,196,9,197 SEC=SW ADD=12 UZ=-1
54 J=201,217,95,196 SEC=SW ADD=13 UZ=-1
55 J=299,231,201,217 SEC=SW ADD=14 UZ=-1
56 J=397,253,299,231 SEC=SW ADD=16 UZ=-1
57 J=495,280,397,253 SEC=SW ADD=17 UZ=-1
58 J=593,313,495,280 SEC=SW ADD=19 UZ=-1
59 J=691,329,593,315 SEC=SW ADD=20 UZ=-1
60 J=789,370,691,329 SEC=SW ADD=21 UZ=-1
61 J=581,380,789,370 SEC=SW ADD=22 UZ=-1
62 J=117,433,879,878 SEC=SW ADD=23 UZ=-1
63 J=433,454,878,463 SEC=SW ADD=25 UZ=-1
64 J=35,196,33,197 SEC=SW ADD=26 UZ=-1
65 J=210,40,195,35 SEC=SW ADD=27 UZ=-1
66 J=40,217,35,196 SEC=SW ADD=29 UZ=-1
67 J=221,41,210,40 SEC=SW ADD=39 UZ=-1
68 J=41,231,40,217 SEC=SW ADD=40 UZ=-1
69 J=240,42,221,41 SEC=SW ADD=42 UZ=-1
70 J=42,253,41,231 SEC=SW ADD=43 UZ=-1
71 J=272,44,240,42 SEC=SW Dst...
72 J=44,280,42,253 SEC=SW
73 J=282,50,272,44 SEC=SW
74 J=50,315,44,280 SEC=SW
75 J=319,55,282,50 SEC=SW
76 J=55,329,50,315 SEC=SW
77 J=351,57,319,55 SEC=SW
78 J=57,370,55,329 SEC=SW
79 J=278,259,351,57 SEC=SW
80 J=259,380,57,370 SEC=SW
81 J=143,175,168,47 SEC=SW
82 J=175,10,47,7 SEC=SW
83 J=143,178,168,56 SEC=SSEC1
84 J=183,291,143,178 SEC=SSEC1
85 J=185,389,103,291 SEC=SSEC1
86 J=187,487,185,389 SEC=SSEC1
87 J=190,585,187,487 SEC=SSEC1
88 J=192,683,190,585 SEC=SSEC1
89 J=194,781,192,683 SEC=SSEC1
90 J=811,879,194,781 SEC=SSEC1
91 J=819,117,611,879 SEC=SSEC1
92 J=10,161,7,162 SEC=SW
93 J=183,286,143,175 SEC=SW
94 J=288,13,175,10 SEC=SW
95 J=13,184,10,161 SEC=SW
96 J=185,386,183,288 SEC=SW
97 J=386,15,288,13 SEC=SW
98 J=15,186,13,184 SEC=SW
99 J=187,484,185,386 SEC=SW
100 J=484,16,386,15 SEC=SW
101 J=16,189,15,186 SEC=SW
102 J=190,582,187,484 SEC=SW
103 J=592,21,484,16 SEC=SW
104 J=21,191,16,189 SEC=SW
105 J=192,680,190,582 SEC=SW
106 J=680,22,582,21 SEC=SW
107 J=22,193,21,191 SEC=SW
108 J=184,778,192,680 SEC=SW
109 J=778,23,680,22 SEC=SW
110 J=25,810,22,193 SEC=SW
111 J=811,876,194,778 SEC=SW
112 J=876,30,776,25 SEC=SW
113 J=10,813,25,810 SEC=SW
114 J=819,260,811,876 SEC=SW
115 J=260,264,876,30 SEC=SW
116 J=264,268,30,813 SEC=SW

LOAD
NAME=GRAFITY SW=1 CSYS=0
TYPE=GRAVITY ELEM=FRAME
ADD=1 UZ=-1
ADD=2 UZ=-1
ADD=3 UZ=-1
ADD=4 UZ=-1
ADD=5 UZ=-1
ADD=6 UZ=-1
ADD=7 UZ=-1
ADD=8 UZ=-1
ADD=12 UZ=-1
ADD=13 UZ=-1
ADD=14 UZ=-1
ADD=16 UZ=-1
ADD=17 UZ=-1
ADD=19 UZ=-1
ADD=20 UZ=-1
ADD=21 UZ=-1
ADD=22 UZ=-1
ADD=23 UZ=-1
ADD=25 UZ=-1
ADD=26 UZ=-1
ADD=27 UZ=-1
ADD=29 UZ=-1
ADD=39 UZ=-1
ADD=40 UZ=-1
ADD=42 UZ=-1
ADD=43 UZ=-1

Dst...

TYPE=GRAVITY ELEM=SHELL
ADD=3 UZ=-1
ADD=4 UZ=-1
ADD=5 UZ=-1
ADD=6 UZ=-1
ADD=7 UZ=-1
ADD=8 UZ=-1
ADD=9 UZ=-1
ADD=10 UZ=-1
ADD=12 UZ=-1
ADD=13 UZ=-1
ADD=14 UZ=-1
ADD=15 UZ=-1
ADD=16 UZ=-1
ADD=17 UZ=-1
ADD=18 UZ=-1
ADD=19 UZ=-1
ADD=20 UZ=-1
ADD=21 UZ=-1
ADD=29 UZ=-1
ADD=30 UZ=-1
ADD=31 UZ=-1

Dst...

NAME=MAT1 CSYS=0
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=64 RD=0,.8333334E-02 UZ=0,-247.5
ADD=64 RD=0.3333334E-02,.9166667 UZ=-247.5,-247.5
ADD=64 RD=.9166667,1 UZ=-247.5,0
ADD=12 RD=0,.1 UZ=0,-247.5
ADD=12 RD=.1,.9 UZ=-247.5,-247.5
ADD=12 RD=.9,1 UZ=-247.5,0
ADD=65 RD=0,.1 UZ=0,-247.5
ADD=65 RD=.1,.9 UZ=-247.5,-247.5
ADD=65 RD=.9,1 UZ=-247.5,0
ADD=1 RD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=1 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=1 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=105 RD=0,.4 UZ=0,-198
ADD=105 RD=.4,.6 UZ=-198,-198
ADD=105 RD=.6,1 UZ=-198,0
ADD=2 RD=0,.1111111 UZ=0,-198
ADD=2 RD=.1111111,.8888889 UZ=-198,-198
ADD=2 RD=.8888889,1 UZ=-198,0
ADD=104 RD=0,.1111111 UZ=0,-198

LAMPIRAN

ADD=104 RD=.1111111,.8888889 UZ=-198,-198 ADD=104 RD=.8888889,1 UZ=- 198,0 ADD=13 RD=0,.1428571 UZ=0,-198 ADD=13 RD=.1428571,.8571429 UZ=-198,-198 ADD=13 RD=.8571429,1 UZ=-198,0 ADD=103 RD=0,.1428571 UZ=0,- 198 ADD=103 RD=.1428571,.8571429 UZ=-198,-198 ADD=103 RD=.8571429,1 UZ=- 198,0 ADD=14 RD=0,.125 UZ=0,-247,5 ADD=14 RD=.125,.875 UZ=- 247,5,-247,5 ADD=14 RD=.875,1 UZ=-247,5,0 ADD=74 RD=0,.125 UZ=0,-247,5 ADD=74 RD=.125,.875 UZ=- 247,5,-247,5 ADD=74 RD=.875,1 UZ=-247,5,0 ADD=14 RD=0,.35 UZ=0,-693 ADD=14 RD=.35,.65 UZ=-693,-693 ADD=14 RD=.65,1 UZ=-693,0 ADD=74 RD=0,.35 UZ=0,-693 ADD=74 RD=.35,.65 UZ=-693,-693 ADD=74 RD=.65,1 UZ=-693,0 ADD=73 RD=0,.2916667 UZ=0,-693 ADD=73 RD=.2916667,.7083333 UZ=-693,-693 ADD=73 RD=.7083333,1 UZ=-693,0 ADD=73 RD=0,.1041667 UZ=0,- 247,5 ADD=73 RD=.1041667,.8958333 UZ=-247,5,-247,5 ADD=73 RD=.8958333,1 UZ=- 247,5,0 ADD=3 RD=0,.4 UZ=0,-198 ADD=3 RD=.4,.6 UZ=-198,-198 ADD=3 RD=.6,1 UZ=-198,0 ADD=108 RD=0,.4 UZ=0,-198 ADD=108 RD=0,.6 UZ=-198,-198 ADD=108 RD=.6,1 UZ=-198,0 ADD=3 RD=0,.5 UZ=0,-247,5 ADD=3 RD=.5,1 UZ=-247,5,0 ADD=108 RD=0,.5 UZ=0,-247,5 ADD=108 RD=.5,1 UZ=-247,5,0 ADD=4 RD=0,.1111111 UZ=0,-198 ADD=4 RD=.1111111,.8888889 UZ=-198,-198 ADD=4 RD=.8888889,1 UZ=-198,0 ADD=107 RD=0,.1111111 UZ=0,- 198 ADD=107 RD=.1111111,.8888889 UZ=-198,-198 ADD=107 RD=.8888889,1 UZ=- 198,0 ADD=4 RD=0,.3333333 UZ=0,-594 ADD=4 RD=.3333333,.6666667 UZ=-594,-594 ADD=4 RD=.6666667,1 UZ=-594,0 ADD=107 RD=0,.5 UZ=0,-891 ADD=107 RD=.5,1 UZ=-891,0 ADD=106 RD=0,.1428571 UZ=0,- 198 ADD=106 RD=.1428571,.8571429 UZ=-198,-198 ADD=106 RD=.8571429,1 UZ=- 198,0 ADD=15 RD=0,.1724138 UZ=0,-198 ADD=15 RD=.1724138,.8275862 UZ=-198,-198	ADD=15 RD=.8275862,1 UZ=-198,0 ADD=106 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=106 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=15 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=15 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=5 RD=0,.1666667 UZ=0,-792 ADD=5 RD=.1666667,.8333333 UZ=-792,- 792 ADD=5 RD=.8333333,1 UZ=-792,0 ADD=16 RD=0,.35 UZ=0,-1386 ADD=16 RD=.35,.65 UZ=-1386,-1386 ADD=16 RD=.65,1 UZ=-1386,0 ADD=76 RD=0,.35 UZ=0,-1386 ADD=76 RD=.35,.65 UZ=-1386,-1386 ADD=76 RD=.65,1 UZ=-1386,0 ADD=75 RD=0,.2916667 UZ=0,-1386 ADD=75 RD=.2916667,.7083333 UZ=- 1386,-1386 ADD=75 RD=.7083333,1 UZ=-1386,0 ADD=6 RD=0,.2941177 UZ=0,-594 ADD=6 RD=.2941177,.7058824 UZ=-594,- 594 ADD=6 RD=.7058824,1 UZ=-594,0 ADD=30 RD=0,.5 UZ=0,-247,5 ADD=30 RD=.5,1 UZ=-247,5,0 ADD=112 RD=0,.5 UZ=0,-247,5 ADD=112 RD=.5,1 UZ=-247,5,0 ADD=77 RD=0,.2916667 UZ=0,-693 ADD=77 RD=.2916667,.7083333 UZ=- 693,-693 ADD=77 RD=.7083333,1 UZ=-693,0 ADD=77 RD=0,.3333333 UZ=0,-792 ADD=77 RD=.3333333,.6666667 UZ=- 792,-792 ADD=77 RD=.6666667,1 UZ=-792,0 ADD=26 RD=0,.4 UZ=0,-792 ADD=26 RD=.4,.6 UZ=-792,-792 ADD=26 RD=.6,1 UZ=-792,0 ADD=78 RD=0,.4 UZ=0,-792 ADD=78 RD=.4,.6 UZ=-792,-792 ADD=78 RD=.6,1 UZ=-792,0 ADD=26 RD=0,.35 UZ=0,-693 ADD=26 RD=.35,.65 UZ=-693,-693 ADD=26 RD=.65,1 UZ=-693,0 ADD=78 RD=0,.35 UZ=0,-693 ADD=78 RD=.35,.65 UZ=-693,-693 ADD=78 RD=.65,1 UZ=-693,0 ADD=109 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=109 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=109 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=109 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=25 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=25 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=25 RD=0,.5 UZ=0,-693 ADD=25 RD=.5,1 UZ=-693,0 ADD=27 RD=0,.2857143 UZ=-396,-792 ADD=27 RD=.2857143,.4285714 UZ=- 792,-792 ADD=27 RD=.4285714,1 UZ=-792,0 ADD=110 RD=0,.5 UZ=0,-1386 ADD=110 RD=.5,1 UZ=-1386,0 ADD=41 RD=0,.5 UZ=0,-396 ADD=41 RD=.5,1 UZ=-396,0 ADD=127 RD=0,.5 UZ=0,-396 ADD=127 RD=.5,1 UZ=-396,0 ADD=42 RD=0,.5 UZ=0,-1386 ADD=42 RD=.5,1 UZ=-1386,0 ADD=126 RD=0,.5 UZ=0,-1386 ADD=126 RD=.5,1 UZ=-1386,0 ADD=43 RD=0,.5 UZ=0,-1386 ADD=43 RD=.5,1 UZ=-1386,0 ADD=125 RD=0,.5 UZ=0,-1386 ADD=125 RD=.5,1 UZ=-1386,0
--	---

LAMPIRAN

ADD=79 RD=0,.4 UZ=0,-1584	ADD=103 RD=-.1428571,.8571429 UZ=-
ADD=79 RD=.4,.6 UZ=-1584,-1584	50,-50
ADD=79 RD=.6,1 UZ=-1584,0	ADD=103 RD=.8571429,1 UZ=-50,0
ADD=80 RD=0,.3333333 UZ=0,-	ADD=14 RD=0,.125 UZ=0,-62,5
1584	ADD=14 RD=.125,.875 UZ=-62,5,-62,5
ADD=80 RD=.3333333,.6666667	ADD=74 RD=0,.125 UZ=0,-62,5
UZ=-1584,-1584	ADD=74 RD=.125,.875 UZ=-62,5,-62,5
ADD=80 RD=.6666667,1 UZ=-	ADD=74 RD=.875,1 UZ=-62,5,0
1584,0	ADD=14 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=81 RD=0,.8 UZ=0,-792	ADD=14 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=81 RD=.8,1 UZ=-792,-792	ADD=14 RD=.65,1 UZ=0,-175,0
ADD=82 RD=0,.3 UZ=-792,-792	ADD=74 RD=0,.35 UZ=0,-175
ADD=82 RD=.2,1 UZ=-792,0	ADD=74 RD=.35,.65 UZ=-175,-175
ADD=81 RD=0,.5 UZ=0,-495	ADD=74 RD=.65,1 UZ=0,-175,0
ADD=81 RD=.5,1 UZ=-495,0	ADD=73 RD=0,.2916667 UZ=0,-175
ADD=82 RD=0,.3 UZ=0,-495	ADD=73 RD=.2916667,.7083333 UZ=-
ADD=82 RD=.5,1 UZ=-495,0	175,-175
ADD=86 RD=0,.25 UZ=0,-247,5	ADD=73 RD=.7083333,1 UZ=-175,0
ADD=86 RD=.25,.75 UZ=-247,5,-	ADD=73 RD=0,.1041667 UZ=0,-62,5
247,5	ADD=73 RD=.1041667,.8958333 UZ=-
ADD=86 RD=.75,1 UZ=-247,5,-	62,5,-62,5
247,5	ADD=73 RD=.8958333,1 UZ=-62,5,0
ADD=87 RD=0,.75 UZ=-247,5,-	ADD=3 RD=0,.4 UZ=0,-50
247,5	ADD=3 RD=.4,.6 UZ=-50,-50
ADD=87 RD=.75,1 UZ=-247,5,0	ADD=3 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=86 RD=0,.5 UZ=0,-495	ADD=108 RD=0,.4 UZ=0,-50
ADD=86 RD=.5,1 UZ=-495,0	ADD=108 RD=.4,.6 UZ=-50,-50
ADD=87 RD=0,.5 UZ=0,-495	ADD=108 RD=.6,1 UZ=-50,0
ADD=87 RD=.5,1 UZ=-495,0	ADD=3 RD=0,.5 UZ=0,-62,5
ADD=44 RD=0,.5 UZ=0,-247,5	ADD=3 RD=.5,1 UZ=-62,5,0
ADD=44 RD=.5,1 UZ=-247,5,0	ADD=108 RD=0,.5 UZ=0,-62,5
ADD=131 RD=0,.5 UZ=0,-247,5	ADD=108 RD=.5,1 UZ=-62,5,0
ADD=131 RD=.5,1 UZ=-247,5,0	ADD=4 RD=0,.3333333 UZ=0,-150
ADD=46 RD=0,.5 UZ=0,-1386	ADD=4 RD=.3333333,.6666667 UZ=-150,-
ADD=46 RD=.5,1 UZ=-1386,0	150
ADD=47 RD=0,.5 UZ=0,-1386	ADD=4 RD=.6666667,1 UZ=-150,0
ADD=47 RD=.5,1 UZ=-1386,0	ADD=4 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
DstL...+.....+.....+.....+.....	ADD=4 RD=.1111111,.8888889 UZ=-50,-
NAME=MIDUP CSYS=0	50
TYPE=DISTRIBUTED SPAN	ADD=4 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=12 RD=0,.1 UZ=0,-62,5	ADD=107 RD=0,.1111111 UZ=0,-50
ADD=12 RD=.1,.9 UZ=-62,5,-62,5	ADD=107 RD=.1111111,.8888889 UZ=-
ADD=12 RD=.9,1 UZ=-62,5,0	50,-50
ADD=65 RD=0,.1 UZ=0,-62,5	ADD=107 RD=.8888889,1 UZ=-50,0
ADD=65 RD=.1,.9 UZ=-62,5,-62,5	ADD=107 RD=0,.5 UZ=0,-225
ADD=65 RD=.9,1 UZ=-62,5,0	ADD=107 RD=.5,1 UZ=-225,0
ADD=64 RD=0,.8.333334E-02	ADD=106 RD=0,.1428571 UZ=0,-50
UZ=0,-62,5	ADD=106 RD=.1428571,.8571429 UZ=-
ADD=64 RD=.8.333334E-02,.9166667	50,-50
UZ=-62,5,-62,5	ADD=106 RD=.8571429,1 UZ=-50,0
ADD=64 RD=.9166667,1 UZ=-	ADD=106 RD=0,.5 UZ=0,-175
62,5,0	ADD=106 RD=.5,1 UZ=-175,0
ADD=1 RD=0,.4 UZ=0,-50	ADD=15 RD=0,.5 UZ=0,-145
ADD=1 RD=.4,.6 UZ=-50,-50	ADD=15 RD=.5,1 UZ=-145,0
ADD=1 RD=.6,1 UZ=-50,0	ADD=15 RD=0,.1724138 UZ=0,-50
ADD=105 RD=0,.4 UZ=0,-50	ADD=15 RD=.1724138,.8275862 UZ=-50,-
ADD=105 RD=.4,.6 UZ=-50,-50	50
ADD=105 RD=.6,1 UZ=-50,0	ADD=15 RD=.8275862,1 UZ=-50,0
ADD=2 RD=0,.1111111 UZ=0,-50	ADD=5 RD=0,.1666667 UZ=0,-200
ADD=2 RD=.1111111,.8888889	ADD=5 RD=.1666667,.8333333 UZ=-200,-
UZ=-50,-50	200
ADD=2 RD=.8888889,1 UZ=-50,0	ADD=5 RD=.8333333,1 UZ=-200,0
ADD=104 RD=0,.1111111 UZ=0,-50	ADD=16 RD=0,.35 UZ=0,-350
ADD=104 RD=.1111111,.8888889	ADD=16 RD=.35,.65 UZ=-350,-350
UZ=-50,-50	ADD=16 RD=.65,1 UZ=-350,0
ADD=104 RD=.8888889,1 UZ=-50,0	ADD=76 RD=0,.35 UZ=0,-350
ADD=13 RD=0,.1428571 UZ=0,-50	ADD=76 RD=.35,.65 UZ=-350,-350
ADD=13 RD=.1428571,.8571429	ADD=76 RD=.65,1 UZ=-350,0
UZ=-50,-50	ADD=75 RD=0,.2916667 UZ=0,-350
ADD=13 RD=.8571429,1 UZ=-50,0	ADD=75 RD=.2916667,.7083333 UZ=-
ADD=103 RD=0,.1428571 UZ=0,-50	350,-350
	ADD=75 RD=.7083333,1 UZ=-350,0

LAMPIRAN

ADD=6 RD=0,.2941177 UZ=0,-150	ADD=269 UX=701.63 UY=570.077
ADD=6 RD=.2941177,.7058824	ADD=367 UX=701.63 UY=570.077
UZ=-150,-150	ADD=465 UX=701.63 UY=570.077
ADD=6 RD=.7058824,1 UZ=-150,0	ADD=563 UX=701.63 UY=570.077
ADD=30 RD=0,.5 UZ=0,-62.5	ADD=661 UX=701.63 UY=570.077
ADD=30 RD=.5,1 UZ=-62.5,0	ADD=759 UX=701.63 UY=570.077
ADD=112 RD=0,.5 UZ=0,-62.5	ADD=857 UX=701.63 UY=570.077
ADD=112 RD=.5,1 UZ=-62.5,0	ADD=828 UX=820.048
ADD=110 RD=0,.5 UZ=0,-350	ADD=113 UX=1601
ADD=110 RD=.5,1 UZ=-350,0	ADD=222 UX=1554
ADD=27 RD=0,.5 UZ=0,-175	ADD=273 UX=1501
ADD=27 RD=.5,1 UZ=-175,0	ADD=294 UX=1436
ADD=28 RD=0,.5 UZ=0,-175	ADD=321 UX=1364
ADD=28 RD=.5,1 UZ=-175,0	ADD=371 UX=1285
ADD=25 RD=0,.5 UZ=0,-175	ADD=392 UX=1182
ADD=25 RD=.5,1 UZ=-175,0	ADD=419 UX=1044
ADD=26 RD=0,.35 UZ=0,-175	ADD=169 UX=877.0416
ADD=26 RD=.35,.65 UZ=-175,-175	ADD=267 UX=877.0416
ADD=26 RD=.65,1 UZ=-175,0	ADD=279 UX=877.0416
ADD=78 RD=0,.35 UZ=0,-175	ADD=318 UX=877.0416
ADD=78 RD=.35,.65 UZ=-175,-175	ADD=338 UX=877.0416
ADD=78 RD=.65,1 UZ=-175,0	ADD=377 UX=877.0416
ADD=26 RD=0,.4 UZ=0,-200	ADD=416 UX=877.0416
ADD=26 RD=.4,.6 UZ=-200,-200	ADD=436 UX=877.0416
ADD=26 RD=.6,1 UZ=-200,0	ADD=865 UX=877.0416
ADD=78 RD=0,.4 UZ=0,-200	ADD=24 UX=656.039
ADD=78 RD=.4,.6 UZ=-200,-200	ADD=116 UX=1281
ADD=78 RD=.6,1 UZ=-200,0	ADD=224 UX=1243
ADD=77 RD=0,.3333333 UZ=0,-200	ADD=322 UX=1201
ADD=77 RD=.3333333,.6666667	ADD=420 UX=1149
UZ=-200,-200	ADD=518 UX=1091
ADD=77 RD=.6666667,1 UZ=-200,0	ADD=616 UX=1028
ADD=77 RD=0,.3333333 UZ=0,-175	ADD=714 UX=946
ADD=77 RD=.3333333,.6666667	ADD=812 UX=835
UZ=-175,-175	ADD=31 UX=701.63
ADD=77 RD=.6666667,1 UZ=-175,0	ADD=166 UX=701.63
ADD=109 RD=0,.5 UZ=0,-350	ADD=278 UX=701.63
ADD=109 RD=.5,1 UZ=-350,0	ADD=376 UX=701.63
DST.....	ADD=474 UX=701.63
NAME=ANGIN CSYS=0	ADD=572 UX=701.63
TYPE=FORCE	ADD=670 UX=701.63
ADD=3 UX=205.01 UY=1140.154	ADD=768 UX=701.63
ADD=102 UX=400.33 UY=1140.154	ADD=866 UX=701.63
ADD=208 UX=388.5 UY=1140.154	ADD=869 UX=738.04
ADD=306 UX=375.45 UY=1140.154	ADD=115 UX=1441
ADD=404 UX=359.19 UY=1140.154	ADD=223 UX=1398
ADD=502 UX=341 UY=1140.154	ADD=277 UX=1351
ADD=600 UX=321 UY=1140.154	ADD=308 UX=1293
ADD=698 UX=295 UY=1140.154	ADD=323 UX=1228
ADD=796 UX=261 UY=1140.154	ADD=375 UX=1157
ADD=6 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=406 UX=1064
ADD=134 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=421 UX=940
ADD=244 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=422 UX=789.337
ADD=342 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=225 UX=789.337
ADD=440 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=281 UX=789.337
ADD=538 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=320 UX=789.337
ADD=636 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=365 UX=789.337
ADD=734 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=379 UX=789.337
ADD=832 UX=219.26 UY=789.3374	ADD=418 UX=789.337
ADD=9 UX=656.038 UY=920.8937	ADD=463 UX=789.337
ADD=95 UX=1291 UY=920.8937	ADD=886 UX=789.337
ADD=201 UX=1243 UY=920.8937	ADD=43 UX=574.034 UY=861.051
ADD=299 UX=1201 UY=920.8937	ADD=125 UX=1120 UY=1681
ADD=397 UX=1149 UY=920.8937	ADD=234 UX=1087 UY=1631
ADD=495 UX=1091 UY=920.8937	ADD=332 UX=1051 UY=1576
ADD=593 UX=1028 UY=920.8937	ADD=430 UX=1005 UY=1508
ADD=691 UX=946 UY=920.8937	ADD=528 UX=955 UY=1433
ADD=789 UX=835 UY=920.8937	ADD=626 UX=900 UY=1350
ADD=14 UX=701.63 UY=570.077	ADD=724 UX=827 UY=1241
ADD=158 UX=701.63 UY=572.077	ADD=822 UX=731 UY=1096

LAMPIRAN

ADD	UX	UY	NAME	DISPLACEMENT	CSYS
388	-613.929				-0
486	-613.929				-0
584	-613.929				-0
682	-613.929				-0
780	-613.929				-0
878	-613.929				-0
51	205.012	1066.063	ADD=1	UX=.1015	UY=.099
131	400	2081	ADD=2	UX=.1015	UY=.099
241	388	2020	ADD=3	UX=.1015	UY=.099
339	375	1932	ADD=4	UX=.1015	UY=.099
437	359	1867	ADD=5	UX=.1015	UY=.099
535	341	1774	ADD=6	UX=.1015	UY=.099
633	321	1671	ADD=7	UX=.1015	UY=.099
731	295	1537	ADD=8	UX=.1015	UY=.099
829	261	1357	ADD=9	UX=.1015	UY=.099
56	219.2604	533.0316	ADD=10	UX=.1015	UY=.099
178	219.2604	1040	ADD=11	UX=.1015	UY=.099
291	219.2604	1010	ADD=12	UX=.1015	UY=.099
389	219.2604	976	ADD=13	UX=.1015	UY=.099
487	219.2604	933	ADD=14	UX=.1015	UY=.099
585	219.2604	887	ADD=15	UX=.1015	UY=.099
683	219.2604	835	ADD=16	UX=.1015	UY=.099
781	219.2604	768	ADD=17	UX=.1015	UY=.099
879	219.2604	678	ADD=18	UX=.1015	UY=.099
52	902.0535		ADD=19	UX=.1015	UY=.099
171	1761		ADD=20	UX=.1015	UY=.099
284	1709		ADD=21	UX=.1015	UY=.099
382	1651		ADD=22	UX=.1015	UY=.099
480	1580		ADD=23	UX=.1015	UY=.099
578	1501		ADD=24	UX=.1015	UY=.099
676	1414		ADD=25	UX=.1015	UY=.099
774	1300		ADD=26	UX=.1015	UY=.099
872	1149		ADD=27	UX=.1015	UY=.099
4	964.7458		ADD=28	UX=.1015	UY=.099
103	964.7458		ADD=29	UX=.1015	UY=.099
209	964.7458		ADD=30	UX=.1015	UY=.099
307	964.7458		ADD=31	UX=.1015	UY=.099
405	964.7458		ADD=32	UX=.1015	UY=.099
503	964.7458		ADD=33	UX=.1015	UY=.099
601	964.7458		ADD=34	UX=.1015	UY=.099
699	964.7458		ADD=35	UX=.1015	UY=.099
797	964.7458		ADD=36	UX=.1015	UY=.099
53	902.0535		ADD=37	UX=.1015	UY=.099
172	1761		ADD=38	UX=.1015	UY=.099
285	1709		ADD=39	UX=.1015	UY=.099
383	1651		ADD=40	UX=.1015	UY=.099
481	1580		ADD=41	UX=.1015	UY=.099
579	1501		ADD=42	UX=.1015	UY=.099
677	1414		ADD=43	UX=.1015	UY=.099
775	1300		ADD=44	UX=.1015	UY=.099
873	1149		ADD=45	UX=.1015	UY=.099
5	964.7458		ADD=46	UX=.1015	UY=.099
138	964.7458		ADD=47	UX=.1015	UY=.099
248	964.7458		ADD=48	UX=.1015	UY=.099
346	964.7458		ADD=49	UX=.1015	UY=.099
444	964.7458		ADD=50	UX=.1015	UY=.099
542	964.7458		ADD=51	UX=.1015	UY=.099
640	964.7458		ADD=52	UX=.1015	UY=.099
738	964.7458		ADD=53	UX=.1015	UY=.099
836	964.7458		ADD=54	UX=.1015	UY=.099
54	738.0438		ADD=55	UX=.1015	UY=.099
173	1441		ADD=56	UX=.1015	UY=.099
286	1398		ADD=57	UX=.1015	UY=.099
384	1351		ADD=58	UX=.1015	UY=.099
482	1293		ADD=59	UX=.1015	UY=.099
580	1228		ADD=60	UX=.1015	UY=.099
678	1157		ADD=61	UX=.1015	UY=.099
776	1064		ADD=62	UX=.1015	UY=.099
874	940		ADD=63	UX=.1015	UY=.099
Dst			ADD=64	UX=.1015	UY=.099
			ADD=65	UX=.1015	UY=.099
			ADD=66	UX=.1015	UY=.099
			ADD=67	UX=.1015	UY=.099
			ADD=68	UX=.1015	UY=.099
			ADD=69	UX=.1015	UY=.099
			ADD=70	UX=.1015	UY=.099
			ADD=71	UX=.1015	UY=.099
			ADD=72	UX=.1015	UY=.099
			ADD=73	UX=.1015	UY=.099
			ADD=74	UX=.1015	UY=.099
			ADD=75	UX=.1015	UY=.099
			ADD=76	UX=.1015	UY=.099
			ADD=77	UX=.1015	UY=.099
			ADD=78	UX=.1015	UY=.099
			ADD=79	UX=.1015	UY=.099
			ADD=80	UX=.1015	UY=.099
			ADD=81	UX=.1015	UY=.099
			ADD=82	UX=.1015	UY=.099
			ADD=83	UX=.1015	UY=.099
			ADD=84	UX=.1015	UY=.099
			ADD=85	UX=.1015	UY=.099
			ADD=86	UX=.1015	UY=.099
			ADD=87	UX=.1015	UY=.099
			ADD=88	UX=.1015	UY=.099
			ADD=89	UX=.1015	UY=.099
			ADD=90	UX=.1015	UY=.099
			ADD=91	UX=.1015	UY=.099
			ADD=92	UX=.1015	UY=.099
			ADD=93	UX=.1015	UY=.099
			ADD=94	UX=.1015	UY=.099
			ADD=95	UX=.1015	UY=.099
			ADD=96	UX=.1015	UY=.099
			ADD=97	UX=.1015	UY=.099
			ADD=98	UX=.1015	UY=.099
			ADD=99	UX=.1015	UY=.099
			ADD=100	UX=.1015	UY=.099

Dst.....

LAMPIRAN

```
ADD=427 UX=.1015 UY=.099 NAME=DLW
ADD=721 UX=.1015 UY=.099 LOAD=GRAFITY SF=.9
ADD=162 UX=.1015 UY=.099 LOAD=ANGIN SF=1.3
ADD=168 UX=.1015 UY=.099 NAME=DE1
ADD=860 UX=.1015 UY=.099 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=870 UX=.1015 UY=.099 NAME=DE2
ADD=917 UX=.1015 UY=.099 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=918 UX=.1015 UY=.099 LOAD=TORSI SF=1.1
ADD=937 UX=.1015 UY=.099 NAME=DE3
ADD=938 UX=.1015 UY=.099 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=955 UX=.1015 UY=.099 LOAD=TORSI SF=1.1
ADD=964 UX=.1015 UY=.099 NAME=SEVERE TYPE=ENVE
ADD=? UX=.1015 UY=.099 COMB=DLW SF=1
ADD=33 UX=.1015 UY=.099 COMB=DE1 SF=1
ADD=67 UX=.1015 UY=.099 COMB=DE2 SF=1
ADD=83 UX=.1015 UY=.099 COMB=DE3 SF=1
ADD=150 UX=.1015 UY=.099 NAME=VUK
ADD=154 UX=.1015 UY=.099 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=86 UX=.1015 UY=.099 LOAD=DISPLACE SF=1
ADD=87 UX=.1015 UY=.099 LOAD=TORSI SF=2.1
ADD=88 UX=.1015 UY=.099 LOAD=MATI SF=1.05
ADD=89 UX=.1015 UY=.099 LOAD=HIDUP SF=1.05
ADD=91 UX=.0889 UY=.085 NAME=MUK1
ADD=92 UX=.0889 UY=.085 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=93 UX=.0889 UY=.085 LOAD=DISPLACE SF=1
ADD=94 UX=.0889 UY=.085 LOAD=TORSI SF=1.05
LOAD=MATI SF=1.05
LOAD=HIDUP SF=1.05
NAME=MUK2
ADD=623 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=632 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=DISPLACE SF=1
ADD=645 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=TORSI SF=1.365
ADD=808 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=MATI SF=1.05
ADD=811 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=HIDUP SF=1.05
ADD=813 UX=.0037 UY=.0027 NAME=D1E
ADD=915 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=.9
ADD=916 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=TORSI SF=.9
ADD=935 UX=.0037 UY=.0027 NAME=D2E
ADD=936 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=.9
ADD=953 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=TORSI SF=1.8
ADD=954 UX=.0037 UY=.0027 NAME=UBCD1E
ADD=963 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=972 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=TORSI SF=1.1
ADD=30 UX=.0037 UY=.0027 NAME=UBCD2E
ADD=57 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=.99
ADD=148 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=TORSI SF=2.2
ADD=149 UX=.0037 UY=.0027 NAME=COMBI
ADD=237 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=1.05
ADD=256 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=MATI SF=1.05
ADD=414 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=DISPLACE SF=1
ADD=422 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=HIDUP SF=1.275
ADD=423 UX=.0037 UY=.0027 NAME=COMB2
ADD=432 UX=.0037 UY=.0027 LOAD=GRAFITY SF=.9
LOAD=MATI SF=.9
LOAD=DISPLACE SF=1
NAME=COMB3
LOAD=GRAFITY SF=1.32
LOAD=MATI SF=1.32
LOAD=HIDUP SF=1.1
LOAD=DISPLACE SF=1
LOAD=TORSI SF=1.1
NAME=COMB4
LOAD=GRAFITY SF=.99
LOAD=MATI SF=.99
LOAD=DISPLACE SF=1
LOAD=TORSI SF=1.1
NAME=FZ
LOAD=GRAFITY SF=1
LOAD=MATI SF=1
NAME=TORSI CSYS=0
TYPE=FORCE
ADD=515 RX=186250.8
RY=125211.4
ADD=514 RX=217042 RY=145911
ADD=516 RX=189912 RY=127672
ADD=517 RX=162782 RY=109433
ADD=519 RX=135651 RY=91194
ADD=534 RX=108521 RY=72955
ADD=574 RX=81390 RY=54716
ADD=575 RX=54260 RY=36477
ADD=588 RX=27130 RY=18238
NAME=COMBO
MODE
TYPE=Eigen N=1 TOL=.00001
RESMASS=Y
COMBO
OUTPUT
/ No Output Requested
```

LAMPIRAN

```
END

; The following data is used for
graphics, design and pushover
analysis.
; If changes are made to the analysis
data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.40 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" -17.25
GRID GLOBAL X "2" -16
GRID GLOBAL X "3" -15
GRID GLOBAL X "4" -14
GRID GLOBAL X "5" -13
GRID GLOBAL X "6" -12
GRID GLOBAL X "7" -11.5
GRID GLOBAL X "8" -10.9
GRID GLOBAL X "9" -10
GRID GLOBAL X "10" -9
GRID GLOBAL X "11" -8
GRID GLOBAL X "12" -7
GRID GLOBAL X "13" -6
GRID GLOBAL X "14" -5
GRID GLOBAL X "15" -4
GRID GLOBAL X "16" -3
GRID GLOBAL X "17" -2
GRID GLOBAL X "18" -1
GRID GLOBAL X "19" 0
GRID GLOBAL X "20" 1
GRID GLOBAL X "21" 2
GRID GLOBAL X "22" 3
GRID GLOBAL X "23" 4
GRID GLOBAL X "24" 5
GRID GLOBAL X "25" 5.5
GRID GLOBAL X "26" 6
GRID GLOBAL X "27" 7
GRID GLOBAL X "28" 8
GRID GLOBAL X "29" 9
GRID GLOBAL X "30" 10
GRID GLOBAL X "31" 11
GRID GLOBAL X "32" 11.5
GRID GLOBAL X "33" 12
GRID GLOBAL X "34" 13
GRID GLOBAL X "35" 14
GRID GLOBAL X "36" 15
GRID GLOBAL X "37" 16
GRID GLOBAL X "38" 17.25
GRID GLOBAL Y "39" -14.25
GRID GLOBAL Y "40" -13
GRID GLOBAL Y "41" -12
GRID GLOBAL Y "42" -10
GRID GLOBAL Y "43" -9
GRID GLOBAL Y "44" -8
GRID GLOBAL Y "45" -7
GRID GLOBAL Y "46" -6
GRID GLOBAL Y "47" -5.5
GRID GLOBAL Y "48" -5
GRID GLOBAL Y "49" -4
GRID GLOBAL Y "50" -3
GRID GLOBAL Y "51" -2
GRID GLOBAL Y "52" -1
GRID GLOBAL Y "53" 0
GRID GLOBAL Y "54" 1
GRID GLOBAL Y "55" 2
GRID GLOBAL Y "56" 3
GRID GLOBAL Y "57" 4
GRID GLOBAL Y "58" 4.5
GRID GLOBAL Y "59" 5
GRID GLOBAL Y "60" 6
GRID GLOBAL Y "61" 7
GRID GLOBAL Y "62" 8
GRID GLOBAL Y "63" 9
GRID GLOBAL Y "64" 9.25
GRID GLOBAL Z "65" 0
GRID GLOBAL Z "66" 4
GRID GLOBAL Z "67" 8
GRID GLOBAL Z "68" 12
GRID GLOBAL Z "69" 16
GRID GLOBAL Z "70" 20
GRID GLOBAL Z "71" 24
GRID GLOBAL Z "72" 28
GRID GLOBAL Z "73" 32
GRID GLOBAL Z "74" 36
MATERIAL STEEL FY 2.531051E+07
MATERIAL CONC FYREBAR 4.218419E+07 FYSHEAR
2.812279E+07 FC 2812279 FCSHEAR 2812279
MATERIAL BETON FYREBAR 3.261978E+07
FYSHEAR 3.058104E+07 FC 3058104 FCSHEAR
3058104
MATERIAL BETONSW FYREBAR 4.077472E+07
FYSHEAR 3.792049E+07 FC 3567788 FCSHEAR
3567788
CONCRETESECTION BI35X70 BEAM COVERTOP .04
COVERBOTTOM .04
CONCRETESECTION BANAK BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION KOL80X80 COLUMN COVER .04
REBAR RR-4-4
CONCRETESECTION BLUAR BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION BANAKI BEAM COVERTOP .03
COVERBOTTOM .03
CONCRETESECTION BI35X85 BEAM COVERTOP .04
COVERBOTTOM .04
STATICLOAD GRAFITY TYPE DEAD
STATICLOAD MATI TYPE DEAD
STATICLOAD HIDUP TYPE LIVE
STATICLOAD ANGIN TYPE WIND
STATICLOAD DISPLACE TYPE OTHER
STATICLOAD TORSI TYPE QUAKE
END SUPPLEMENTAL DATA
```

**INPUT TANGGA
(SAP 2000)**

```
; File C:\My Document\UPN TANGGA.4x6.32k saved 9/16/03 20:29:46 in Kgf-m

SYSTEM
  DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=Kgf PAGE=SECTIONS

JOINT
  1 X=-2.85 Y=.7 Z=2
  2 X=-1.25 Y=.7 Z=2
  3 X=3.15 Y=.7 Z=0

RESTRAINT
  ADD=1 DOF=U3
  ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN
  NAME=DEFAULT

MASS
  ADD=2 U1=622.9

MATERIAL
  NAME=STEEL IDES=S M=798.142 W=7833.414
    T=0 E=2.038902E+10 U=.3 A=.0000117 FY=2.531051E+07
  NAME=CONC IDES=C M=244.8012 W=2402.616
    T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099
  NAME=OTHER IDES=N M=244.8012 W=2402.616
    T=0 E=2.531051E+09 U=.2 A=.0000099
  NAME=BETON IDES=C M=244.648 W=2400
    T=0 E=2.6245E+09 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION
  NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125
  NAME=PELATMIR MAT=BETON SH=R T=.2206,1.9 A=.41914 J=6.301741E-03 I=1.659765E-
  03,.1260913 AS=.3492833,.3492833
  NAME=BORDES MAT=BETON SH=R T=.15,.2 A=.3 J=2.143688E-03 I=.0005625,.1 AS=.25,.25

SHELL SECTION
  NAME=SSEC1 MAT=CONC TYPE=Shell,Thin TH=.1
  NAME=PELAT MAT=BETON TYPE=Shell,Thick TH=.15

FRAME
  1 J=1,2 SEC=BORDES NSEG=4 ANG=0
  2 J=2,3 SEC=PELATMIR NSEG=2 ANG=0

LOAD
  NAME=LOAD1 SW=1 CSYS=0
  NAME=MAT1 CSYS=0
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=1 RD=0,1 UZ=-138,-138
      ADD=2 RD=0,1 UZ=-188,-188
  NAME=SENDIRI SW=1 CSYS=0
    TYPE=GRAVITY ELEM=FRAME
      ADD=1 UZ=-1
      ADD=2 UZ=-1
  NAME=HIDUP CSYS=0
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=1 RD=0,1 UZ=-600,-600
      ADD=2 RD=0,1 UZ=-600,-600
```

```
MODE
  TYPE=EIGEN N=1 TOL=.00001 RESMASS=Y

FUNCTION
  NAME=UBC1997 NPL=1 PRINT=Y
  0 .28
  .1142 .7
  .2 .7
  .3 .7
  .4 .7
  .571 .7
  .6 .667
  .7 .571
  .8 .5
  .9 .444
  1 .4
  1.5 .267
  2 .2
  2.5 .16
  3 .133
  5 .08

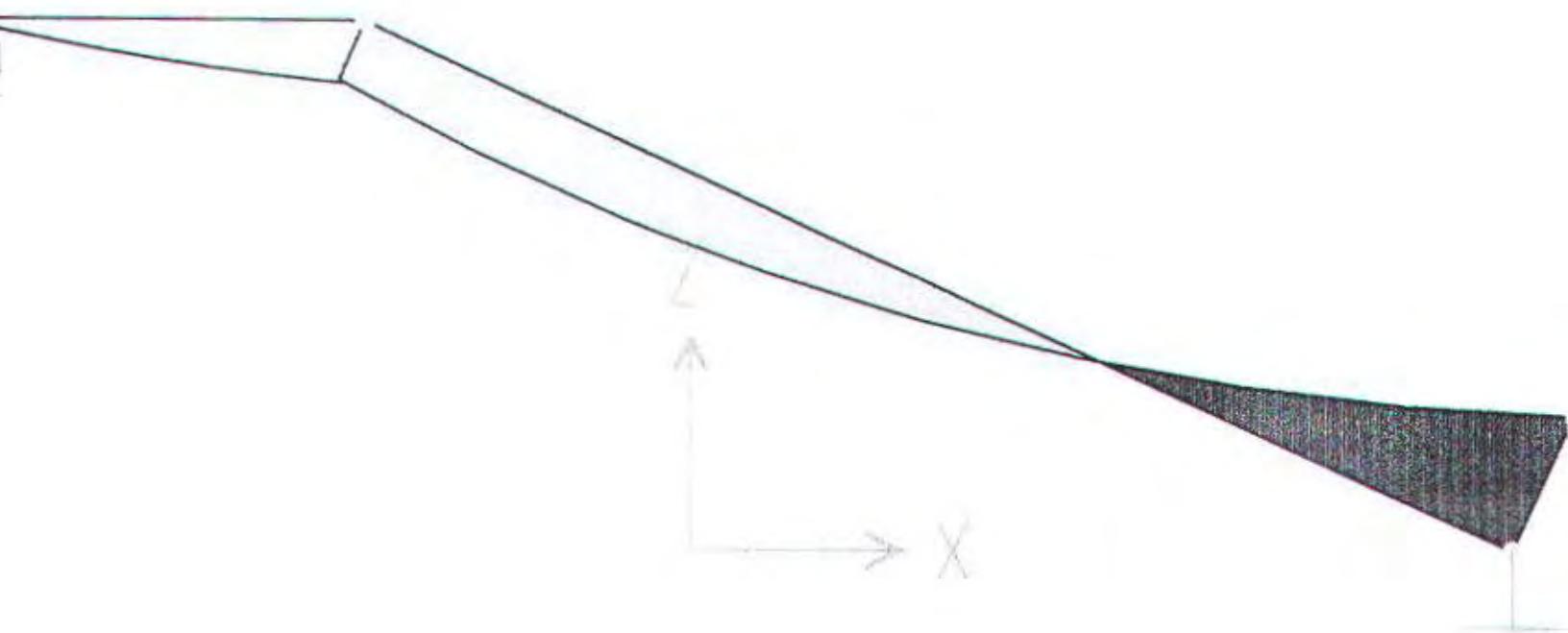
SPEC
  NAME=SPEKTRUM MODC=CQC ANG=0 DAMP=.05
  ACC=U1 FUNC=UBC1997 SF=9.8
  ACC=U2 FUNC=UBC1997 SF=9.8

COMBO
  NAME=K1
  LOAD=MATI SF=1.2
  LOAD=SENDIRI SF=1.2
  LOAD=HIDUP SF=1.6
  NAME=K2
  LOAD=MATI SF=1.32
  LOAD=SENDIRI SF=1.32
  LOAD=HIDUP SF=1.1
  SPEC=SPEKTRUM SF=1.1

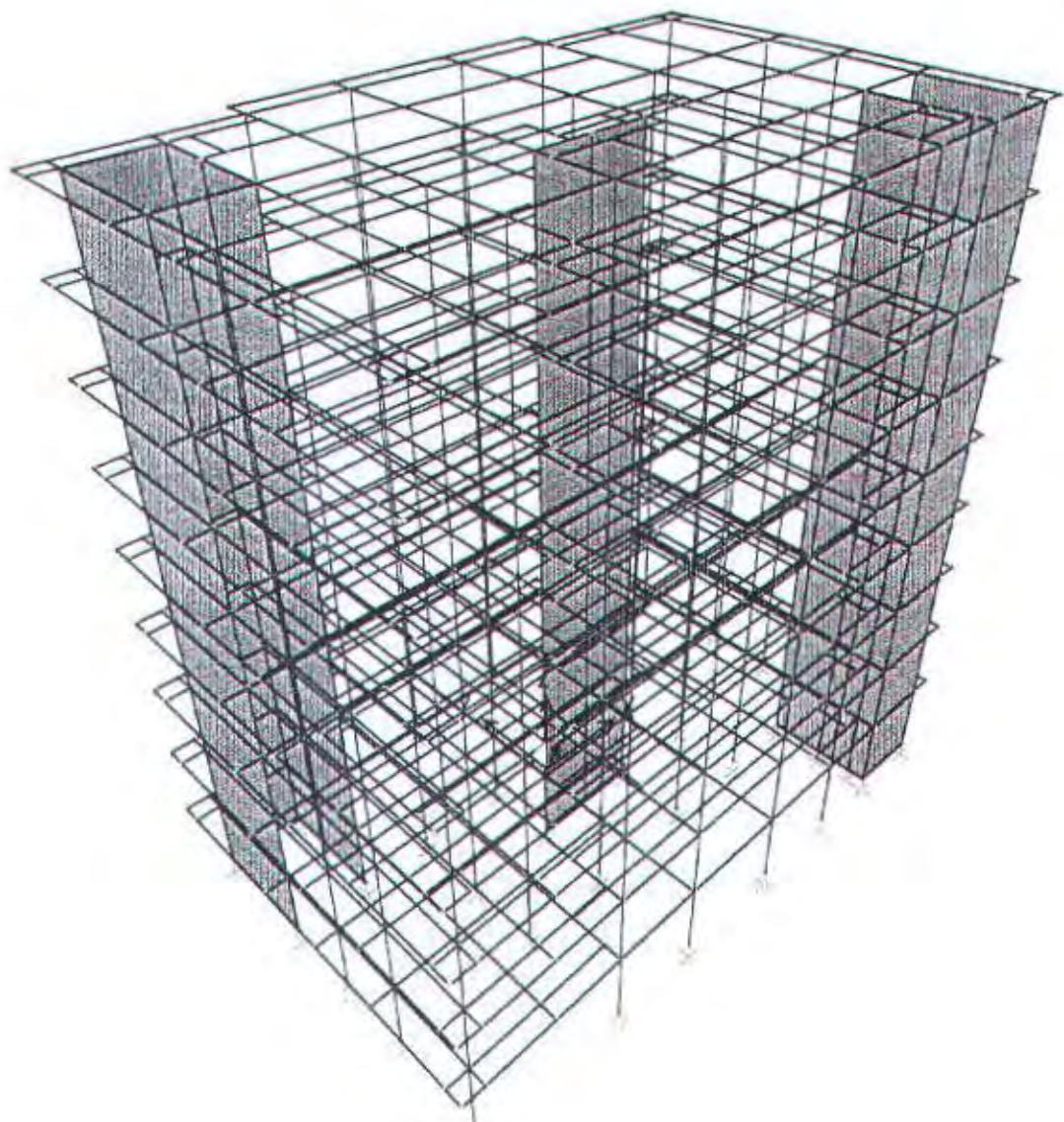
OUTPUT
; No Output Requested

END

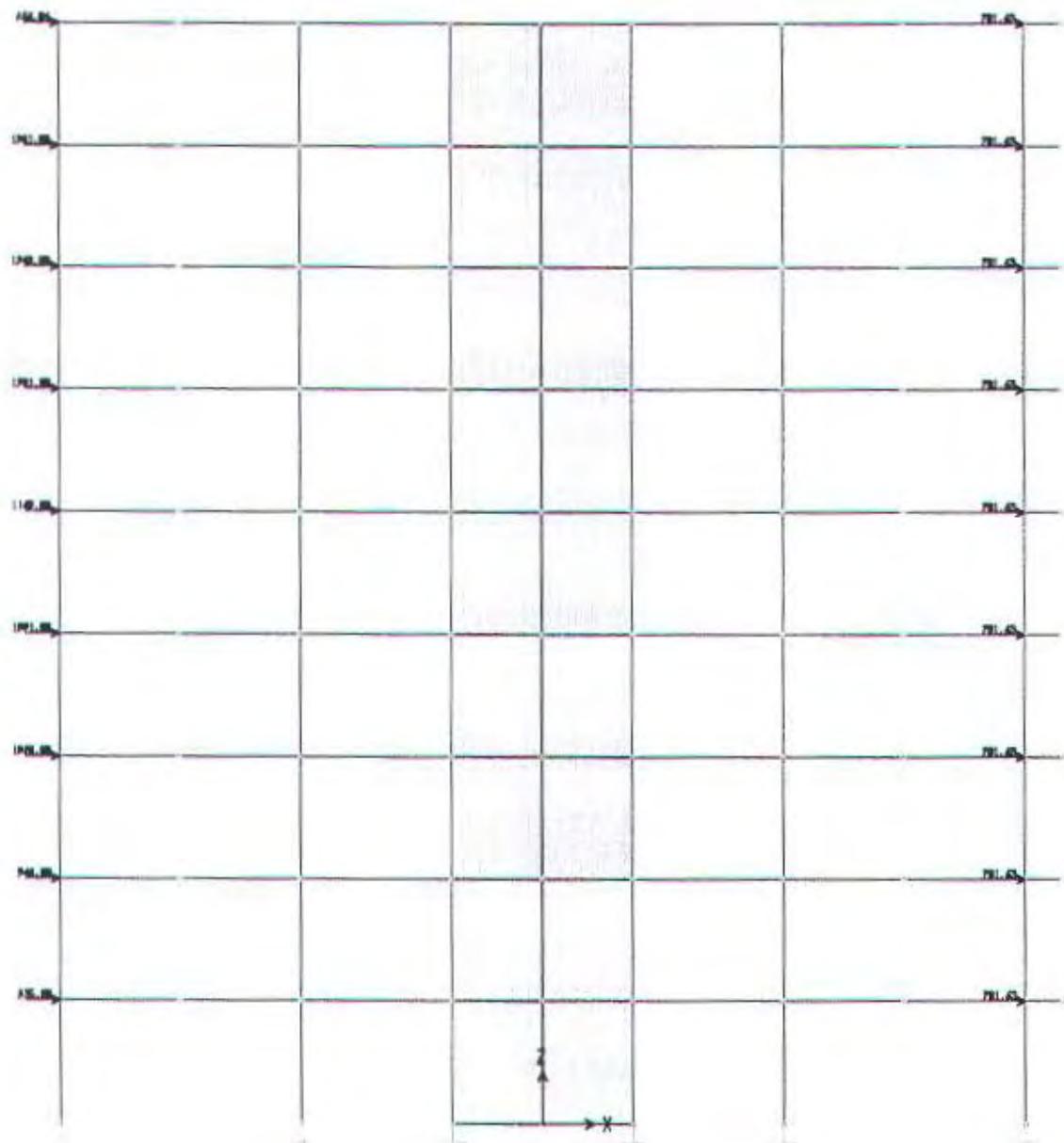
; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
SAP2000 V7.40 SUPPLEMENTAL DATA
  GRID GLOBAL X "1" -2.85
  GRID GLOBAL X "2" -3.55
  GRID GLOBAL X "3" -1.25
  GRID GLOBAL X "4" 2.55
  GRID GLOBAL X "5" 3.15
  GRID GLOBAL Y "6" -.7
  GRID GLOBAL Y "7" .7
  GRID GLOBAL Z "8" 0
  GRID GLOBAL Z "9" 2
  MATERIAL STEEL FY 2.531051E+07
  MATERIAL CONC FYREBAR 4.218418E+07 FYSHEAR 2.812279E+07 FC 2812279 FCSHEAR 2812279
  MATERIAL BETON FYREBAR 3.261978E+07 FYSHEAR 3.058104E+07 FC 3058104 FCSHEAR 3058104
  CONCRETESECTION PELATMIR BEAM COVERTOP .02 COVERBOTTOM .02
  CONCRETESECTION BORDES BEAM COVERTOP .02 COVERBOTTOM .02
  STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD
  STATICLOAD MATI TYPE DEAD
  STATICLOAD SENDIRI TYPE DEAD
  STATICLOAD HIDUP TYPE LIVE
  COMBO K1 DESIGN STEEL
  COMBO K1 DESIGN CONCRETE
END SUPPLEMENTAL DATA
```



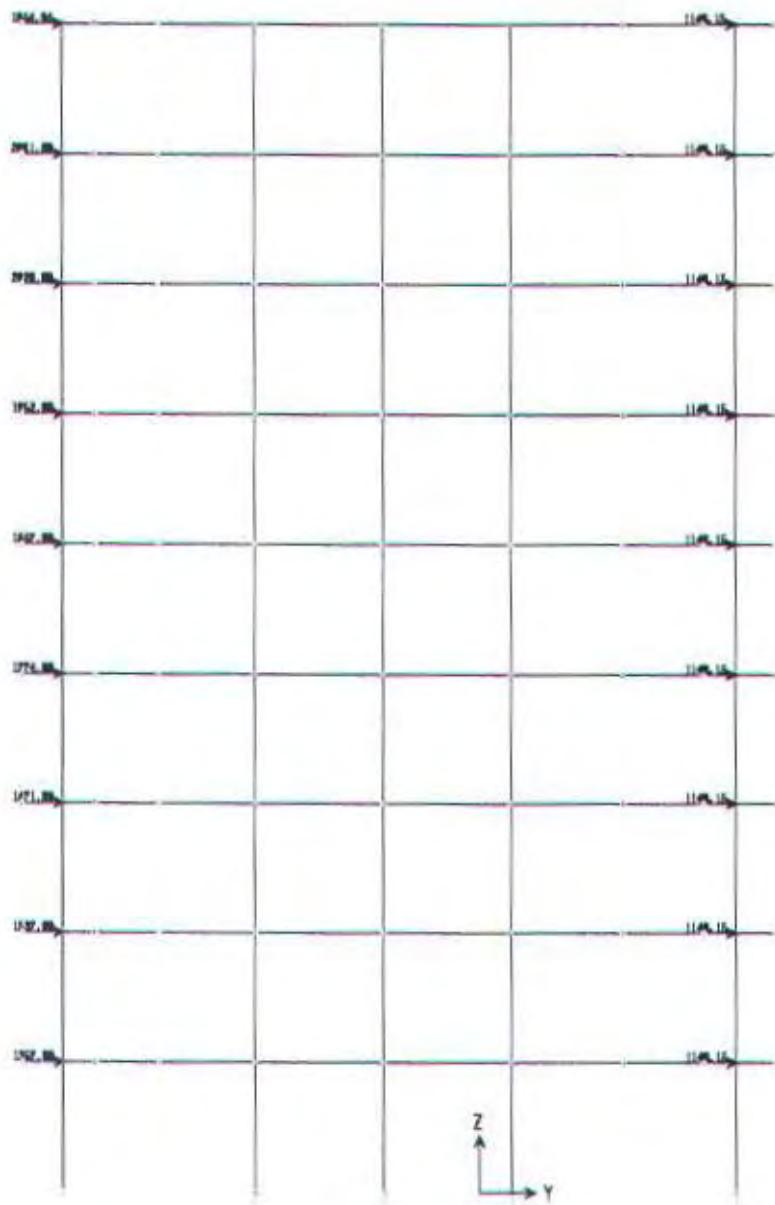
- File: UPN TANGGA 4x6 - Moment 3-3 Diagram (MATI) - Kgf-m Units



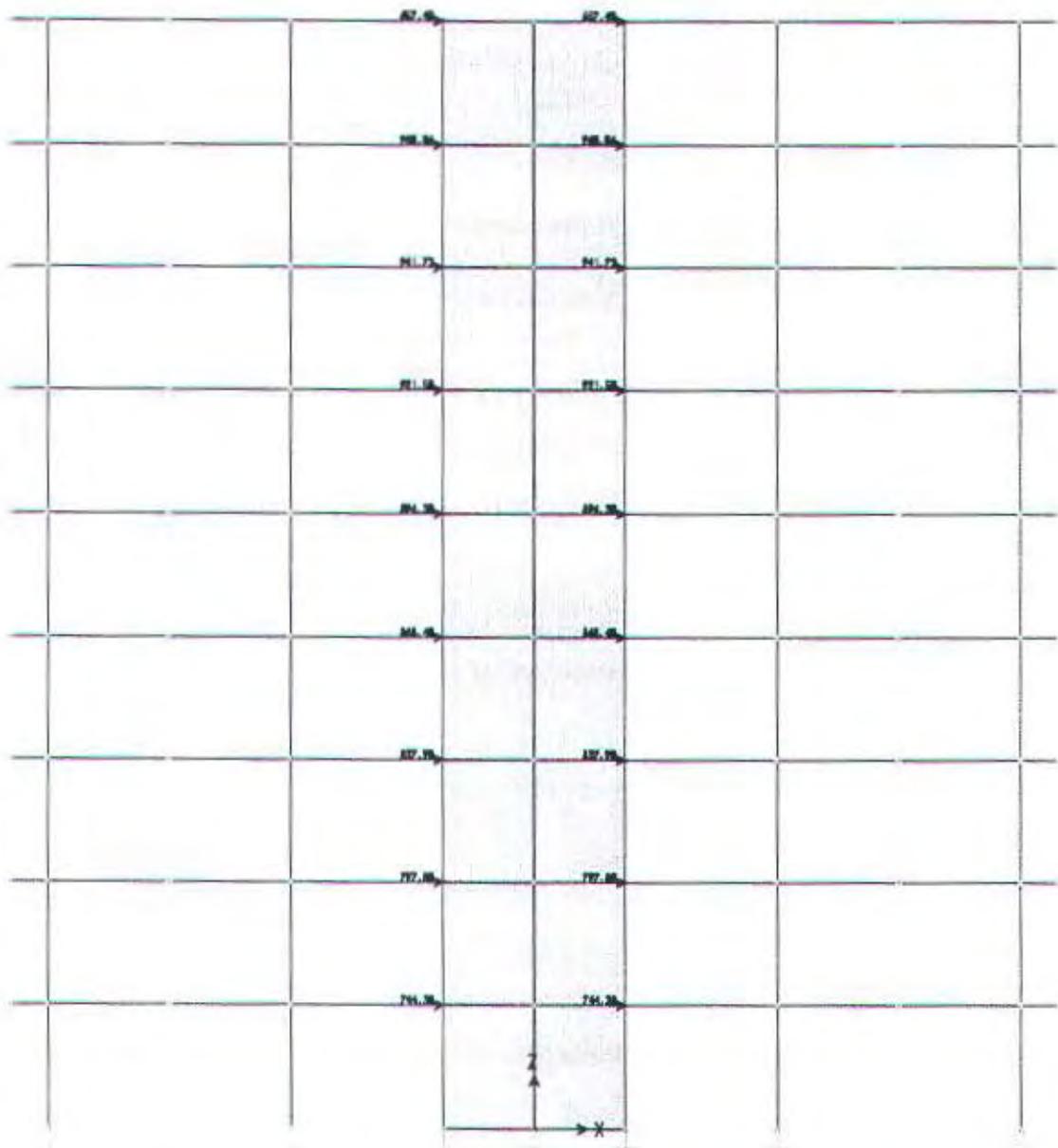
le UPN Pemodelan 2 Terbaru - 3-D View - Kgf-m Units



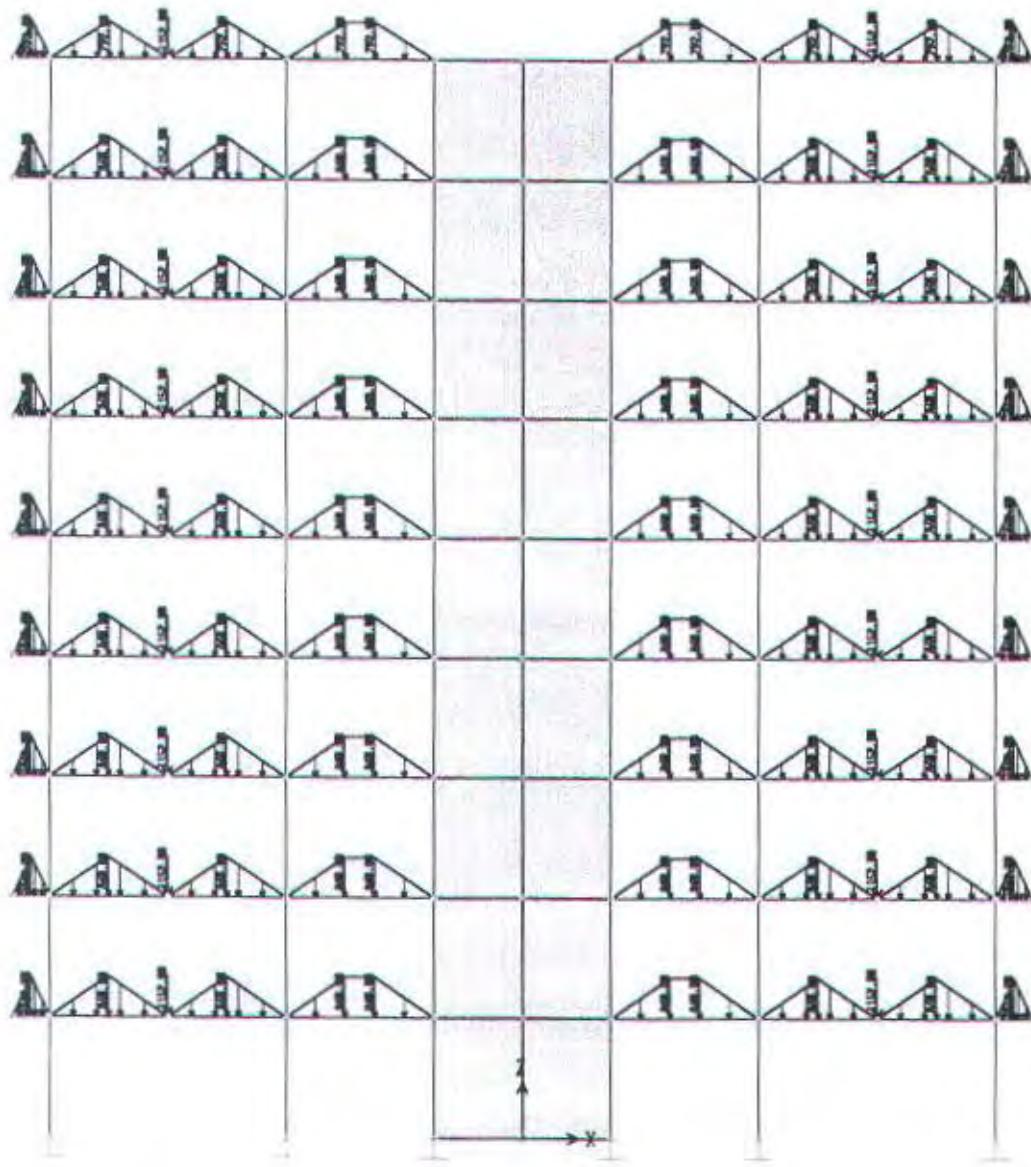
e:UPN Pemodelan 1 Terbaru - Joint Loads (ANGIN) - Kgf-m Units



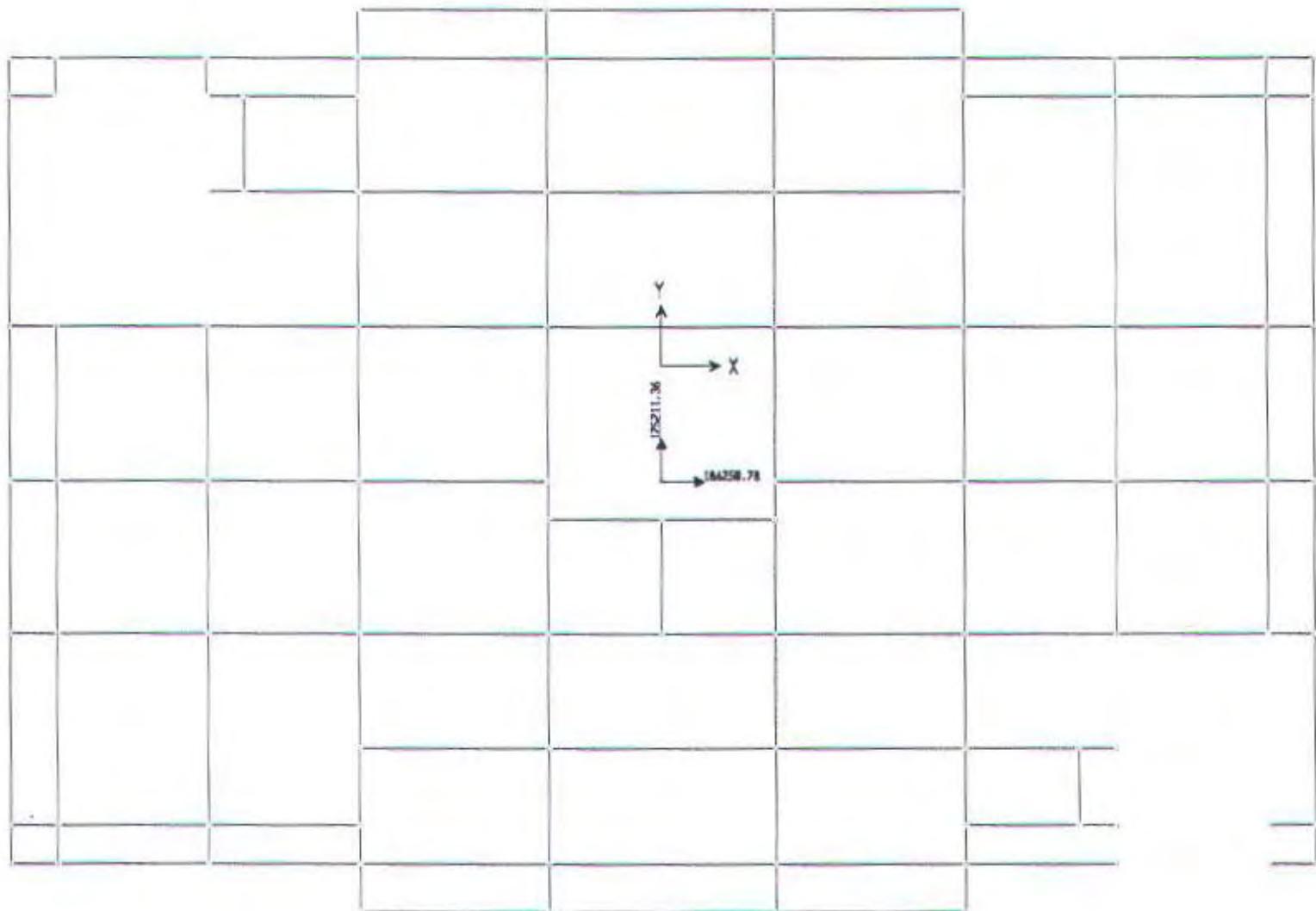
e:UPN Pemodelan 1 Terbaru - Joint Loads (ANGIN) - Kgf-m Units



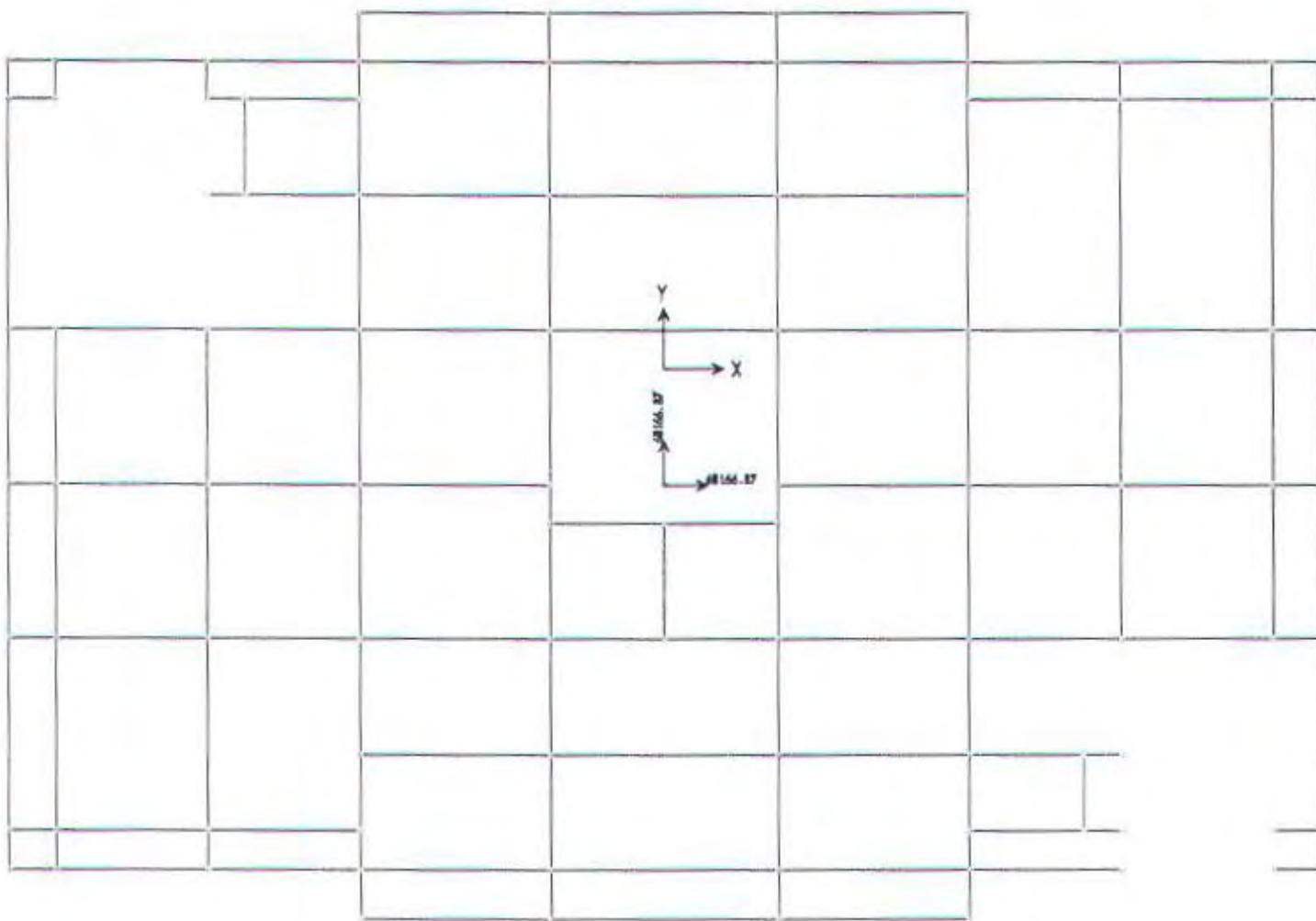
UPN Pemodelan 2 Terbaru - Joint Loads (ANGIN) - Kgf-m Units



e: UPN Pemodelan 1 Terbaru - Frame Span Loads GLOBAL-Z (MATL) - Kgf-m Units



v7.40 - File:UPN Pemodelan 1 Terbaru - Joint Loads (TORSI) - Kgf-m Units



v7.40 - File: UPN Pemodelan 1 Terbaru - Joint Masses - Kgf-m Units

LAMPIRAN

966	269.724420	269.724420	269.724420	.000000	.000000	.000000
967	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.660367
968	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.000000
799	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.210502
970	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.000000
971	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.000000
972	223.852920	223.852920	223.852920	.000000	.000000	.000000

TOTAL ASSEMBLED JOINT MASSES IN GLOBAL COORDINATES

UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TOTAL	1110898.43	1110896.43	6958076.817	.000000	.000000

TOTAL ACCELERATED MASS AND LOCATION TOTAL MASS ACTIVATED BY ACCELERATION LOADS, IN GLOBAL COORDINATES

UX	UY	UZ
MASS	793501.910	793501.910
X-LOC	0.427485	0.427485
Y-LOC	-3.107092	-3.107092
Z-LOC	19.476721	19.476721

Program SAP2000 Nonlinear Version 7.40 File:UPN Pemodelan 1 Terbaru.OUT
Page 4

MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2
------	------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------

1	0.700104	1.428359	8.974644	80.544232
2	0.675113	1.481234	9.306868	86.617794
3	0.416535	2.400757	15.094400	227.539129
4	0.175376	5.702046	35.827011	1283.575
5	0.157031	6.368156	40.012304	1600.984
6	0.095231	10.500794	65.978432	4353.154
7	0.085074	11.754470	73.855514	5454.637
----- THE FOLLOWING ARE RESIDUAL-MASS MODES -----				
8	0.075295	13.281042	83.447247	6963.443
9	0.063894	15.651006	98.338169	9670.396
10	0.064389	15.530628	97.581814	5522.210

Program SAP2000 Nonlinear Version 7.40 File:UPN Pemodelan 1 Terbaru.OUT
Page 5

MODAL PARTICIPATION FACTORS

FOR UNIT ACCELERATION LOADS IN GLOBAL COORDINATES

MODE	PERIOD	UX	UY	UZ
------	--------	----	----	----

1	0.700104	471.600052	568.901158	-0.313483
2	0.675113	581.992117	-465.323354	-0.531240
3	0.416535	2.167051	30.589110	-5.311800
4	0.175376	368.711658	20.176658	-0.918983
5	0.157031	-14.826238	286.358984	-0.722278
6	0.095231	-7.652172	-26.323099	-24.407641
7	0.085074	-18.405735	-2.980457	-165.591814
----- THE FOLLOWING ARE RESIDUAL-MASS MODES -----				
8	0.075295	-262.991055	-1.443249	13.948790
9	0.063894	-0.031029	-274.886418	5.526540
10	0.064389	0.070704	0.002131	-572.107178

_ Program SAP2000 Nonlinear Version 7.40 File:UPN Pemodelan I Terbaru.OUT

Page

6

MODAL PARTICIPATION MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.700104	28.0285	40.7874	0.0000	28.0285	40.7874	0.0000
2	0.675113	42.6861	27.2874	0.0001	70.7146	68.0747	0.0001
3	0.416535	0.0006	0.1179	0.0024	70.7152	68.1921	0.0064
4	0.175376	17.1327	0.0513	0.0002	87.8479	68.2440	0.0066
5	0.157031	0.0277	18.8120	0.0001	87.8756	87.0559	0.0068
6	0.095231	0.0074	0.0873	0.1343	87.8829	87.1432	0.1411
7	0.085074	0.0427	0.0011	6.1828	87.9256	87.1444	0.3238
----- THE FOLLOWING ARE RESIDUAL-MASS MODES -----							
8	0.075295	8.7163	0.0003	0.0439	98.6468	87.1446	6.3677
9	0.063894	0.0000	9.5227	0.0069	98.6468	97.0702	6.3746
10	0.064389	0.0000	0.0000	73.8005	98.6468	97.0702	60.1751

_ Program SAP2000 Nonlinear Version 7.40 File:UPN Pemodelan I Terbaru.OUT

Page

7

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS

LOAD, ACC, OR NLLINK/DEF (TYPE)	NAME	STATIC (PERCENT)	DYNAMIC (PERCENT)	EFFECTIVE PERIOD
LOAD	GRAFTY	99.7238	-> 98.1728<- (*) SEE NOTE	0.071443
LOAD	MATI	98.5214	97.1026	0.521647
LOAD	HIDUP	98.8841	97.3874	0.575403
LOAD	ANGIN	99.9987	97.4615	0.693815
LOAD	DISPLACE	0.0000	0.0000	-INFINITY-
LOAD	TORS1	99.9937	98.5603	0.416635
ACC	UX	100.0000	98.6468	0.680039
ACC	UY	100.0000	97.0702	0.685433
ACC	UZ	99.9998	80.1751	0.071686
ACC	RX	0.0000	0.0000	-INFINITY-
ACC	RY	0.0000	0.0000	-INFINITY-
ACC	RZ	0.0000	0.0000	-INFINITY-

(*) NOTE: DYNAMIC LOAD PARTICIPATION RATIO EXCLUDES LOAD APPLIED TO NON-MASS DEGREES OF FREEDOM

_ Program SAP2000 Nonlinear Version 7.40 File:UPN Pemodelan I Terbaru.OUT

Page

8

RESPONSE SPECTRUM ACCELERATIONS

IN RESPONSE-SPECTRUM LOCAL COORDINATES

SPEC SPEKI

MODE	PERIOD	DAMP-RATIO	U1	U2	U3
1	0.700104	0.050000	5.595075	5.595075	.000000
2	0.675113	0.050000	5.829939	5.829939	.000000
3	0.416535	0.050000	6.860000	6.860000	.000000
4	0.175376	0.050000	6.860000	6.860000	.000000
5	0.157031	0.050000	6.860000	6.860000	.000000
6	0.095231	0.050000	6.176315	6.176315	.000000
7	0.085074	0.050000	5.810240	5.910240	.000000
8	0.075295	0.050000	5.457795	5.457795	.000000
9	0.063894	0.050000	5.046857	5.046857	.000000
10	0.064389	0.050000	5.064707	5.064707	.000000

TABEL PENULANGAN PELAT SEBELUM KOMPOSIT

Type Pelat	Dim.	Lx	Ly	B	Crx	Cry	Mtx	Mty	Rn		Rho perlu		As perlu		As Terpasang		utk	tulangan Lapangan	As =
									arah x kg/m	arah y kg/m	arah x	arah y	Lap arah x	Lap arah y	Lap arah x mm²	Lap arah y mm²	arah x (D12-jarak.)	As =	arah y (D12-jarak.)
A	5x4	4.85	3.65	1.3	66	44	484	322.6	2.0746	2.28627	0.0067707	0.0074973	379.161	419.85008	240	471	240	471	
B	5x3.5	4.85	3.175	1.5	75	43	416.1	238.6	1.7838	1.69062	0.0057844	0.005471	323.92499	306.37642	240	471	240	471	
C	6x3.5	5.85	3.175	1.8	93	39	516	216.4	2.2119	1.53335	0.0072413	0.0049452	405.51397	276.93005	240	471	240	471	
D	6x4	5.85	3.65	1.5	80	42	586.8	308	2.5146	2.18235	0.0082895	0.0071397	464.20928	399.82451	240	471	240	471	
F	4x3	3.725	2.875	1.4	73	44	287.5	173.3	1.2325	1.22798	0.0039493	0.0039346	221.16053	220.33588	240	471	180	628	
H	5x3	4.85	2.675	1.7	88	40	346.6	157.5	1.4857	1.11634	0.0047866	0.0035685	268.04858	199.83468	240	471	240	471	
I	6x3	5.85	2.675	2.1	103	36	405.7	141.8	1.7389	1.00471	0.0056333	0.0032041	315.46678	179.43157	240	471	240	471	
J	6x1.25	5.7	0.975	5.8	125	25	65.4	13.08	0.2804	0.09269	0.000881	0.0002902	49.33621	16.250573	240	471	240	471	
K	5x1.25	4.7	0.98	4.8	125	25	66.08	13.22	0.2832	0.09364	0.0008901	0.0002932	49.846385	16.417982	240	471	240	471	
L	1.25x1	0.98	0.675	1.5	78	43	19.58	10.78	0.0839	0.07641	0.0002625	0.0002391	14.697957	13.392329	240	471	240	471	
M	4x4	3.85	3.675	1	44	44	327.1	327.1	1.4021	2.3177	0.004509	0.0076058	252.5059	425.92541	240	471	240	471	
N	4x3	3.725	2.675	1.4	106	35	417.5	137.8	1.7896	0.9768	0.0058039	0.0031133	325.01563	174.34597	240	471	240	471	
P	4x1	3.675	0.68	5.4	125	25	31.81	6.363	0.1364	0.04509	0.0004273	0.000141	23.929459	7.8971469	240	471	240	471	
S	6x1.25	5.7	1.1	5.2	125	25	83.25	16.65	0.3569	0.11798	0.0011231	0.0003696	62.893513	20.694815	240	471	240	471	
T	5x1.25	4.7	0.925	5.1	40	36	18.84	16.95	0.0808	0.12014	0.0002527	0.0003763	14.153758	21.073692	240	471	240	471	
U	3x2.5	2.825	2.2	1.3	66	44	175.8	117.2	0.7537	0.83059	0.0023911	0.0026393	133.90414	147.80149	240	471	240	471	
V	3x2	2.7	1.7	1.6	84	41	133.6	65.22	0.5728	0.46214	0.0018105	0.0014575	101.38605	81.52062	240	471	240	471	
W	4x1.25	3.7	0.925	4	85	42	40.03	19.78	0.1716	0.14016	0.000538	0.0004392	30.130763	24.595703	240	471	240	471	

Catatan

Rho min = 0.002 maka As min = 106 mm² (arah x)

As min = 84 mm² (arah y)

Rho mak = 0.033 maka As mak = 1782 mm² (arah x)

As mak = 1386 mm² (arah y)

TABEL. PENULANGAN PELAT SESUADAH KOMPOSIT

Catalan

Bila $m_1 = 0,002$ maka $As \min = 208 \text{ mm}^2$ (atau x)

$\Delta g_{\text{min}} = 184 \text{ mm}^2$ (math v)

AS 1111 = 184 MILE (300 KM)

Rho maks = 0.033 maka As min = 3432 mm² (arah x)

$A_{S\min} = 3036 \text{ mm}^2$ (arbitrary)

卷之三

Tabel Penulangan Pelat Sesudah Komposit

TABEL PENULANGAN PELAT AKIBAT PENGANGKATAN

Type Pelat	Dim.		Mx	My	Rn		Rho	perlu	As perlu (Tump = Lap)		As terpasang (Tump = Lap)			
	Y	X			arah x	arah y	arah x	arah y	arah x	arah y	arah x (D12-jarak..)	As = ..	arah y (D12-jarak..)	As = ..
			kg.m	kg.m					mm	mm^2	mm	mm^2		
A	5	4	1244.16	777.6	5.3333	5.5102	0.0189	0.0196	1021.17767	824.8711373	100	1130.4	130	869.538
B	5	3.5	952.56	680.4	4.0833	4.8214	0.014	0.0168	755.3657	707.624259	140	807.429	150	753.6
C	6	3.5	1143.072	979.776	4.9	6.9429	0.0172	0.0259	926.658695	1088.158535	120	942	100	1130.4
D	6	4	1492.992	1119.744	6.4	7.9347	0.0235	0.0307	1266.34883	1290.086304	80	1413	80	1413
F	4	3	559.872	373.248	2.4	2.6449	0.0079	0.0087	426.097875	367.2988177	240	471	240	471
H	5	3	699.84	583.2	3	4.1327	0.01	0.0142	540.154377	595.3694386	200	565.2	180	628
I	6	3	839.808	839.808	3.6	5.951	0.0122	0.0215	657.778091	902.8595118	160	706.5	110	1027.64
J	6	1.25	145.8	349.92	0.625	2.4796	0.002	0.0082	106.79405	343.0264616	240	471	240	471
K	5	1.25	121.5	243	0.5208	1.7219	0.0016	0.0056	88.8070886	234.1992061	240	471	240	471
L	1.25	1	19.44	12.15	0.0833	0.0861	0.0003	0.0003	14.0855551	11.31936616	240	471	240	471
M	4	4	995.328	497.664	4.2667	3.5265	0.0147	0.0119	793.091435	500.2449371	140	807.429	220	513.818
N	4	3	559.872	373.248	2.4	2.6449	0.0079	0.0087	426.097875	367.2988177	180	628	120	942
P	4	1	62.208	124.416	0.2667	0.8816	0.0008	0.0028	45.2378061	117.7870976	240	471	240	471
S	6	1.25	145.8	349.92	0.625	2.4796	0.002	0.0082	106.79405	343.0264616	200	565.2	180	628
T	5	1.25	121.5	243	0.5208	1.7219	0.0016	0.0056	88.8070886	234.1992061	240	471	240	471
U	3	2.5	291.6	174.96	1.25	1.2398	0.004	0.004	216.378097	166.8841865	240	471	240	471
V	3	2	186.624	139.968	0.8	0.9918	0.0025	0.0032	137.186985	132.8140057	240	471	240	471
W	4	1.25	97.2	155.52	0.4167	1.102	0.0013	0.0035	70.8965775	147.9115067	240	471	240	471

CatatanRho min = 0.002 maka As min = 108 mm² (arah x)As min = 84 mm² (arah y)Rho mak = 0.033 maka As mak = 1782 mm² (arah x)As mak = 1386 mm² (arah y)

TABEL PENULANGAN TUMPUAN
BALOK INDUK

$f'_c = 30 \text{ MPa}$, $\gamma = 1.30 \text{ kN/m}^3$

decking = 40 mm

$\rho_{\text{tang min}} = 0.004375$, $\rho_{\text{tang max}} = 0.033$

$m = 12.35$

TULANGAN TUMPUAN BALOK INDUK DTM. 35/70

δ tulangan = 25 mm

δ tang min = 17 mm

δ tang max = 25 mm

δ tang min = 17 mm

Lantai	no.	D	Dimension			M+	M-	Re M+	Re M-	rho perlu	rho jalinan	As jalinan	(Beton jalinan)	
			dim. (cm)	b (mm)	h (mm)									
dej	73	35/70	350	700	635.5	54.1534000	53.5204100	4.0504042	4.7459792	0.0165505	0.0165505	0.0165505	36.70/013	
9	221	35/70	350	700	635.5	72.9521200	5.450167	5.4443164	0.023716	0.0236442	0.023716	52.49/73	25	
8	349	35/70	350	700	635.5	75.52344700	6.6730000	6.6530000	0.0246996	0.0245833	0.0246996	5.446/413	25	
7	490	35/70	350	700	635.5	76.91772300	7.901824	6.9715143	0.026182	0.0250722	0.026182	57.83/05	25	
6	631	35/70	350	700	635.5	76.9041600	6.8890888	6.896495	0.0255136	0.0255694	0.0255136	55.60/675	25	
5	772	35/70	350	700	635.5	75.54621600	6.3900000	6.8606031	6.8405014	0.0252233	0.0254572	0.0252233	5.66/6125	25
4	913	35/70	350	700	635.5	70.8191500	6.2057000	6.248576	0.022845	0.0227889	0.022845	50.9/129	25	
3	1054	35/70	350	700	635.5	54.44889100	5.94155300	5.1773000	5.1659017	0.018229	0.018229	0.018229	5.09/875	25
2	1195	35/70	350	700	635.5	366.292100	3.52638400	3.5264502	0.01183	0.01183	0.01183	0.01183	2043.75	25

TULANGAN TUMPUAN BALOK INDUK DTM. 35/85

δ tulangan = 25 mm

δ tang min = 17 mm

Lantai	no.	D	Dimension			M+	M-	Re M+	Re M-	rho perlu	rho jalinan	As jalinan	(Beton jalinan)	
			dim. (cm)	b (mm)	h (mm)									
atap	375	35/85	350	850	785.5	10.45949000	5.619158100	5.609763	0.017225	0.0160443	0.017225	43.98/8	25	
9	637	35/85	350	850	785.5	13.646617100	12.342566100	12.04391200	7.495148	0.0247424	0.0247424	60.64/35	25	
8	780	35/85	350	850	785.5	785.5	785.5	785.5	0.02494	0.02494	0.02494	6.66/875	25	
7	921	35/85	350	850	785.5	14.79702000	1.404071500	0.5648936	8.12716	0.027227	0.0253684	0.027227	68.73/125	25
6	1063	35/85	350	850	785.5	14.99671600	1.414644000	8.1485357	0.0256722	0.0255619	0.0256722	7.146/05	25	
5	1160	35/85	350	850	785.5	14.47695200	1.3063637500	7.991518	0.026427	0.0248050	0.026427	6.598/2	25	
4	1175	35/85	350	850	785.5	13.27112400	1.2181912400	7.681699	7.4030588	0.0234557	0.022467	0.0234557	7.369/375	25
3	1203	35/85	350	850	785.5	10.64304200	1.050747100	6.2765257	6.080219	0.0182324	0.0176488	0.0182324	5.66/725	25
2	1233	35/85	350	850	785.5	366.292100	3.52638400	3.5264502	0.01183	0.01183	0.01183	0.01183	2043.75	25

TULANGAN TUMPUAN BALOK LUAR DTM. 35/30

δ tulangan = 25 mm

δ tang min = 17 mm

Lantai	no.	D	Dimension			M+	M-	Re M+	Re M-	rho perlu	rho jalinan	As jalinan	(Beton jalinan)	
			dim. (cm)	b (mm)	h (mm)									
atap	64	20/30	300	245.5	4.10296000	2.25415700	2.1307980	0.014597	0.014597	0.014597	736.5	343.7	25	
9	212	20/30	300	245.5	5.39112800	5.590735	2.7852968	0.019975	0.019975	0.019975	441.8	255.7	25	
8	341	20/30	300	245.5	6.2152500	6.1502628	2.51514	0.0243907	0.019567	0.0243907	540.1	1178.4	25	
7	482	20/30	300	245.5	5.81212800	3.04109400	7.0742639	3.136882	0.026616	0.011948	0.026616	1235.7	549.2	25
6	623	20/30	300	245.5	7.0084000	3.0504200	7.267744	3.6323872	0.027435	0.012206	0.027435	1374.6	589.7	25
5	764	20/30	300	245.5	7.0392600	3.0197950	7.300076	3.6550113	0.0275089	0.012366	0.0275089	1471.875	589.7	25
4	905	20/30	300	245.5	6.7856900	3.03926450	7.036732	3.5183665	0.026345	0.011881	0.026345	1276.6	589.2	25
3	1046	20/30	300	245.5	6.69640200	3.0345100	6.951746	3.467973	0.025783	0.011659	0.025783	1276.6	589.2	25
2	1187	20/30	300	245.5	5.85916000	2.84849500	5.90936	2.9643868	0.023132	0.008247	0.023132	431	1471.875	25

NB: Konstanta pemotongan berlaku untuk tahanan tegangan

LAMPIRAN

TABEL PENUTUPAN LAPANGAN

SAKINDUK

卷之三

卷之三

卷之三

TULANE LAFAYETTE BALLOT INDEX DIA 35/70

四百三

1

CEH at 150nm nm	CEH nm	CEH nm	CEH nm	CEH nm	CEH nm
34.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
54.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
24.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
34.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
54.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
34.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
54.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
34.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
54.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
34.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19
54.85±16.05	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19	17.85±9.19

TURKISH LEATHER INDUSTRY LTD. 35/65

四百三

CPN	W	H	Drown	CSC	No. of Lys.	NET
13	47843132			115	9525416	OK
13	55253702			115	95454416	OK
13	6102527160			115	95303925	OK
13	6102527162			115	95232375	OK
13	6102527295			115	9517490	OK
13	6102527333			115	9526653	OK
13	6102527337			115	9545416	OK
13	6102527338			115	9525416	OK
13	6102527413			115	9525416	OK

Tabel Penulangan Lapangan B.Induk

LAMPIRAN

TABEL PENULANGAN GESEER DAN TORSI BALOK INDUK

EJPN 622 - M. EJPN (P = 2)

Dedding = 40 mm

Dust particles \rightarrow 35 nm. Dose limit = 12 nm

TABEL PENULANGAN GESE DAN TERSI & INDUK dim 35/70

TABEL PENGETAHUAN KECERDASAN DALI TOSALI ■ DILAKUKAN PADA 30.05.2015

TASIH PENGETAHUAN DAN TAKHAWWUT 20/30

*Tu < Tu nuc → Tuangan first dibakar
nun p > glc → perlu dilawan geser*

Tabel Penulangan Geser dan Torsi B.Induk

TABEL PENULANGAN LENTUR KOLOM

 $E' = 30 \text{ GPa}$ $F_y = 329 \text{ MPa}$

Diameter tul. Utama = 32mm

Diameter lingkung = 10 mm

Lantai	no.ID	Dlm. Kolom b (mm)	Dlm. Kolom h (mm)	Muk.x (N/mm)	Muk.y (N/mm)	Mnx (N/mm)	Mny (N/mm)	Muk.x (N)	Muk.y (N)	Ambil yg. terbesar lx1	Ambil yg. terbesar lx2	Ambil yg. terbesar ky1	Ambil yg. terbesar ky2	Rho (dari nogram)	As putu (mm ²)	As pekat (mm)	n	Luas(mm ²)	Rho aktual
9	1342	800	800	1218480840	1309250300	1923466517	1965364368	456189.9	456189.9	3.759771	3.838602	0.7-2797	0.71297	3.85%	24640	32	32	25722.88	4.02%
8	1343	800	800	1004680170	1158954020	1620270796	1700935690	1094536	1094536	3.18217	3.32214	1.7-0213	1.710213	3.35%	21440	32	28	22507.52	3.52%
7	1344	800	800	1163732040	1254955700	1839321263	1681290645	1678280	1678280	3.592424	3.674396	2.622313	2.622313	3.40%	21760	32	28	22507.52	3.52%
6	1345	800	800	1178080740	1249091490	1850669449	1883442628	2315009	2315009	3.614597	3.678599	3.6-7202	3.617202	3.50%	22400	32	28	22507.52	3.52%
5	1346	800	800	1258841700	1234711890	1923686564	1912549729	2956714	2956714	3.7572	3.735449	4.619866	4.619866	3.20%	23480	32	28	22507.52	3.52%
4	1347	800	800	1195164900	1164452580	1822177828	1808002911	3621700	3621700	3.558941	3.531256	5.858906	5.658896	2.75%	17600	32	24	19292.16	3.01%
3	1348	800	800	1099174500	1030099650	1658689858	1630963142	4248300	4248300	3.239629	3.185425	6.637969	6.637969	2.10%	13440	32	20	16076.8	2.51%
2	1349	800	800	939528900	827291340	1394993466	1333191517	4819200	4819200	2.705065	2.60389	7.53	7.53	1.20%	7680	32	12	9646.08	1.51%
1	1350	800	800	693981450	542629260	8801664363	9163115793	4635310	4635310	1.926106	1.789571	7.242672	7.242672	1.00%	6400	32	8	6430.72	1.00%

CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN DGN BRESLER RECIPROCAL METHOD

Pob (N)	Muk,x/Ag.h	Rho	0.65Pnx/Ag (dari nomogram)	Pnx (N)	Muk,y/Ag.h	Rho	0.65Pny/Ag (dari nomogram)	Pny (N)	Pnb (N)	Pu (N)	Pn = Pu/0.65 (N)	Pnb > Pn
13863010.3	2.37984539	3.85%	14	13784615.38	2.55714707	3.85%	15	14769230.77	14680284.43	456189.9	701830.6154	OK !
13378134.02	1.96226596	3.35%	14.5	14276923.08	2.2655352	3.35%	19.1	18806153.85	20632021.9	1094536	1683901.538	OK !
13378134.02	2.27291414	3.40%	16	15753846.15	2.45051895	3.40%	20.5	20184615.38	26129851.27	1678280	2581989.231	OK !
13378134.02	2.30093895	3.50%	17	16738461.54	2.43963176	3.50%	21.3	20972307.69	30603752.17	2315009	3561552.308	OK !
13378134.02	2.4586752	3.20%	17.2	16935384.62	2.41154666	3.20%	21.5	21169230.77	31708286.67	2956714	4548790.769	OK !
12893257.73	2.33430645	2.75%	17.3	17033846.15	2.27432145	2.75%	21.6	21267692.31	35503286.81	3621700	5571846.154	OK !
12408381.44	2.1468252	2.10%	15	14769230.77	2.02949209	2.10%	21.4	21070769.23	28921162.05	4248300	6535846.154	OK !
11438628.86	1.83501738	1.20%	15.3	15064615.38	1.6158034	1.20%	20	19692307.69	33625987.6	4819200	7414153.846	OK !
10953752.58	1.35543252	1.00%	13.5	13292307.69	1.05982277	1.00%	21	20676923.08	30958159.39	4635310	7131246.154	OK !

TABEL PERHITUNGAN TORSI KOLOM

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

$f_y = 320 \text{ MPa}$

D Tul. utama = 32 mm

D sengkang = 12 mm

Lantai	no.ID	Tu (Nmm)	Tu mak (Nmm)	KETERANGAN
9	1342	22149500	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
8	1343	28786100	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
7	1344	29612800	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
6	1345	29925500	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
5	1346	29392400	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
4	1347	27455200	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
3	1348	23692200	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
2	1349	17472000	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan
1	1350	6812500	140216974.7	Tu < Tu mak shg pengaruh torsi dpt diabaikan

LAMPIRAN

TABEL PENILAIAN GESER KOLOM

30 APP

卷之三

卷之三

卷之三

- Fall generell $\left(\frac{1}{2} \phi U_C < V_H < \phi U_C \right) \rightarrow A_V = \frac{\delta U_A}{3 \cdot \delta V}$
- Fall generell $(\phi U_C < V_H) \rightarrow A_V = \frac{(U_H - \phi U_C)_S}{\phi U_C d}$

- Fall gesetzmäßig: $\min\left(\frac{1}{2}\phi U_C < U_H < \phi U_C\right) \rightarrow A_V = \frac{\phi - U_H}{U_H - \phi U_C}$
- Fall gesetzmäßig: $A_V = \frac{U_H - \phi U_C}{\phi - U_H}$

ng derah uju
- h uk Nuk
- 1 Sh nk N
- 1/6 beruang
- 150 ...

disebut ujung lo (SKSN 3.14.9 - 6.3) :
 - h uk Nuk - 0,5 Ag & 800mm
 - 1,5h uk Nuk - 0,3 Ag ff - 1200mm
 - 100 bentang fess dan kambukan struktur - 600 mm

Peninggian daerah ujung 10 (BSN) 3,14,9 - 6,13
 10 > 10 m Nuk - 0,3 Ag K⁺ - 8000mm
 > 1,5 m Nuk - 0,3 Ag K⁺ - 1200mm
 > 1,6 ketinggian berlakuh dan kampungan sinkhar
 >450 mm

1

m

320 m
400 m

1 kolumn =

64 min
intercept
longitude
m

$d/2 = 3$
 $\leq 5\%$, $d/10$, $D/10$,
 ≤ 200 mm

1108

3

$$Mv = \frac{b}{3}$$

100

176

14

112

100

863/87

• Tut

Tabel Penulangan Geser Kolom

LAMPIRAN

TABEL PENILAIAN LENTUR SHEARWALL

卷之三

$$D_{\text{eff}} = 16 \text{ mm}$$

$$d_{\text{clocking}} = 40 \text{ nm}$$

TABEL PENULANGAN GESEN HORIZONTAL (Av)

SHARWALL

THE AMERICAN

卷之三

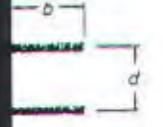
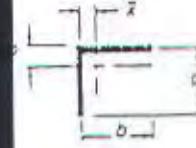
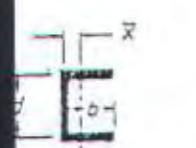
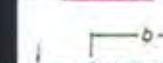
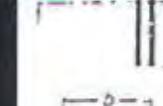
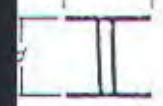
Type	Parameter		Preprocessing		Feature		Model		Evaluation		Total Performance	
	Label	Input	Label	Input	Label	Input	Model	Label	Input	Model	Label	Input
1. Classification	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
2. Regression	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
3. Clustering	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
4. Anomaly Detection	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
5. Time Series Forecasting	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
6. Natural Language Processing	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
7. Computer Vision	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
8. Reinforcement Learning	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
9. Generative Models	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]
10. Explainability	Label	[None]	Label	[None]	Label	[None]	Model	Label	[None]	Model	Label	[None]

TABEL PENULANGAN GESER VERTIKAL (Ah) SHEARWALL $f_c' = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 320 \text{ MPa}$ $D_{tul} = 10 \text{ mm}$

Decking = 40 mm

type SW	tebal (mm)	Lw (mm)	d (mm)	An vertikal perlu (mm ²)	Tul. terpasang		An ada (mm ²)	Keterangan
					D (mm)	s1 (mm)		
A	400	6000	4800	4800	10	150	5024	An ada > An vertikal perlu OK!
B	400	4000	3200	3200	10	150	3349.33333	An ada > An vertikal perlu OK!
C	400	6000	4800	4800	10	150	5024	An ada > An vertikal perlu OK!

5.12 Properties of weld groups treated as lines ($t_w = 1$)

Section $h = \text{width}; d = \text{depth}$	Section modulus* I_x/y	Polar moment of inertia, I_p , about center of gravity
	$S = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
	$S = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3h^2 + d^2)}{6}$
	$S = hd$	$I_p = \frac{hd(3d^2 + h^2)}{6}$
	$\bar{S} = \frac{d^2}{2(h+d)}$	$S = \frac{4hd + d^2}{6}$ $I_p = \frac{(h+d)^4 - 6h^2d^2}{12(h+d)}$
	$\bar{S} = \frac{h^2}{2(h+d)}$	
	$S = \frac{h^2}{2h+d}$	$I_p = \frac{8h^3 + 6hd^2 + d^3}{12}$ $= \frac{h^4}{2h+d}$
	$\bar{S} = \frac{d^2}{h+2d}$	$S = \frac{2hd + d^2}{3}$ $I_p = \frac{h^3 + 6h^2d + 8d^3}{12}$ $= \frac{d^4}{2d+h}$
	$S = hd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(h+d)^4}{6}$
	$\bar{S} = \frac{2hd + d^2}{3}$	$I_p = \frac{h^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{h+2d}$
	$S = hd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{h^3 + 3h^2 + d^3}{6}$
	$S = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

Tiang Pancang Wika

Jenis Tiang
Type of Pile

Bentuk Penampang
Pile Section

Proses Produksi
Manufacturing Process

Splice Standard

Standard Dimension

Tiang Pancang Beton Pratekan
Prestressed Concrete Pile

Bulat Berongga
Round Hollow

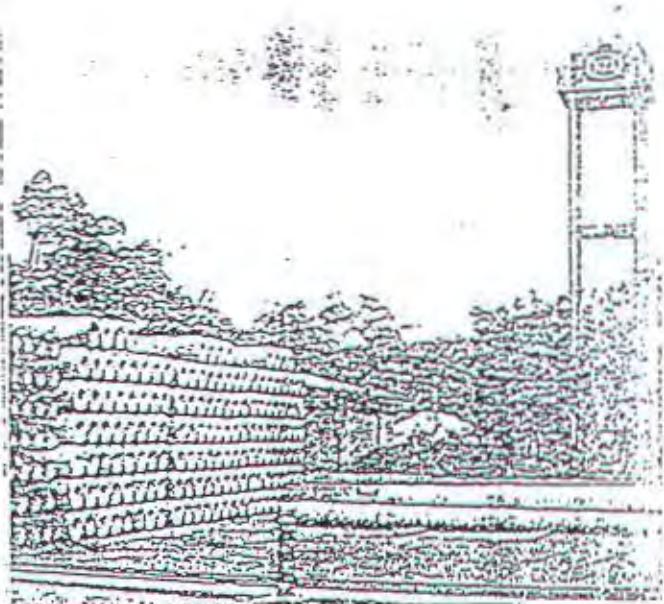
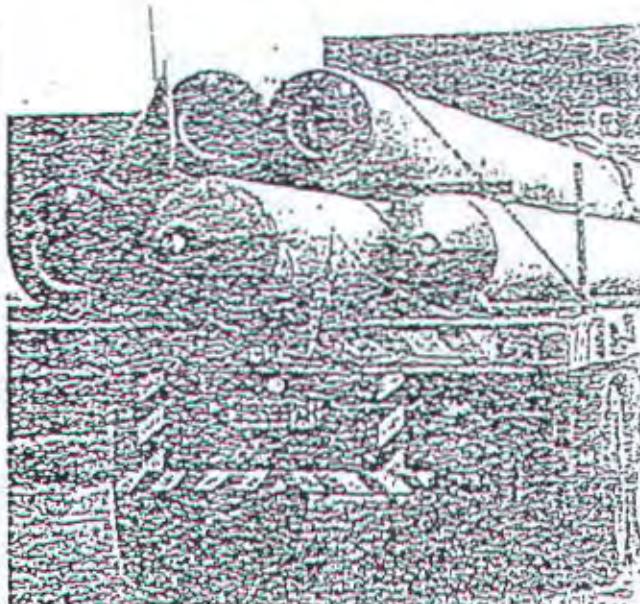
Sistim Sentrifugal
Centrifugal Casted

Plat Sambung baja dilas
Welded steel Joint Plate



Diameter Diameter (mm)	Tebal Thickness (mm)	Berat Satuan Unit Weight (kg/m)	Panjang per Segmen Length of Each Section (m)
350	70	148	6 - 20
400	75	195	6 - 20
450	80	237	6 - 20
500	90	296	6 - 18
600	100	400	6 - 18

*) Kelipatan 1 m
1 m interval

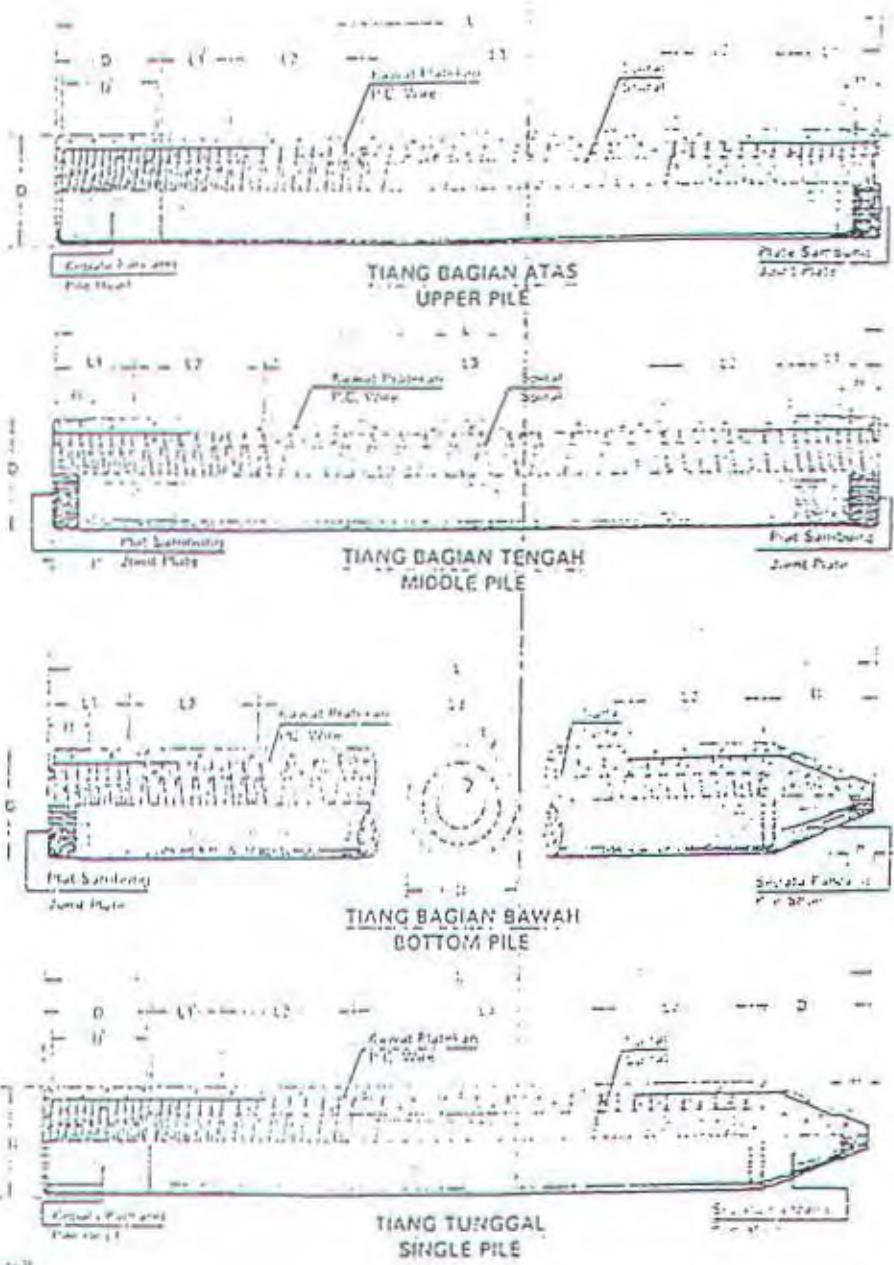


WIKA PILE CLASSIFICATION

No.	Diameter mm	Length mm	Class	PC & WIRE		Area of steric (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Effective Pressure (kN/cm ²)	Allowable Axial Load (kN)	Bending Moment (kNm)	
				D mm	Number							
1	350	70	A1	7	8	3.03	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
			A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.89	4.20	6.30
			B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97	5.00	9.00
			C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
2	400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
			A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75
			B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79	7.50	13.50
				7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83	7.50	13.50
			C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	18.00
3	450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25
			A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75
			A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00
				7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00
			B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.80
			C	9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00
			A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
4	500	90	A2	7	20	7.70	1159.25	10399.63	60.19	169.34	12.50	18.75
				9	12	7.63	1159.25	10398.31	56.02	170.63	12.50	18.75
			A3	7	24	9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00
			B	7	28	10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00
			C	9	24	15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	34.00
5	600	100	A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
			A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50
			A3	9	20	12.72	1570.80	17411.53	66.82	226.69	22.00	33.00
				7	32	12.32	1570.80	17393.90	69.38	225.62	22.00	33.00
			B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
			C	9	32	20.36	1570.80	17643.44	102.89	211.60	29.00	58.00

Notes :

1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm² at 28 days.
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.

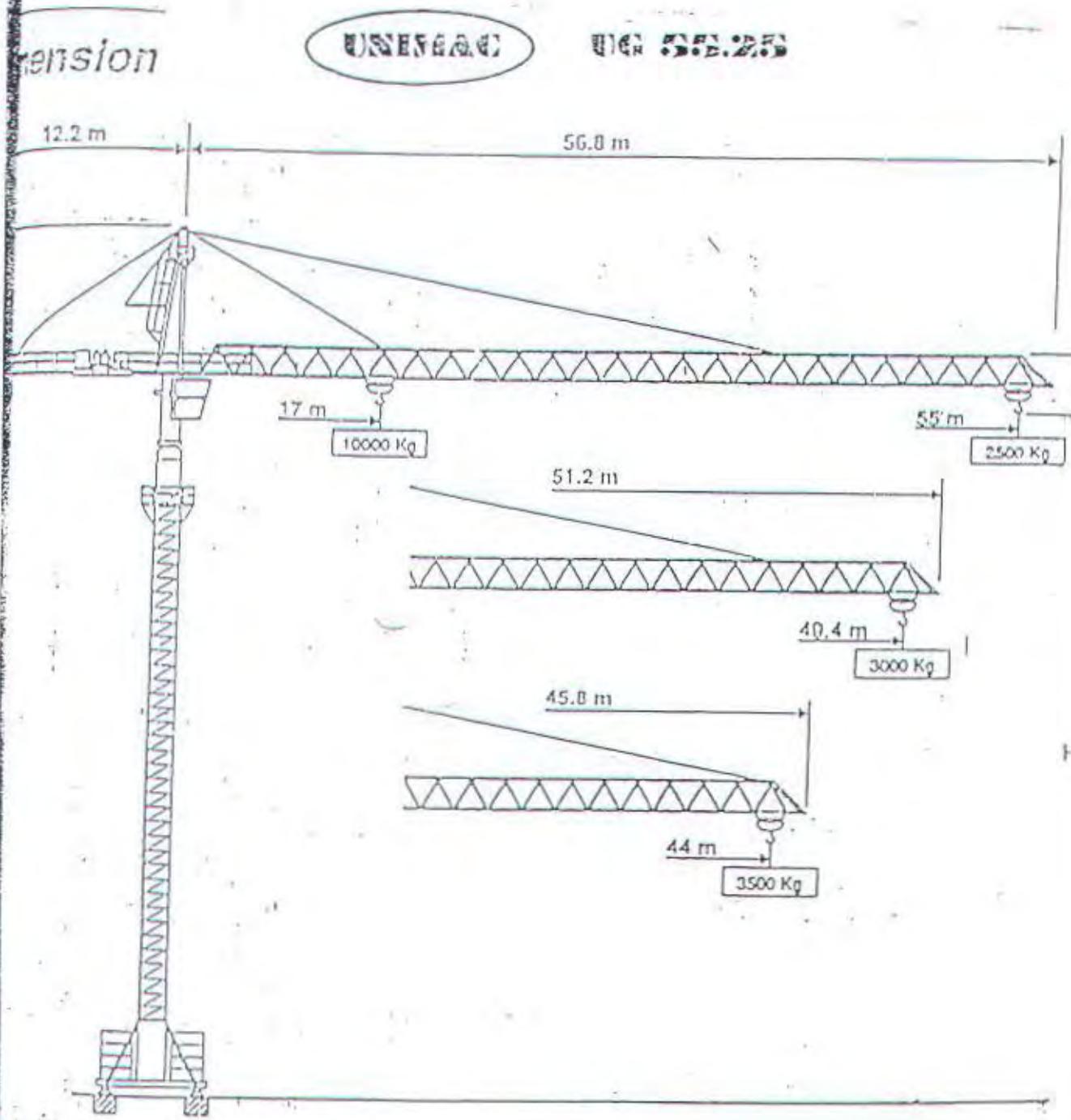


Dimensi Detail
Detail Dimension

	350	30	300	45	250	45	600	160	600	120	13	75	100
300	30	360	45	300	45	200	60	700	120	120	13	75	100
250	(30)	190	(45)	250	45	500	60	(60)	120	120	13	75	100
500	20	450	45	400	45	900	160	900	120	120	13	75	100
600	30	540	45	400	45	1000	160	1000	120	120	13	100	100

Desain khusus dapat diproduksi sesuai spesifikasi pemakai
Special design can be produced according to customers specification

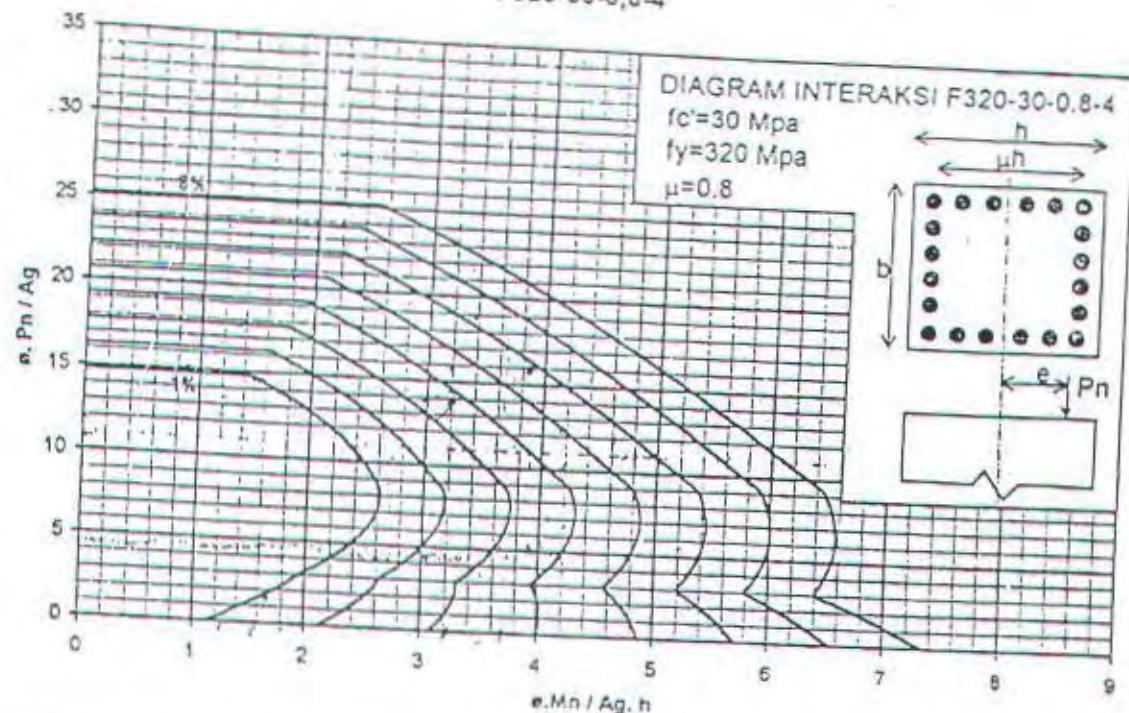
SPESIFIKASI CRANE



Load Diagrams

17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	45	47	49.4	51	53	55	m
25.33	25.33	24.29	24.29	23.29	23.29	22.29	22.29	21.29	21.29	20.29	20.29	19.29	19.29	18.29	18.29	17.29	17.29	16.29	16.29	15.29	Kg
V	12	21	22	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	45	47	49.4	51	53	55	m
25.33	25.33	24.29	24.29	23.29	23.29	22.29	22.29	21.29	21.29	20.29	20.29	19.29	19.29	18.29	18.29	17.29	17.29	16.29	16.29	15.29	Kg
17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	44	45	47	49.4	51	53	55	m
25.33	25.33	24.29	24.29	23.29	23.29	22.29	22.29	21.29	21.29	20.29	20.29	19.29	19.29	18.29	18.29	17.29	17.29	16.29	16.29	15.29	Kg

DIAGRAM INTERAKSI
F320-30-0,8-4





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

KAMPUS ITS SUKOLIO TELP. 385004 SURABAYA (60111)

PROJECT : MASJID RAYA SURABAYA.
LOCATION : MENANGGAL - SURABAYA.

BORING NO : B.2.
DATE : 13-April-96

LEGEND :

CLAY SILT SAND GRAVEL SHELL

DEPTH (m)	B O R L O G	S O I L D E S C R I P T I O N	S P T (N) NUMBER OF BLOWS/FERT				
			10	20	30	40	50
0.00	MAT	- Silat u (coklat)					
		- Lempung berlanau (abu-2 kehitaman)		2			
5.00		- Lempung berlanau berpasir (abu-2 kehitaman)		4			
		- Pasir berlanau (coklat)		3			
10.00		- Lanau berpasir berlempung berkulit kerong (abu-abu)		2			
				2			
15.00		- Lempung berlanau berpasir (abu-abu)		5			
				8			
20.00		- Lanau lempung berpasir (abu-2 kecoklatan)		16			
				38			
25.00		- Lanau pasir berlempung (abu-2 kecoklatan)		46			
				>60			
30.00		- Pasir berkerikil berlempung (abu-2 kecoklatan)		27			
				23			
35.00		- Lanau lempung berpasir (abu-2 kecoklatan)		22			
				19			
		- Pasir berlanau berlempung (C o k l a t)		22			
				22			
				25			

GAMBAR PERENCANAAN