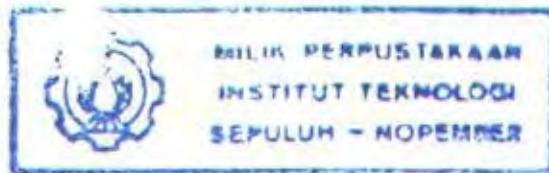


23.302/H/105



TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL PASIFIC BALIKPAPAN (KALIMANTAN TIMUR)
DENGAN SISTEM PRACETAK DAN BALOK PRATEKAN
BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DAN SNI 03-1726-2002**

Oleh :

DWI MARYANI

3101.100.062

RSS
690.85
Mar
m-1
2005



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	26-7-2005
Terima Dari	JI
No. Agenda Prp.	772176

**PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG
HOTEL PASIFIC BALIKPAPAN (KALIMANTAN TIMUR)
DENGAN SISTEM PRACETAK DAN BALOK PRATEKAN
BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DAN SNI 03-1726-2002**

SURABAYA, JULI 2005
MENGETAHUI / MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING I

BUDI SUSWANTO, ST, MT
NIP. 132206828

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. DJOKO IRAWAN MS
NIP. 131651440

**PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**

MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PASIFIC BALIKPAPAN (KALIMANTAN TIMUR) DENGAN SISTEM PRACETAK DAN BALOK PRATEKAN BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DAN SNI 03-1726-2002

Oleh :
Dwi Maryani
3101 100 062

Dosen Pembimbing :
Budi Suswanto, ST, MT
Ir. Djoko Irawan, MS

ABSTRAK

Pemilihan alternatif desain konstruksi dengan sistem pracetak sangat tepat dilakukan terhadap gedung yang banyak memiliki elemen-elemen struktur yang seragam, sedangkan sistem balok pratekan biasanya digunakan agar memperoleh ruangan yang luas bebas halangan tanpa ada kolom-kolom ditengahnya.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan gedung Hotel Pasific Balikpapan sebagai model penerapan sistem pracetak pada balok induk dan pelat lantai 1 sampai lantai 5 karena bentuknya yang typikal dan balok pratekan pada lantai 6 karena akan digunakan sebagai ruang pertemuan yang luas tanpa ada kolom-kolom ditengahnya. Sistem struktur yang digunakan adalah *Ordinary Moment Resisting Frame*. Sistem lantai menggunakan pracetak ditambah *topping*, sedangkan untuk tangga dicor setempat dengan perletakan sendi pada balok bordes dan balok lantai. Untuk perhitungan gaya gempa digunakan analisa statik ekivalen. Untuk sistem sambungan yang dipilih adalah sistem sambungan basah dan panjang penyaluran dengan pertimbangan kemudahan pelaksanaan. Pada balok pratekannya menggunakan sistem pasca tarik (*post tensioning*). Secara keseluruhan struktur direncanakan dengan menggunakan tingkat daktilitas parsial.

Penerapan sistem pracetak pada suatu gedung, selain harus memperhitungkan faktor ekonomi, transportasi dan pendirian juga perlu dijamin stabilitasnya selama proses konstruksi itu berlangsung. Khusus untuk balok pratekan, perencanaan didasarkan pada metode pelaksanaan di lapangan dengan mempertimbangkan kekuatan dan perilaku komponen struktur pada tahap yang kritis sejak saat prategangan diberikan. Kehilangan pratekan merupakan faktor yang penting, sebab dapat mengurangi kekuatan balok pratekan dan struktur secara keseluruhan.

Kata kunci : sistem pracetak, balok pratekan, perencanaan struktur

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillahirobbil'alamin atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini berusaha membahas tentang pemodifikasiyan perancangan struktur dengan system pracetak dan balok pratekan, sehingga dapat menjadi salah satu alternative perencanaan konstruksi yang efektif dan efisien.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk lulus dari pendidikan Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya, sehingga Tugas Akhir ini menjadi evaluasi akhir pendidikan seorang mahasiswa.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Budi Suswanto, ST, MT dan Ir Djoko Irawan , MS selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Kurdian Suprapto, MS selaku dosen yang telah bersedia sebagai tempat berkonsultasi dan memberikan masukan-masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Fifi Sofia selaku dosen wali yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama masa studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Prof. Dr. Ir. Indrasurya B. Mochtar selaku ketua jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Seluruh dosen serta jajaran staf dan karyawan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Keluarga, teman-teman dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulis berusaha menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Sumbangan saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan penulis dalam memberikan kesempurnaan penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi pembaca dan rekan-rekan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada khususnya serta kemajuan Teknik Sipil di tanah air pada umumnya.

Surabaya, Juli 2005

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHANKU

ALHAMDULILLAAHI ROBBIL 'ALAMIIN, akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan juga..... Lewat lembar persembahan ini, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Puji syukur Dwi panjatkan kehadiran Allah SWT .. alhamdulilah banget .. buat semua nikmat karunia, bakat dan kebahagiaaan yang Allah berikan ke Dwi. Buat menjadikan Dwi seperti ini.. telah memberikan Dwi keluarga dan teman-teman yang bener-bener menakjubkan .. terima kasih udah mendekatkan Dwi ke semua orang-orang yang menyayangi dan membantu Dwi selama ini .. Allahu Akbar !!
2. " Pemimpinku ", yang udah mengarahkan dan membimbingku keerti kehidupan yang sebenarnya dan udah banyak banget membantu Dwi melalui pelajaran2 yang diberikan, Dwi pingin banget bisa berjabat tangan langsung.....
3. Dosen pembimbing Dwi yang sangat sangat baek, sangat sangat sabar, sangat sangat pengertian serta pembangkit semangatku..... pak Budi dan pak Djoko terima kasih banyak yang sangat tak terhingga .., juga pak Kurdian tak kulupakan yang udah banyak banget membantu pada awal pengerjaan Tugas Akhir ini, buku2nya bermanfaat banget lo pak.....
4. Dosen wali Dwi yang super2 baik and pengertian..... bu Fifi makasih ya udah nyaranin Dwi untuk ngambil bidang struktur.
5. Semua dosen yang pernah mengajar dan membimbing Dwi, bu Triwulan, pak Isdarmanu, pak Soewardojo, Pak Iman, pak Ananta, pak Marwan dan masih banyak lagi yang gak bisa Dwi sebutin semua, makasih udah ngebantuin n nunjukin jalannya.....
6. Papah dan Mamah .. buat semuaaaaaanya ..yang udah Dwi terima, Dwi gak bisa nyebutin satu-satu semua yang udah papah & mamah lakuin, korbanin N' doakan buat Dwi. Pokoknya Dwi ngucapin terima kasih bgt buat doa, restu, sayang, perhatian, omelan, dorongan, nasehat dan masih banyak banyak dan banyak lagi. Harapan Dwi adalah mog2 Dwi bisa menyenangkan, membahagiakan dan membanggakan papah & mamah. Bisa membantu papah dikantor sepenuhnya... pokoknya Dwi sayang banget ama papah & mamah ..

7. Tante ' mamanya mas Hendri ' sebagai mama keduaku yang udah buatek banget menyediakan tempat yang nyaman untuk ngerjain Tugas Akhirku ini dan juga udah repot2 ngerawat Dwi pas lagi sakit, makasih banget ya Tante....., juga om yang walopun Dwi hanya ketemu lewat mimpi aja makasih ya..... rumah om membantu banget dalam pengerajan Tugas akhir ini.....
8. Kakakku atu2nya yang paling aku sayangi and kakak iparku, makasih banget ya udah mau dengerin curhat Dwi selama ini dalam mengerjakan Tugas Akhir, kalian membantu banget sebagai penyemangatku.....
9. Ayangnya Dwi 'Mas Hendri', buat semuanya yang udah dilakuin buat Dwi, buat yang sedang dilakukan dan yang akan dilakukan .. buat semua rasa sayang, rasa aman, rasa nyaman pokoknya semua rasa yang diberikan keDwi .. buat semua kesabaran, perhatian, pengertian, kesetiaan dan kepercayaannya .. buat bantuannya dalam ngerjain Tugas Akhir ini, penyemangat kalo Dwi dah mulai putus asa, penghibur Dwi dikala lagi suedih banget pas lagi gak bisa ngerjain and juga dah ngerawat Dwi banget pas sakit kecapean ngerjain...makasih banget ya masku
10. Mba Like, ka Panca, mba Jum and mas Mat maksyiii buat support, doa, sayang (iya gak seh?! :p), dukungan, pinjeman barang-barang dan smua2nya yach.....
11. Om2 and Tante2 Dwi baik yang dari keluarga Dwi maupun dari keluarga Mas....makasih banget buat doa dan candaan2nya.....
12. Sepupu2 Dwi baik yang dari keluarga Dwi maupun keluarga Mas...makasih atas doa dan supportnya yach.....
13. Temen2 'PUP DUT ', putie (Ina), Upie (Anggun), Pinky (Maya), Dana (Erna), Uke (Kikie)..... kalian adalah temen2 terbaik Dwi mulai dari awal kuliah ampe sekarang, makasyiii banget atas semua guyonan2, kebersamaan, persahabatan dan dukungan2 selama ini.....moga pertemanan kita bisa langgeng, masa kuliah dwi sangat menyenangkan karena keberadaan kalian loh..
14. Temen sekamarku 'Citra' and 'Masnya' yang udah mau dengerin curhat2 Dwi dan membantu Dwi dalam pengerajan Tugas Akhir ini, makasih banget ya.....
15. Mas ato' and mas momon yang udah ngebantuin untuk animasinya pas presentasi di seminar Tugas Akhir, duh muakasih banyak yach kalian dah bantu Dwi banget.... jadi ngebikin presentasi Dwi lebih berwarna-warni.....

16. Temen2 S-44 baik kelas B maupun kelas A dari NRP awal ampe NRP akhir, kalian banyak ngebantuin Dwi... dengan cara yang kalian gak pernah duga tapi buat Dwi berarti banget..... makasih ya pren.....
17. Kakak2 angkatan atas mulai dari S-43 ampe S-40 dan adek2 angkatan bawah mulai dari S-45 ampe S-47, gak tau mau ngomong apa... pokoknya makasih banyak ya.....
18. Mas2 yang dilab struktur (Mas Data, mas Ali, mas Renggo, mas Eko dll) makasih yach udah ngebantuin Dwi dalam memecahkan masalah2 dalam Tugas akhir Dwi.....
19. Tante kos ama anak2nya dan tentunya temen2 kos (Mba Endang, Vira, Yulia, Dinda, Ira dll) makasih ya atas suasana yang nyaman dan tenang dikos juga bantuan2nya dalam penggerjaan Tugas Akhir ini..... makasih bangeeet.....
20. mas junarko, pak har, mba rumini, mba endang, mba santi, bapak2 & mbak2 TU, pak so, pak ruang baca, pak yok, pak jaga parkir1, pak jaga parkir2, pak supirnya bu ang, pak tukang kebun .. dan semua bapak-bapak penjaga LAB yang udah mbantuin Dwi selama ini, makasih banget lo.....
21. ibu-ibu kantin, mbah mo, pak di n' pak & bu mi ayam arsitek .. terima kasih buat makanan dan minuman kalo lagi lapar dan lemez .. kalian amat sangat membantu dwi mengembalikan tenaga setelah asistensi he..he..he....
22. Seluruh warga sipil baik yang tua maupun muda .. baik wanita ataupun pria .. baik kenal Dwi ato enggak .. makasih ..
23. Komputer Dwi yang kadang2 sering error gak jelas gitu, komputer Mas yang baik2 saja and komputer2 lainnya yang udah mau nyimpen file tugas Akhir Dwi .. makasih yach..... kalian amat sangat membantu lo.....
24. Mobil Dwi ' Si orange ' yang udah setia nganterin kemana2 mulai dari asistensi, fotokopi, jilid dll masih banyak lagi, thx ya and maaf banget Dwi sering gak sempet mandiin kamu saking sibuknya ngerjain TA.....
25. Makasih juga buat tempet fotokopian dan penjilidan sehingga terbentuklah buku 'Tugas Akhir' yang udah lama aku idam2kan... semoga bermanfaat, Amien....

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

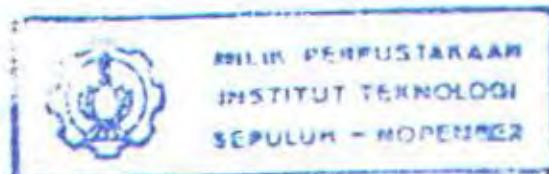
Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	.iv
Daftar Gambar.....	.xi
Daftar Tabel.....	xiii
Bab I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Umum.....	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-2
1.3 Maksud Dan Tujuan.....	I-3
1.4 Lingkup Pembahasan.....	I-3
1.5 Metodologi.....	I-4
Bab II DASAR-DASAR PERENCANAAN.....	II-1
2.1 Umum.....	II-1
2.2 Data Bangunan.....	II-1
2.3 Data Tanah.....	II-2
2.4 Peraturan-peraturan Dan Referensi Yang Digunakan.....	II-2
2.5 Pembebaran Dan Reduksi Beban.....	II-3
2.6 Kombinasi Beban.....	II-4
2.7 Jenis Material.....	II-4
2.8 Sistem Struktur.....	II-5
2.9 Sistem Penahan Beban Lateral.....	II-5
2.10 Perencanaan Terhadap Gempa.....	II-5
2.10.1 Definisi Daktilitas.....	II-5
2.10.2 Tingkatan Daktilitas.....	II-6
2.10.3 Dasar Pemilihan Daktilitas 2 (Daktilitas Parsial).....	II-7
Bab III DASAR TEORI.....	III-1
3.1 Tinjauan Umum Beton Pracetak.....	III-1

3.2	Keuntungan Beton Pracetak.....	III-4
3.3	Tinjauan Umum Beton Pratekan.....	III-5
3.4	Keuntungan Beton Pratekan.....	III-16
3.5	Rumus-rumus Perhitungan.....	III-17
Bab IV	METODE PELAKSANAAN.....	IV-1
4.1	Umum.....	IV-1
4.2	Proses Produksi Elemen Pracetak.....	IV-1
4.3	Pengangkatan Elemen Pracetak.....	IV-3
	4.3.1 Pengangkatan Pelat Pracetak.....	IV-3
	4.3.1.1 Perhitungan Tulangan Angkat.....	IV-3
	4.3.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	IV-5
4.4	Proses Pemasangan Elemen Pracetak.....	IV-5
4.5	Transportasi Komponen Beton Pracetak.....	IV-6
	4.5.1 Sistem Transportasi.....	IV-6
Bab V	PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	V-1
5.1	Perencanaan Pelat Pracetak Dan Pelat Cor Setempat.....	V-1
	5.1.1 Preliminary Design.....	V-1
	5.1.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	V-1
	5.1.1.2 Perencanaan Tebal Pelat.....	V-2
5.2	Perencanaan Pelat.....	V-3
	5.2.1 Penentuan Tebal Pelat Pracetak.....	V-4
	5.2.2 Penentuan Tebal Pelat Cor Setempat.....	V-8
	5.2.3 Pemodelan Dan Analisa Struktur Pelat Pracetak.....	V-12
	5.2.4 Perencanaan Pembebaan Pelat.....	V-12
	5.2.5 Kombinasi Pembebaan.....	V-14
	5.2.6 Tahap-tahap Perencanaan Tulangan Pelat.....	V-15
	5.2.7 Perhitungan Tulangan Pelat Pracetak.....	V-16
	5.2.7.1 Penulangan Sebelum Komposit.....	V-17
	5.2.7.2 Penulangan Sesudah Komposit.....	V-20
	5.2.8 Perhitungan Tulangan Pelat Cor Setempat.....	V-23
	5.2.9 Penulangan Stud Pelat Lantai.....	V-26
	5.2.10 Kontrol Retak.....	V-28

5.2.11	Panjang Penyaluran Tulangan Pelat.....	V-29
5.2.12	Perhitungan Tulangan Angkat.....	V-29
5.2.13	Kontrol Tegangan Pelat.....	V-33
5.2.14	Kontrol Penumpukan Pelat.....	V-35
5.2.15	Kontrol Pengecoran Pelat.....	V-36
5.3	Perencanaan Tangga.....	V-37
5.3.1	Pembebanan Tangga.....	V-39
5.3.1.1	Pembebanan Pelat Anak Tangga.....	V-39
5.3.1.2	Pembebanan Pelat Bordes.....	V-39
5.3.1.3	Perhitungan Momen.....	V-39
5.3.2	Penulangan Tangga.....	V-42
5.3.2.1	Penulangan Pelat Anak Tangga.....	V-42
5.3.2.2	Penulangan Pelat Bordes.....	V-43
5.3.3	Penulangan Bagi.....	V-44
5.3.4	Perencanaan Balok Bordes.....	V-44
5.4	Perencanaan Balok Anak Lantai Atap.....	V-46
5.4.1	Data-data Perencanaan.....	V-46
5.4.2	Perhitungan Beban Terbagi Rata.....	V-46
5.4.3	Perhitungan Momen.....	V-49
5.4.4	Perhitungan Tulangan.....	V-49
5.4.5	Perhitungan Tulangan Geser.....	V-50
5.4.6	Penulangan Balok Anak Akhir.....	V-50
5.4.7	Kontrol Lendutan Dan Retak.....	V-51
5.4.7.1	Kontrol Lendutan.....	V-51
5.4.7.2	Kontrol Retak.....	V-51
5.4.8	Panjang Penyaluran Balok Anak.....	V-51
5.4.8.1	Panjang Penyaluran Tulangan Tarik.....	V-51
5.4.8.2	Panjang Penyaluran Tulangan Tekan.....	V-52
Bab VI	ANALISA STRUKTUR UTAMA.....	VI-1
6.1	Umum.....	VI-1
6.2	Dasar Perencanaan.....	VI-1
6.2.1	Data-data Perencanaan.....	VI-1

6.2.2	Perhitungan Pembebanan Vertikal.....	VI-2
6.2.3	Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Gempa.....	VI-2
6.2.3.1	Perhitungan Berat Total Bangunan.....	VI-2
6.2.3.2	Perhitungan Gaya Base Shear.....	VI-3
6.2.4	Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Angin.....	VI-6
6.2.5	Pemodelan Struktur.....	VI-8
6.2.6	Kontrol Drift Tingkat.....	VI-10
6.2.7	Kontrol Pengaruh P-Δ Effect.....	VI-11
Bab VII	PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA.....	VII-1
7.1	Perencanaan Balok Induk.....	VII-1
7.1.1	Penulangan Lentur Balok.....	VII-2
7.1.1.1	Penulangan Lentur Sebelum Komposit.....	VII-2
7.1.1.2	Penulangan Lentur Setelah Komposit.....	VII-4
7.1.2	Penulangan Stud Balok Induk.....	VII-7
7.1.2.1	Perhitungan Penulangan Stud.....	VII-9
7.1.3	Penulangan Geser Dan Torsi.....	VII-10
7.1.4	Panjang Penyaluran.....	VII-13
7.1.5	Pengangkatan Elemen Balok.....	VII-14
7.1.6	Kontrol Pengecoran Balok.....	VII-15
7.1.7	Kontrol Lendutan.....	VII-16
7.1.8	Kontrol Retak.....	VII-17
7.1.9	Kontrol Guling.....	VII-18
7.2	Balok Pratekan.....	VII-18
7.2.1	Tinjauan Umum.....	VII-18
7.2.2	Perencanaan Balok Pratekan.....	VII-19
7.2.2.1	Perhitungan Daerah Limit Kabel.....	VII-22
7.2.2.2	Perhitungan Kehilangan Pratekan.....	VII-23
7.2.2.3	Kontrol Tegangan.....	VII-30
7.2.2.4	Kontrol Kekuatan Ultimate.....	VII-31
7.2.2.5	Penulangan Geser.....	VII-33
7.2.2.6	Kontrol Lendutan.....	VII-35
7.3.	Perencanaan Kolom.....	VII-37

7.3.1	Umum.....	VII-37
7.3.2	Panjang Tekuk Kolom.....	VII-38
7.3.3	Pembatasan Tulangan Kolom.....	VII-38
7.3.3.1	Kolom Pendek.....	VII-39
7.3.3.2	Kolom Panjang.....	VII-39
7.3.4	Penulangan Lentur Kolom.....	VII-40
7.3.5	Kontrol Dengan Bresler Resiprocal Method.....	VII-44
7.3.6	Penulangan Geser Dan Torsi Kolom.....	VII-47
7.3.7	Panjang Penyaluran.....	VII-48
7.3.8	Sambungan Balok Kolom (Beam Column Joint).....	VII-49
7.3.8.1	Umum.....	VII-49
7.3.8.2	Perhitungan Momen Kapasitas.....	VII-50
7.3.8.3	Perhitungan Beam Column Joint.....	VII-50
Bab VIII	PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	VIII-1
8.1	Umum.....	VIII-1
8.2	Kriteria Perencanaan Sambungan.....	VIII-2
8.3	Konsep Desain Sambungan.....	VIII-4
8.3.1	Mekanisme Pemindahan Beban.....	VIII-4
8.3.2	Stabilitas Dan Keseimbangan.....	VIII-6
8.3.3	Klasifikasi Sistem Dan Sambungannya.....	VIII-6
8.3.4	Pola-pola Kehancuran.....	VIII-7
8.4	Pertimbangan Dalam Perancangan.....	VIII-8
8.5	Penggunaan Topping Beton.....	VIII-10
8.6	Perencanaan Sambungan Balok Dan Kolom.....	VIII-11
8.6.1	Perencanaan Corbel Kolom.....	VIII-11
8.7	Perencanaan Sambungan Pelat Dengan Balok.....	VIII-17
Bab IX	PERENCANAAN PONDASI.....	IX-1
9.1	Umum.....	IX-1
9.2	Data Tanah.....	IX-1
9.3	Kriteria Design.....	IX-2
9.3.1	Kekuatan Dan Dimensi Tiang.....	IX-2
9.3.2	Tahapan Perencanaan.....	IX-2



9.4	Daya Dukung Tanah.....	IX-2
9.4.1	Daya Dukung Tiang Pancang.....	IX-2
9.4.2	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	IX-3
9.4.3	Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok.....	IX-4
9.4.4	Repartisi Beban-beban Diatas Tiang Kelompok.....	IX-5
9.4.5	Daya Dukung Tiang Akibat Gaya Horisontal.....	IX-6
9.5	Perhitungan Pondasi Poer Type P1.....	IX-7
9.5.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	IX-7
9.5.2	Daya Dukung Tiang Kelompok.....	IX-8
9.5.3	Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral.....	IX-9
9.5.4	Perhitungan Poer.....	IX-10
9.5.4.1	Data-data Perancangan Poer.....	IX-10
9.5.4.2	Kontrol Geser Ponds.....	IX-11
9.5.4.3	Penulangan Poer.....	IX-12
9.5.5	Perencanaan Sloof.....	IX-14
9.5.5.1	Dimensi Sloof.....	IX-14
9.5.5.2	Penulangan Sloof.....	IX-15
9.5.5.3	Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak.....	IX-16
9.5.5.4	Kontrol Sloof Setelah Beton Retak.....	IX-17
9.6	Perhitungan Pondasi Poer Type P2.....	IX-17
9.6.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	IX-17
9.6.2	Daya Dukung Tiang Kelompok.....	IX-18
9.6.3	Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral.....	IX-19
9.6.4	Perhitungan Poer.....	IX-21
9.6.4.1	Data-data Perancangan Poer.....	IX-21
9.6.4.2	Kontrol Geser Ponds.....	IX-21
9.6.4.3	Penulangan Poer.....	IX-22
9.6.5	Perencanaan Sloof.....	IX-24
9.6.5.1	Dimensi Sloof.....	IX-24
9.6.5.2	Penulangan Sloof.....	IX-24
9.6.5.3	Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak.....	IX-26
9.6.5.4	Kontrol Sloof Setelah Beton Retak.....	IX-26

Bab X	KESIMPULAN DAN SARAN.....	X-1
10.1	Kesimpulan.....	X-1
10.2	Saran-saran.....	X-2

Daftar Pustaka

Lampiran I

Perencanaan Pelat, Kolom Dan Balok

Lampiran II

Analisa Struktur Utama

Lampiran III

Perencanaan Balok Pratekan

Lampiran IV

Perencanaan Pondasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tipe Pelat Pracetak	III-2
Gambar 3.2	Tipe Balok Pracetak	III-2
Gambar 3.3	Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Pratekan Eksentris	III-6
Gambar 3.4	Momen Penahan Internal Pada Balok Beton Pratekan	III-7
Gambar 3.5	Perimbangan tegangan merata akibat beban mati dengan gaya prategang	III-8
Gambar 3.6	Variasi Tegangan Pada Tendon Akibat Gaya Gesekan	III-11
Gambar 3.7	Penentuan Pendekatan Sudut Pusat Tendon	III-11
Gambar 3.8	Diagram Tegangan Balok ' T ' Palsu	III-20
Gambar 3.9	Diagram Tegangan Balok ' T ' Asli	III-21
Gambar 4.1	Skema Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	IV-1
Gambar 4.2	Penempatan Titik Tulangan Angkat	IV-4
Gambar 4.3	Momen Saat Pengangkatan Balok Dari PCI Design Handbook	IV-5
Gambar 4.4	Tahapan Pemasangan Elemen Beton Pracetak	IV-6
Gambar 5.1	Pelat Pracetak	V-4
Gambar 5.2	Penampang Balok Ditengah (B 1-2)	V-5
Gambar 5.3	Penampang Balok Ujung (1 A-B)	V-6
Gambar 5.4	Pelat Cor Setempat	V-8
Gambar 5.5	Penampang Balok Ditengah (2 A-B)	V-9
Gambar 5.6	Penampang Balok Bawah (B 1-2)	V-10
Gambar 5.7	Potongan Pelat Arah X	V-17
Gambar 5.8	Momen Arah X	V-18
Gambar 5.9	Momen Arah Y	V-18
Gambar 5.10	Momen Arah X	V-21
Gambar 5.11	Momen Arah Y	V-21
Gambar 5.12	Momen Arah X	V-24
Gambar 5.13	Momen Arah Y	V-24
Gambar 5.14	Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit	V-27
Gambar 5.15	Potongan Pelat	V-29
Gambar 5.16	Jarak Tulangan Angkat Menurut PCI Design Handbook	V-30
Gambar 5.17	Garis Netral Pelat Sebelum dan Sesudah Komposit	V-33
Gambar 5.18	Diagram Tegangan Resultante Pelat	V-35

Gambar 5.19	Denah dan Potongan Tangga	V-38
Gambar 5.20	Analisa Gaya Dalam Bentang Tangga	V-40
Gambar 5.21	Free Body Diagram Pada Tangga	V-42
Gambar 5.22	Potongan Melintang Balok Anak	V-47
Gambar 5.23	Denah Pelat	V-47
Gambar 5.24	Pembebanan Pelat Trapesium	V-47
Gambar 6.1	Pembebanan Tingkat 6	VI-6
Gambar 7.1	Penampang Balok Persegi Dengan Tulangan Rangkap	VII-1
Gambar 7.2	Beban-beban Yang Bekerja	VII-3
Gambar 7.3	Potongan Balok T	VII-6
Gambar 7.4	Penampang Balok Pratekan	VII-21
Gambar 7.5	Daerah Limit Kabel	VII-23
Gambar 7.6	Diagram Tegangan Saat Transfer dan Service	VII-31
Gambar 7.7	Gaya-gaya Pada Beam Column Joint	VII-49
Gambar 7.8	Momen Penahan Internal Pada Balok Beton Pratekan	VII-50
Gambar 8.1	Mekanisme Pemindahan Beban	VIII-5
Gambar 8.2	Model-model Keruntuhan Gedung	VIII-7
Gambar 8.3	Sistem Penulangan Konsol Pendek	VIII-11
Gambar 8.4	Dimensi Konsol Pendek	VIII-15
Gambar 8.5	Sambungan Balok Pracetak Dengan Kolom Cast In Situ	VIII-15
Gambar 8.6	Sambungan Pelat Pracetak Dengan Balok Pracetak	VIII-18
Gambar 9.1	Repartisi Beban-beban Diatas Kelompok Tiang Pondasi	IX-6
Gambar 9.2	Rencana Penempatan Tiang Pancang Type P1	IX-8
Gambar 9.3	Rencana Penempatan Tiang Pancang Type P2	IX-18

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perbandingan metode konvensional dengan metode pracetak	III-4
Tabel 3.2	Selang Waktu Minimum	III-9
Tabel 3.3	Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon-tendon pasca tarik	III-11
Tabel 3.4	Prosentase Kehilangan Gaya Prategang	III-16
Tabel 5.1	Tulangan Pelat Pracetak	V-23
Tabel 5.2	Tulangan Pelat Cor Setempat	V-26
Tabel 6.1	Distribusi Gaya Geser Dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah X dan Y	VI-5
Tabel 6.2	Gaya Angin Tekan Dan Angin Hisap	VI-7
Tabel 6.3	Kontrol Periode Dengan Metode B	VI-10
Tabel 6.4	Kontrol Drift	VI-11
Tabel 6.5	Kontrol Koefisien Stabilitas	VI-12
Tabel 7.1	Pedoman Lendutan Jangka Panjang Menurut PCI	VII-36
Tabel 9.1	Wika Pile Classification	IX-2
Tabel 9.2	Variasi Waktu Untuk Pulih ke Kekuatan Semula	IX-4

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 UMUM

Seiring dengan pesatnya pembangunan di daerah Kalimantan Timur khususnya di kota Balikpapan, industri konstruksi dituntut untuk lebih inovatif dan kreatif dalam menciptakan serta mengembangkan teknologi tepat guna yang bisa diterapkan dalam pembangunan suatu struktur, sehingga pembangunan tersebut bisa lebih efektif dan efisien dalam hal pembiayaan, waktu dan tenaga kerja.

Penggunaan metode pracetak pada konstruksi dan material konstruksi menjadi salah satu alternatif pada perencanaan konstruksi mengingat semakin besarnya tuntutan akan pelaksanaan konstruksi yang efektif dan efisien. Metode ini mempunyai beberapa keuntungan seperti kecepatan dan kemudahan dalam pelaksanaan serta kontrol kualitas yang dihasilkan lebih baik dan terjamin.

Penggunaan balok pratekan sebagai material konstruksi saat ini berkembang sangat cepat, karena beton pratekan memiliki kelebihan-kelebihan baik dari segi kekuatan, segi estetik-arsitektural, segi ekonomis dan perilaku struktur pada taraf beban rencana yaitu :

- Untuk balok yang mempunyai bentang yang panjang, ukuran balok beton pratekan akan lebih kecil daripada balok beton bertulang biasa, dengan demikian akan mengurangi berat mati struktur.
- Dengan menggunakan balok pratekan dapat membuat ruangan luas yang bebas halangan karena tidak menggunakan kolom-kolom ditengahnya sehingga dari segi arsitektural lebih unggul.

Di Balikpapan saat ini banyak gedung bertingkat yang masih belum memanfaatkan sistem pracetak dan balok pratekan padahal dari keuntungan-keuntungan yang dimiliki keduanya dapat disimpulkan bahwa kedua metode tersebut dapat menghemat biaya konstruksi secara keseluruhan. Karena jarang sekali terdapat

bangunan di Balikpapan yang menggunakan sistem pracetak dan balok pratekan oleh karena itu akan sangat cocok sekali kalau mencoba menerapkannya di Balikpapan sehingga lebih memasyarakat. Untuk melaksanakan sistem pracetak dan balok pratekan di Balikpapan tidak masalah karena kemajuan peralatan konstruksi yang ada saat ini sudah sangat menunjang.

Dari bangunan yang akan direncanakan ulang pada denah bangunannya dapat dilihat dari lantai 1 sampai lantai 5 *typikal* sehingga cocok sekali menggunakan sistem pracetak pada beberapa strukturnya sedangkan pada lantai atap akan dibuat suatu ruangan pertemuan yang luas dan bebas halangan sehingga harus meniadakan kolom tengah pada lantai tersebut, dengan meniadakan kolom tengah menyebabkan balok mempunyai bentang yang panjang maka digunakan sistem balok pratekan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, adalah :

- Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok induk dan kolom, dimana balok induknya pada lantai 1-5 menggunakan sistem pracetak dan balok induk pada lantai atap serta kolomnya cor setempat.
- Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga dan *overtopping*, dimana pelatnya pada lantai 1-5 menggunakan sistem pracetak dan pelat pada lantai atap, tangga, balok anak serta *overtopping* cor setempat.
- Bagaimana menghitung perencanaan struktur pracetak dan struktur beton pratekan yang didasarkan pada kekuatan dan perilaku komponen struktur pada kondisi beban bekerja untuk semua tahap.
- Bagaimana menentukan tipe dan dimensi bangunan bawah sesuai dengan besar gaya yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan.
- Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini, adalah :

- Dapat merencanakan struktur utama yang meliputi balok induk dan kolom, dimana balok induknya menggunakan sistem pracetak pada lantai 1-5 dan balok induk pada lantai atap serta kolomnya dengan metode cor setempat.
- Dapat merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga dan *overtopping*, dimana pelatnya pada lantai 1-5 menggunakan sistem pracetak sedangkan pelat pada lantai atap, tangga, balok anak dan *overtopping* direncanakan dengan metode cor setempat.
- Dapat menghitung perencanaan struktur pracetak dan struktur beton pratekan yang didasarkan pada kekuatan dan perilaku komponen struktur pada kondisi beban bekerja untuk semua tahap.
- Dapat menentukan tipe dan dimensi bangunan bawah sesuai dengan besar gaya yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan.
- Dapat menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

1.4 LINGKUP PEMBAHASAN

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Dalam merancang struktur gedung Hotel Pasific ini yang menggunakan sistem pracetak adalah : pelat dan balok induk pada lantai 1-5. Sedangkan elemen lainnya seperti balok induk lantai atap, pelat lantai atap, kolom, tangga, balok anak dan *overtopping* direncanakan dengan metode cor setempat.
- Dalam perencanaan struktur gedung Hotel Pasific balok yang menggunakan balok pratekan hanya pada lantai atap saja.
- Tidak dilakukan perhitungan lift karena lift terpisah dari struktur utama dan pengaruhnya terhadap struktur tidak diperhitungkan.
- Perencanaan struktur meliputi struktur atas dan struktur bawah. Untuk struktur bawah (pondasi) didisain dalam kondisi perletakan jepit penuh, dengan menggunakan tiang pancang.
- Pada perencanaan ini tidak dilakukan analisa dari segi biaya maupun waktu.

- Dalam perencanaan ini tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan kecuali yang mempengaruhi perhitungan struktur.
- Penyusun tidak meninjau kelayakan struktur baru dari segi estetika, tetapi lebih mengutamakan kepada fungsi dan keamanannya.
- Perencanaan ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan saluran pembuangan, saluran air bersih, instalasi atau jaringan listrik, *finishing* dan lain sebagainya. Sistem distribusi pembebanan dalam hal ini ditetapkan sesuai dengan peraturan yang ditetapkan.

1.5 METODOLOGI

Langkah-langkah yang diambil dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan mempelajari data dan literatur yang berkaitan dengan perencanaan yang akan dilakukan.
- Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.
 - Data Umum Bangunan

1. Nama gedung	: Hotel Pasific Balikpapan
2. Lokasi	: Jalan Ahmad Yani Balikpapan
3. Fungsi	: Hotel dan Tempat pertemuan
4. Jumlah lantai	: 6
5. Tinggi Bangunan	: 19,8 m
6. Ketinggian tiap lantai	: 3,3 m
7. Struktur utama	: Beton pracetak, beton pratekan, dan beton bertulang.
 - Data Bahan
Dari data bahan dapat diketahui mutu beton yang digunakan.
 - Data Tanah
Data tanah digunakan untuk merencanakan pondasi gedung tersebut.

- * Buku-buku yang berkaitan dengan perencanaan ulang yang dilakukan, antara lain :
 1. Chu-Kia Wang & C.G.Salmon,1990, Desain Beton Bertulang, Jakarta,Erlangga,Jilid I dan II, Edisi keempat.
 2. Philip.R.William & Sheppard.A.David,1980,*Plan Cast Precast and Prestressed Concrete, a design guide*, Chicago,Illinois.
 3. T.Y.Lin & Ned H.Burns,1981,Desain Struktur Beton Prategang,Jakarta,Interaksara.
 4. PCI, 1992, *PCI Design Hand-Book Precast and Prestress Concrete*, Chicago, Illinois, Fourth Edition.
 5. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, 1999, Daya Dukung Pondasi Dalam, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- * Peraturan-peraturan yang berkaitan dengan perencanaan ulang yang dilakukan, antara lain :
 1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)
 2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)
 3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983
- * Pembebanan
 1. Beban Mati
Mencakup semua beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung.
 2. Beban Hidup
Mencakup semua beban yang terjadi akibat hunian atau penggunaan gedung sesuai dengan PPI 1983, termasuk barang-barang yang tidak permanen.
Menurut PPI 1983 pasal 3.1 dan 3.2 besarnya beban hidup yang bekerja tergantung dari tingkat fungsional ruang itu sendiri, adapun beban hidup itu adalah :

- Lantai untuk ruang mesin = 400 Kg/m²
- Lantai untuk kantor = 250 Kg/m²
- Lantai untuk ruang pertemuan = 400 Kg/m²
- Lantai untuk atap = 100 Kg/m²
- Lantai untuk tangga dan bordes = 300 Kg/m²

3. Beban Angin

Beban angin diatur dalam PPI 1983 bab 4

4. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) dengan zone gempa untuk daerah kalimantan timur

2. *Preliminary design*

memperkirakan dimensi awal struktur gedung yang akan digunakan dalam perencanaan selanjutnya.

a. Perencanaan dimensi balok

- balok lantai
- balok pratekan

b. Perencanaan ketebalan pelat

3. Merencanakan dimensi struktur sekunder

a. Desain pelat

- Pemodelan dan analisa struktur pelat
- Penulangan pelat
- Penulangan stud pelat lantai
- Perhitungan tulangan angkat

b. Desain tangga

- Perhitungan pelat tangga
- Penulangan lentur pelat tangga dan bordes
- Penulangan geser

c. Desain balok anak

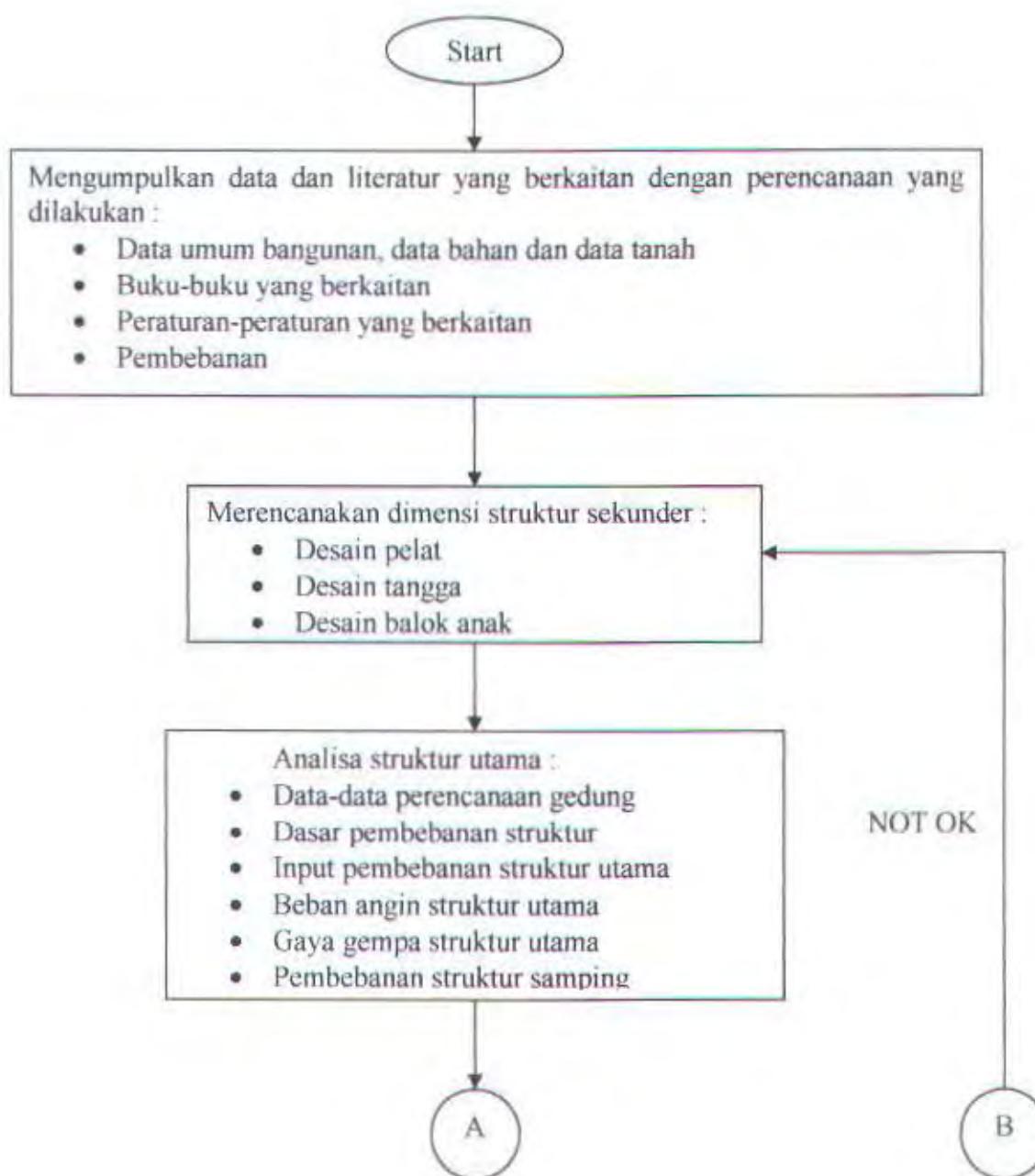
- Perhitungan beban terbagi rata

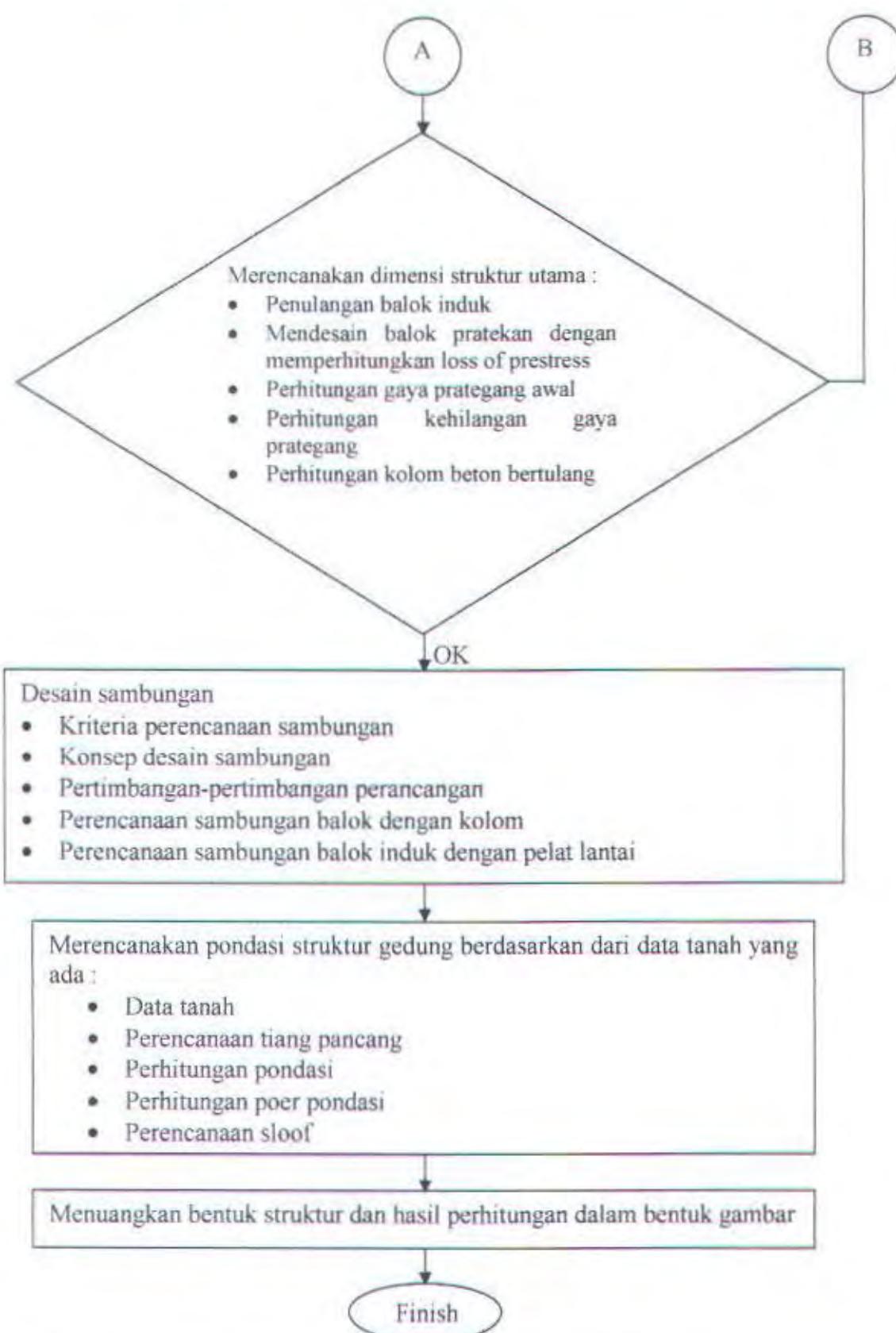
- Perhitungan momen
 - Perhitungan tulangan
 - Perhitungan tulangan geser
 - Kontrol lendutan dan retak
4. Analisa struktur utama (dengan menggunakan bantuan program SAP 2000)
- a. Data-data perencanaan gedung
 - b. Dasar pembebanan struktur
 - c. Input pembebanan struktur utama
 - d. Beban angin struktur utama
 - e. Gaya gempa struktur utama
 - f. Pembebanan struktur samping
5. Merencanakan dimensi struktur utama
- a. Penulangan balok induk (setelah mendapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur utama hasil dari analisa struktur menggunakan bantuan program SAP 2000)
 - Penulangan lentur balok induk
 - Penulangan geser dan torsi
 - Penulangan stud balok induk
 - Panjang penyaluran
 - Pengangkatan dan penumpukan elemen balok
 - Kontrol lendutan, kontrol retak, kontrol gulung, dan kontrol pengecoran balok
 - b. Mendesain balok pratekan dengan memperhitungkan *loss of prestress*.
 - c. Perhitungan gaya prategang awal
 - d. Perhitungan kehilangan gaya prategang. Dalam perencanaan balok pratekan, kehilangan gaya-gaya prategang dibedakan menjadi dua, yaitu :
 - I. Kehilangan Pratekan langsung :
 - Akibat perpendekan elastis
 - Akibat Gesekan Kabel
 - Akibat Slip Pengangkeran



2. Kehilangan Pratekan yang Bergantung pada Waktu (Tidak Langsung)
 - Akibat Rangkak beton
 - Akibat Susut Beton
 - Akibat Relaksasi Baja
3. Kontrol tegangan yang terjadi.
4. Kontrol kekuatan batas balok pratekan
5. Penulangan geser balok pratekan
6. Kontrol lendutan
- e. Perhitungan kolom beton bertulang
 - Faktor tekuk
 - Kontrol kelangsingan
 - Pembesaran momen
 - Penulangan longitudinal
 - Penulangan transversal
6. Desain sambungan
 - a. Kriteria perencanaan sambungan
 - b. Konsep desain sambungan
 - c. Pertimbangan-pertimbangan perancangan
 - d. Perencanaan sambungan balok dan kolom
 - e. Perencanaan sambungan balok induk dengan pelat lantai
7. Merencanakan pondasi struktur gedung berdasarkan dari data tanah yang ada.
 - a. Data tanah
 - b. Perencanaan tiang pancang
 - c. Perhitungan pondasi
 - d. Perhitungan poer pondasi
 - e. Perencanaan sloof
8. Menuangkan bentuk struktur dan hasil perhitungan dalam bentuk gambar.

Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir :





BAB II
DASAR – DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1 UMUM

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang dimaksud dengan dasar-dasar perencanaan adalah segala sesuatu baik berupa data-data teknis, asumsi-umsi perencanaan sampai dengan penggunaan berbagai metode yang dapat dipakai dalam penggarapan Tugas Akhir ini.

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

Setelah membaca dan menganalisa semua data teknis yang ada maka dapat digunakan beberapa asumsi-umsi tertentu yang berkenaan dengan struktur yang ada. Asumsi-umsi ini dianggap penting dikarenakan kesalahan dalam mengasumsikan struktur untuk kondisi tertentu dapat membahayakan struktur itu sendiri. Hal ini yang selanjutnya menjadi pemikiran penulis dalam menetapkan metode analisa baik elemen pelat, elemen-elemen struktur sekunder dan elemen-elemen struktur primer guna mempermudah analisa terhadap elemen-elemen tersebut.

2.2. DATA BANGUNAN

Struktur Gedung Hotel Pasific Balikpapan yang akan dimodifikasi dalam Tugas Akhir ini difungsikan sebagai bangunan penginapan. Data-data bangunan antara lain:

- Nama Gedung : Gedung Hotel Pasific Balikpapan

- Lokasi : Balikpapan, Kalimantan Timur
- Jumlah lantai : 8 lantai dimodifikasi menjadi 5 lantai + atap
- Lebar gedung : 12,6 m
- Panjang gedung : 44 m
- Tinggi gedung : 19,8 m
- Bahan struktur : Beton bertulang biasa dimodifikasi menjadi balok pracetak pada bagian elemen pelat lantai 1-5 dan balok induk lantai 1-5 sedangkan pada lantai atap baloknya menggunakan balok pratekan.
- Pondasi : Tiang pancang

2.3. DATA TANAH

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

Dari hasil penyelidikan tanah maka direncanakan bagi gedung Hotel Pasific Balikpapan ini akan memakai pondasi dari tiang pancang. Data tanah SPT (*Standard Penetration Test*) dilampirkan pada laporan ini.

2.4. PERATURAN-PERATURAN DAN REFERENSI YANG DIGUNAKAN

Peraturan-peraturan yang berkaitan dengan perencanaan ulang yang dilakukan, antara lain :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983
4. Beberapa jurnal yang berkaitan dengan topik seperti Tabel Diagram Interaksi.

Buku-buku yang berkaitan dengan perencanaan ulang yang dilakukan, antara lain :

1. Chu-Kia Wang & c.G.Salmon,1990, Desain Beton Bertulang, Jakarta,Erlangga,Jilid I dan II, Edisi keempat.
2. Philip,R.William & Sheppard,A.David,1980,*Plan Cast Precast and Prestressed Concrete, a design guide*, Chicago,Illinois.
3. T.Y.Lin & Ned H.Burns,1981,Desain Struktur Beton Prategang,Jakarta,Interaksara.
4. PCI, 1992, *PCI Design Hand-Book Precast and Prestress Concrete*, Chicago, Illinois, Fourth Edition.

2.5. PEMBEBANAN DAN REDUKSI BEBAN

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

1. Beban Mati (PPI 1983 Pasal 2.2 dan tabel 2.1)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian mesin-mesin serta peralatan tetap yang tidak dapat dipisahkan dari gedung tersebut. Sebagian tinjauan beban mati dalam perencanaan gedung ini adalah sebagai berikut :

▪ Berat Sendiri beton bertulang	: 2400 kg/m ³
▪ Tembok ½ bata	: 250 kg/m ²
▪ Plafon + penggantung	: 18 kg/m ²
▪ Kusen dan kaca	: 40 kg/m ²
▪ Ducting AC + pipa	: 30 kg/m ²
▪ Tegel(1 cm)	: 24 kg/m ²
▪ Spesi(1 cm)	: 21 kg/m ²
▪ Aspal(1 cm)	: 22 kg/m ²

2. Beban Hidup (PPI 1983 pasal 3.1., 3.2. dan table 3.1.)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang

- Tulangan

Tulangan memakai baja deform dengan $f_y = 390 \text{ MPa}$ dan baja polos dengan $f_y = 320 \text{ MPa}$

2.8. SISTEM STRUKTUR

Sistem struktur yang akan dipakai dalam perencanaan adalah metode *ordinary momen resisting frame*. Sistem pembalokan dilaksanakan dengan sistem pracetak pada lantai 1 sampai 5 dan sistem pratekan pada lantai atap, sedangkan untuk kolom dicor setempat (*cast in situ*). Pada sistem pelat lantai dipergunakan sistem *solid slab* untuk modul lantai yang tipikal dengan sistem pracetak.

2.9. SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL

Balikpapan terletak di daerah zona gempa 2. Desain gaya-gaya lateral yang terjadi diperhitungkan terhadap beban gempa. Dalam perencanaan perhitungan nantinya akan dipakai system *ordinary momen resisting frame* sebagai penahan beban lateral yang terjadi akibat beban gempa maupun akibat gaya gravitasi.

2.10. PERENCANAAN TERHADAP GEMPA

2.10.1 Definisi Daktilitas

Menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 02- 1726 – 2002) Daktilitas adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya peleahan pertama δ_y .

Sesuai dengan filosofi Perencanaan Beton tahan gempa di Indonesia menurut SNI 03 – 1726 - 2002 bahwa perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak/runtuh akibat terjadinya gempa kecil dan terhadap gempa yang berkekuatan besar, struktur utama boleh mengalami kerusakan tetapi tidak boleh sampai terjadi keruntuhan gedung. Hal ini dapat dicapai bila struktur gedung tersebut mampu mengalami perubahan bentuk

secara daktail dengan cara memancarkan animasi gempa dan membatasi gaya gempa yang bekerja padanya. Melelehnya elemen-elemen struktur akibat gempa kuat, ditandai dengan terbentuknya sejumlah sendi plastis. Jadi sesungguhnya pada fase ini perilaku struktur tidak linier lagi.

Suatu ukuran bagi kemampuan struktur untuk menyimpan dan memancarkan energi adalah perbandingan antar simpang maksimum (Δu) dan simpangan awal pada suatu keleahan pertama (Δy) yang disebut sebagai faktor daktilitas $\Delta(u/y)$.

2.10.2 Tingkatan Daktilitas

Klasifikasi tingkatan daktilitas menurut SNI 03-1726-2002 pasal 4.3.4 adalah sebagai berikut :

a) Tingkat daktilitas 1

Struktur dipropsikan sedemikian rupa sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail pada struktur bangunan sangat sedikit (struktur sepenuhnya elastis, $m=1$). Beban rancang dasar lateral harus dikalikan dengan faktor tipe struktur (K) sebesar 4.

b) Tingkat daktilitas 2

Struktur dipropsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail khusus akan memungkinkan struktur memberikan respon inelastik terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas, $m=2$. Beban gempa rencana dikalikan factor K minimum 2.

c) Tingkat daktilitas 3

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

Dalam modifikasi struktur gedung Hotel Pasifik ini direncanakan menggunakan tingkat daktilitas 2 (daktilitas terbatas).

2.10.3 Dasar Pemilihan Daktilitas 2 (Daktilas Parsial)

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

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

Karena kompleksnya pelaksanaan dari daktilitas 3 dan kurang ekonomisnya penggunaan daktilitas 1, maka dikembangkanlah perencanaan dengan daktilitas terbatas. Pada struktur dengan daktilitas terbatas faktor daktilitasnya adalah 2 artinya beban gempa hanya dikalikan 2, maka tuntutan daktilitas untuk mengatasi gempa-gempa kuat yang melampaui taraf gempa rencana tidak setinggi perencanaan pada struktur dengan daktilitas penuh. Dengan kata lain syarat-syarat pendetailan yang dituntut menjadi lebih longgar. Dari segi ukuran penampang lebih kecil daripada menggunakan daktilitas 1, sehingga perencanaan menjadi jauh lebih ekonomis. Perencanaan struktur dengan menggunakan daktilitas 2 harus memperhatikan aturan dalam SNI 03-1726-2002

BAB III

DASAR TEORI

BAB III

DASAR TEORI

3.1 TINJAUAN UMUM BETON PRACETAK

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

Definisi Beton Pracetak menurut buku *Plant Cast Precast and Prestressed Concrete (A Design Guide)* adalah beton yang dicetak di suatu tempat atau lokasi, baik dilingkungan proyek maupun dipabrik-pabrik yang pada akhirnya dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga rangkaian elemen demi elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu struktur sedangkan definisi Beton Pracetak menurut SNI 03 – 2847 – 2002 (pasal 3.16) adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan.

Elemen struktur pracetak yang banyak dipergunakan dan diproduksi secara masal oleh pabrik antara lain :

a. Pelat

Pelat dapat berupa pelat penuh (solid slab) atau pelat dengan lubang arah longitudinal yang berbentuk lingkaran atau persegi pada titik berat penampang pelat (*hollow core slab*), *double tee*, *single tee*, dan *channal slab*.

Ketebalan pelat penuh 8,9 cm – 20,3 cm, lebarnya 2,4 cm – 3,7 cm. Ketebalan *hollow core slab* 15,2 cm – 30,5 cm, lebarnya bervariasi 0,6 m, 1 m, 1,2 m, 2,4 m, namun pada umumnya ukuran ini dapat menyesuaikan dengan permintaan perancang.



Gb 3.1. Tipe pelat pracetak

b. Balok

Beberapa tipe balok yang diproduksi diantaranya berupa balok pracetak prategang pretension. Tipe-tipe penampang yang sering diproduksi diantaranya penampang persegi, *I-shaped*, *T-shaped*. Selain itu juga ada balok *precast* yang disebut *inverted tee girder*, serta *ledger beam*. Balok dengan penampang persegi digunakan sebagai balok utama dengan beban yang besar.



Gb 3.2. Tipe balok pracetak

Pembuatan atau pabrikasi komponen beton pracetak dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Pabrikasi yang bersifat sementara.

Pabrikasi elemen pracetak yang bersifat sementara atau pembuatan elemen pracetak dilokasi proyek dilakukan apabila luas areal dimana proyek tersebut dikerjakan

cukup memadai. Disamping itu sarana dan prasarana pendukung untuk pembuatan dan pemasangan elemen pracetak juga harus tersedia di lokasi proyek. Pabrikasi semacam ini biasanya akan berhenti seiring dengan selesainya proyek konstruksi.

2. Pabrikasi yang bersifat permanen.

Pabrikasi semacam ini biasanya dilakukan di pabrik sesuai dengan kemampuan pabrik tersebut untuk menyediakan komponen pracetak. Karena diproduksi secara massal dalam jumlah besar, pabrik tempat pembuatan elemen pracetak yang permanen membutuhkan areal yang cukup luas serta tempat penumpukan yang memadai. Selain itu kemudahan transportasi elemen pracetak juga perlu mendapatkan perhatian. Lokasi pabrikasi sebaiknya juga diusahakan dekat dengan bahan baku pembuatan elemen pracetak.

Faktor lain yang perlu perlu diperhatikan dalam penerapan metode pracetak adalah pengangkutan elemen pracetak. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan pengangkutan elemen pracetak dari lokasi pabrik sampai pada posisi akhir dimana elemen pracetak tersebut akan dipasang, antara lain :

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

Yang perlu mendapat perhatian dalam hal pemasangan elemen pracetak, antara lain :

1. Data lokasi proyek / *site plan*.
2. Peralatan yang dibutuhkan sesuai keadaan dilapangan.
3. Siklus pemasangan elemen pracetak
4. Pemberian tanda untuk mengurangi kesalahan pemasangan.
5. Jumlah serta tingkat keahlian para pekerja.

3.2 KEUNTUNGAN BETON PRACETAK

Penggunaan beton pracetak yang diproduksi dalam kondisi kontrol kualitas yang ideal dibandingkan dengan penggunaan metode konvensional, perbandingannya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Perbandingan metode konvensional dengan metode pracetak

ITEM	SISTEM KONVENSIONAL	SISTEM PRACETAK
Design	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang luas seperti fabrikasi sistem, transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dsb.
Bentuk dan bangunan	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentuk-bentuk yang tidak mengulang	Efisien untuk bentuk yang teratur / relatif besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang
Waktu pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20 % - 25 %
Tenaga kerja keahlian	Jumlahnya besar	Jumlahnya dapat berkurang ± 50 %, karena sebagian pekerjaan telah diselesaikan di pabrik
Koordinasi pelaksanaan	Komplek	Lebih sederhana, karena sebagian pekerjaan telah disiapkan dipabrik yang tidak berada di lokasi.
Pengawasan / Kontrol kerja	Bersifat komplek, serta dilakukan dengan cara terus	Sifatnya lebih mudah karena kualitas telah

	menerus.	dilakukan pengawasan oleh quality control dipabrik.
Fasilitas kerja	Membutuhkan macam-jumlah, komposisi yang cukup banyak. Operasional cukup komplek.	Jumlah dan komposisi lebih sedikit. Operasional sederhana, efektifitas tinggi.
Ketepatan ukuran	Sangat tergantung keahlian pelaksana	Karena dilaksanakan dipabrik akurasi cukup tinggi
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, utamanya worker skilled dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitas karena dipabrik.

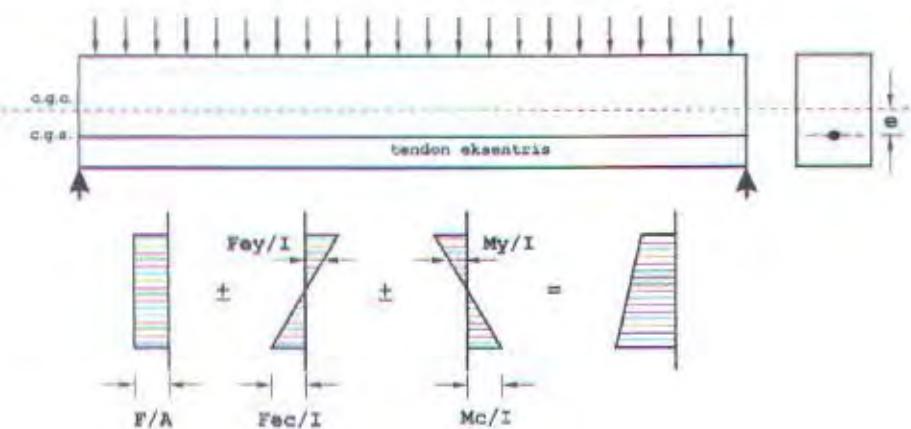
3.3. TINJAUAN UMUM BETON PRATEKAN

Definisi Beton Pratekan menurut SNI 03 – 2847 – 2002 (pasal 3.17) yaitu beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja sedangkan definisi beton pratekan yang diberikan oleh komisi ACI yang terdapat dalam buku (T.Y LIN and NED H BURNS, 1981) yaitu beton yang mengalami tegangan *internal* dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban *eksternal* sampai batas tertentu, pada elemen-elemen beton bertulang sistem pratekan biasanya dilakukan dengan menarik tulangannya.

Dalam buku karangan T.Y LIN and NED H BURNS tahun 1981 disebutkan tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton pratekan. Sangat penting sekali bagi seorang perancang untuk mengerti ketiga konsep tersebut supaya dapat mendesain beton pratekan dengan sebaik dan seefisien mungkin, hal ini dapat diterangkan sebagai berikut :

- Konsep pertama – Sistem Pratekan untuk Mengubah Beton Menjadi Bahan yang Elastis. Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis dan mungkin merupakan pendapat yang umum dari para insinyur. Ini merupakan buah

pemikiran Eugene Freyssinet yang menvisualisasikan beton pratekan pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik) sedemikian rupa sehingga beton yang getas dapat memikul tegangan tarik.



Gb 3.3 Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Pratekan Eksentris.

Jika terdapat eksentrisitas antara titik berat tendon dengan titik berat penampang beton, maka momen *internal* akibat *eksentrisitas* tersebut akan timbul sehingga distribusi tegangan pada penampang balok adalah:

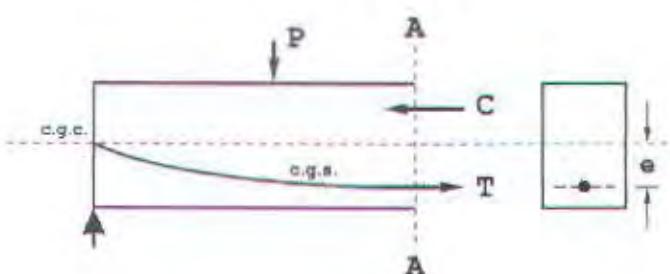
$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{F.e.y}{I} \pm \frac{M.y}{I}$$

- dimana, f = tegangan pada penampang.
 F = gaya prategang efektif pada tendon.
 A = luas penampang beton.
 e = eksentrisitas tendon terhadap sumbu penampang balok.
 y = jarak terhadap sumbu penampang balok.
 I = inersia penampang balok.
 M = momen akibat beban dan berat sendiri pada penampang.

- Konsep kedua – Sistem Pratekan untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton. Konsep ini mempertimbangkan beton pratekan sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen *eksternal*. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan dimana hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan di dalam beton seperti pada beton bertulang biasa. Pada masalah yang berbeda, baja berkekuatan sedang telah digunakan sebagai penulangan biasa tanpa pratekan, dan baja secara khusus diberi ulir untuk membuat rekat (*bond*), dengan maksud untuk mendistribusikan retak. Cara ini menghindari pengeluaran biaya untuk meregangkan dan mangangkurkan baja mutu tinggi tetapi tidak memberikan hasil yang diinginkan seperti pemberian gaya pratekan pada beton dan dalam pengontrolan lendutan. Distribusi tegangan pada penampang balok adalah :

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{M_c}{I}$$

dimana, M_c = momen akibat kopel.



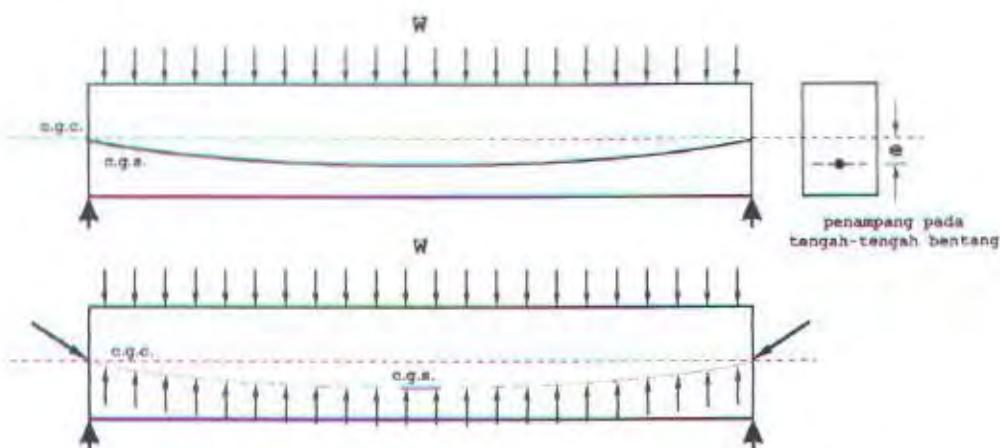
Gb 3.4 Momen penahan *internal* pada balok beton pratekan

- Konsep ketiga – Sistem Pratekan untuk Mencapai Kesetimbangan Beban. Konsep ini terutama menggunakan pratekan sebagai suatu usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah batang. Konsep ini sesungguhnya dikembangkan oleh pengarang, meskipun dapat dipastikan juga digunakan oleh insinyur-insinyur lain untuk hal lebih sederhana. Penerapan dari konsep ini menganggap beton diambil

sebagai benda bebas dan menggantikan tendon dengan gaya-gaya yang bekerja pada beton sepanjang bentang. Distribusi tegangan pada penampang balok adalah :

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{M \cdot c}{I}$$

dimana, M = momen akibat selisih tegangan merata tendon dengan tegangan merata berat sendiri atau beban.



Gb 3.5 Perimbangan tegangan merata akibat beban mati dengan gaya prategang.

Dalam perencanaan beton pratekan, analisis gaya-gaya efektif dari tendon penting sekali untuk diketahui. Kehilangan gaya prategang akan terjadi dalam dua tahap dan keduanya akan sangat mempengaruhi hasil akhir gaya-gaya efektif tendon yang akan terjadi. Tahap pertama, pada saat setelah peralihan gaya prategang ke penampang beton, tegangan dievaluasi sebagai tolak ukur perilaku elemen struktur. Kehilangan gaya prategang akan meliputi perpendekan elastis beton (*elastic shortening*) pada beton pratarik maupun pasca tarik, akibat gesekan (*wobble effect*) dan slip angker pada beton pasca tarik. Tahap kedua, menurut usia beton usia beton pratekan itu sendiri. Akibat waktu yang lama, akan terjadi kehilangan pula gaya prategang akibat susut dan rangkak beton (*creep*), akibat relaksasi baja dan akibat lenturan balok. Dalam memperhitungkan kehilangan gaya prategang karena pengaruh waktu atau usia yaitu rangkak (CR), susut (SH), dan relaksasi baja (RE) dipakai metode PCI Comitee. Dalam metode ini perhitungan dibagi dalam empat interval waktu minimum seperti dalam tabel berikut :

Tabel 3.2 Selang waktu minimum

Tahap	Waktu awal (t_1)	Waktu akhir (t_2)
1	Akhir curing	Umur beton saat transfer
2	Akhir tahap 1	Umur 30 hari saat dibebani beban mati tambahan
3	Akhir tahap 2	Umur 1 tahun
4	Akhir tahap 3	Akhir umur rencana struktur

- Perpendekan Elastis Beton (ES)

Pada beton pratekan saat gaya prategang dialihkan, komponen struktur akan memendek dan baja akan ikut memendek bersamanya. Perpendekan ini akan mengakibatkan hilangnya gaya prategang pada baja.

Rekomendasi ACI-ASCE untuk kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis beton dengan memperhitungkan penarikan yang berturut-turut diberikan pada persamaan berikut :

$$ES = K_{es} E_s \frac{f_{cr}}{E_{et}}$$

dimana ES = kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis beton.

K_{es} = 0.5 untuk komponen struktur pasca-tarik bila kabel-kabel secara berurutan ditarik dengan gaya yang sama.

E_s = modulus elastisitas baja prategang.

E_{et} = modulus elastisitas beton pada saat pengangkuran (initial).

f_{cr} = tegangan beton pada garis berat baja (cgs) akibat gaya prategang yang efektif segera setelah gaya prategang telah dikerjakan pada beton.

Untuk beton dengan tendon *eksentrисitas* e pada tengah bentang dan momen akibat berat sendiri balok (M_{Gj}) diperhitungkan, tegangan beton pada tengah bentang pada garis yang melalui titik berat tendon menjadi :

$$f_{cr} = -\frac{F_a}{A_g} - \frac{F_o e^2}{I_g} + \frac{M_{Gj} e}{I_g}$$

- dimana F_0 = gaya prategang awal.
 E = eksentrisitas tendon di titik yang ditinjau.
 M_G = momen akibat berat sendiri balok pada titik yang ditinjau
 A_g = luas penampang bruto beton.
 I_g = momen inersia penampang beton.

- Gesekan (FR)

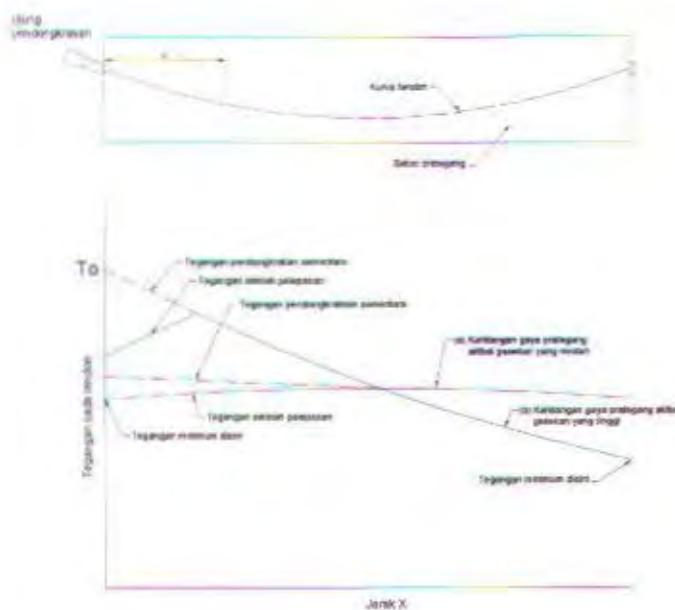
Selama terjadi pengalihan gaya prategang pada sistem pasca tarik, kabel yang ditarik akan mengalami gesekan dengan beton disepanjang tendon. Gesekan ini tentu saja juga akan mempengaruhi nilai distribusi tegangan efektif yang bisa diterima beton. Perumusan untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat gesekan dan wobble effect adalah sebagai berikut :

$$f_2 = f_1 e^{-\alpha \theta \cdot K}$$

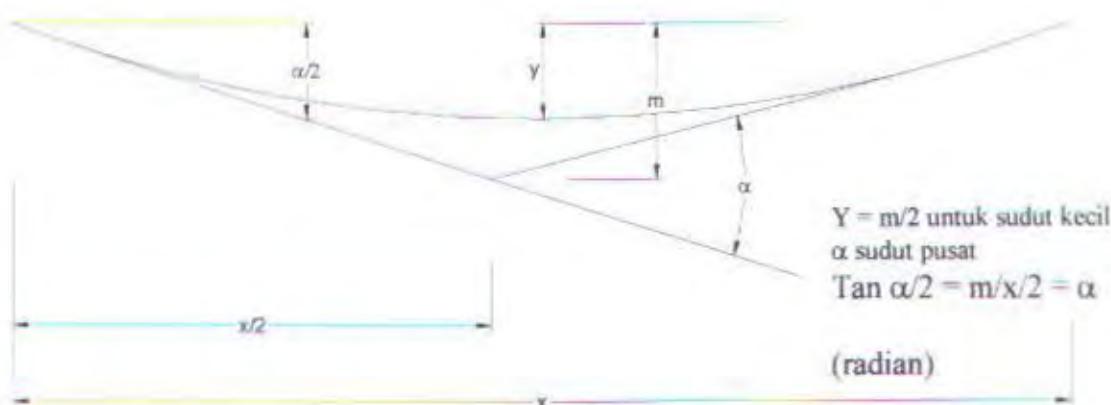
Kehilangan gaya prategang akibat gesekan diperoleh dari persamaan diatas. Kehilangan tegangan baja dinyatakan sebagai $FR = f_1 - f_2$, f_1 adalah tegangan baja pada pendongkrakkan terakhir, dan panjang sampai titik yang ditinjau adalah L. Jadi diperoleh :

$$FR = f_1 - f_2 = f_1 - f_1 e^{-\alpha \theta \cdot K}$$
$$FR = f_1 \left(1 - e^{-\alpha \theta \cdot K} \right)$$

- dimana, FR = kehilangan gaya prategang akibat gesekan dan *wobble effect*.
 f_1 = tegangan baja pada ujung pendongkrakkan (angker mati).
 f_2 = tegangan baja pada ujung pendongkrakkan (angker hidup).
 e = bilangan natural
 μ = koefisien lengkungan
 K = koefisien *wobble*
 L = panjang tendon
 α = susut pusat tendon



Gb 3.6 Variasi Tegangan pada Tendon akibat Gaya Gesekan



Gb 3.7 Penentuan Pendekatan Sudut Pusat Tendon

Tabel 3.3 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon-tendon pasca tarik.

Tipe Tendon	K	μ
Tendon pada selubung logam fleksibel		
Tendon kawat	$0,0033 - 0,0049$	$0,15 - 0,25$
Strand dengan untaian 7 kawat	$0,0016 - 0,0066$	$0,15 - 0,25$

Baja mutu tinggi	0,0003	0,0020	0,08 – 0,30
Tendon pada selubung logam fleksibel <i>Strand</i> dengan untaian 7 kawat	0,0007		0,15 – 0,25
Tendon yang diminyaki terlebih dahulu Tendon kawat dan <i>strand</i> dengan untaian 7 kawat	0,001 – 0,0066		0,05 – 0,15
Tendon yang diberi lapisan mastik Tendon kawat dan <i>strand</i> dengan untaian 7 kawat	0,00033 – 0,0066		0,05 – 0,15

- Slip angker (ANC)

Kebanyakan sistem pasca tarik, saat tendon ditarik sampai nilai penuh dongkrak dilepas dan gaya prategang dialihkan kepada angkur. Perlengkapan angkur dimana angkur mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung untuk berdeformasi (slip). Rumus umum untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat slip pengangkuran adalah:

$$ANC = \Delta f_{st} = \frac{A_a \cdot E_s}{L}$$

dimana, A_a = jarak slip.

E_s = modulus elastisitas baja.

L = panjang tendon.

Jarak pengaruh slip pengangkuran (x) diperhitungkan sebagai berikut:

$$x = \sqrt{\frac{E_{ps} \cdot g}{f_{pt} \cdot A}} \quad \text{dan} \quad \frac{\Delta f_{st}}{2} \cdot x = E_{ps} \cdot g$$

dimana, f_{pt} = tegangan sebelum slip angkur.

Δf_{st} = besarnya kehilangan tegangan akibat slip angkur.

g = besarnya slip angkur, mm.

x = jarak pengaruh kehilangan tegangan akibat slip angkur.

- Rangkak beton (CR)

Rangkak adalah sifat alamiah beton. Rangkak dianggap terjadi dengan beban mati permanen yang ditambahkan pada komponen struktur setelah beton diberi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak untuk komponen struktur dengan tendon terekat dihitung dari persamaan berikut:

$$CR = K_{cr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot (f_{cd} - f_{cds})$$

dimana, $K_{cr} = 2,0$ untuk komponen struktur pratarik.

$K_{cr} = 1,6$ untuk komponen struktur pasca tarik.

f_{cds} = tegangan beton pada titik berat tendon akibat keseluruhan beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang.

E_s = modulus elastisitas tendon pratekan.

E_c = modulus elastisitas beton berumur 28 hari yang bersesuaian dengan f'_c .

Sedangkan kehilangan gaya prategang akibat rangkak untuk komponen struktur dengan tendon tidak terekat dihitung dari persamaan berikut:

$$CR = K_{cr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot f_{cpa}$$

dimana, f_{cpa} = tegangan tekan rata-rata pada beton sepanjang komponen struktur pada titik berat tendon.

Metode PCI Committee

Metode lainnya yang umum dipakai *PCI Committee* untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat rangkak adalah:

$$CR = UCR \times SCF \times MCF \times PCR \times fc$$

dimana,

UCR (*Ultimate Creep Loss*) untuk beton normal,

$$\text{Curing beton tidak lebih } 7 \text{ hari, } UCR = 90 - \frac{20 \times Ec}{10^6} \geq 11 \text{ psi}$$

$$\text{Curing yang dipercepat, } UCR = 63 - \frac{20 \times Ec}{10^6} \geq 11 \text{ psi}$$

SCF = faktor volume dan permukaan balok pratekan

MCF = faktor umur beton dan waktu curing

PCR = besarnya rangkak tiap-tiap interval waktu $(AUC).t - (AUC).t_1$

AUC = variasi dari rangkak terhadap waktu

f_c = tegangan tekan beton pada cgs pada saat t_L

$$\lambda = \frac{2 \cdot \mu \cdot \alpha}{h^2} + K \quad (\text{untuk tendon berbentuk parabola})$$

- **Susut (SH)**

Setelah pengecoran, seturut dengan waktu beton akan mengalami susut yang berarti terjadi pengurangan volume beton dan akan mengakibatkan pengurangan tegangan tekan pada tendon baja prategang. Besarnya susut yang terjadi pada beton pratekan dapat dijelaskan menggunakan persamaan berikut ini:

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \cdot K_{sh} \cdot E_s \cdot (1 - 0,06 \cdot \frac{V}{S}) \cdot (100 - RH)$$

dimana, K_{sh} = koefisien faktor susut

RH = kelembaban relatif.

V/S = perbandingan volume terhadap permukaan.

Metode PCI Committee

Metode lainnya yang umum dipakai *PCI Committee* untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat susut adalah:

$$SH = USH \times SSF \times PSH$$

dimana,

USH (*Ultimate Shrinkage Loss*)

$$\text{Untuk beton normal, } USH = 27000 - \frac{3000 \times Ec}{10^6}$$

$$\text{Untuk beton ringan, } USH = 41000 - \frac{1000 \times Ec}{10^6}$$

Tetapi harga $U/SH > 12000$ psi.

AUS = variasi susut terhadap waktu

SSF = faktor pengaruh volume terhadap permukaan PSH = besarnya susut untuk tiap-tiap interval waktu $(AUS).t - (AUS).t_1$

- Relaksasi baja (RE)

Kenyataannya selama tegangan dari baja pratekan sendiri dijaga untuk tetap, dalam suatu selang waktu yang cukup panjang memperlihatkan bahwa gaya prategang akan berkurang secara perlahan. Sebenarnya balok pratekan tersebut mengalami perubahan regangan baja yang konstan di dalam tendon bila terjadi rangkak yang tergantung pada waktu. Komisi ACI-ASCE menghasilkan persamaan untuk mengetahui besarnya kehilangan gaya prategang akibat relaksasi seperti di bawah ini:

$$RE = [K_{re} - J.(SH + CR + ES)].C$$

dimana, K_{re} , J dan C adalah nilai-nilai yang diambil menurut tabel pada buku karangan T.Y Lin and NED H. BURNS tahun 1981.

Metode PCI Committee

Menurut Antonie Naaman, kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja untuk interval waktu t sampai dengan t_1 dapat dihitung dengan rumus:

$$RET = f_{st} \left(\frac{\log 24.t - \log 24.t_1}{10} \right) \left(\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right) \quad \text{untuk baja relaksasi tinggi}$$

$$RET = f_{st} \left(\frac{\log 24.t - \log 24.t_1}{45} \right) \left(\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right) \quad \text{untuk baja relaksasi rendah}$$

$$f_{st}/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$$

$$f_{py} = 0,90.f_{pu}$$

Untuk sifat beton dan baja rata-rata, yang dirawat dalam kondisi udara rata-rata, prosentase-prosentase yang diberikan di tabel bawah ini dapat diambil sebagai kehilangan gaya prategang rata-rata.

Tabel 3.4 . Prosentasi kehilangan gaya prategang.

Kehilangan Prategang	Pratarik (%)	Pasca-tarik (%)
Perpendekan elastis	4	1
Rangkak	6	5
Susut	7	6
Relaksasi baja	8	8
Total	25	20

3.4 KEUNTUNGAN BETON PRATEKAN

Dalam buku karangan T.Y lin and NED H. BURNS tahun 1981 disebutkan beberapa kelebihan penggunaan beton pratekan dibandingkan dengan penggunaan beton bertulang, antara lain :

- Kemampulayanan

Karena pemakaian bahan dengan mutu yang tinggi maka desain beton bertulang lebih cocok untuk struktur-struktur dengan bentang panjang dan memikul beban berat. Struktur beton pratekan lebih ramping dan oleh karena itu lebih dapat disesuaikan dengan segi artistik. Beton pratekan menghasilkan lebih banyak ruang bebas dimana dibutuhkan. Struktur beton pratekan tidak retak akibat beban kerja, dan retak-retak apapun yang terjadi akibat beban yang berlebihan akan tertutup segera setelah beban diangkat kecuali jika beban berlebihan.

- Keamanan

Jika didesain layak dengan memakai metode konvensional yang sekarang, struktur beton pratekan mempunyai kelebihan kemampuan menahan beban yang hampir sama dengan atau mungkin sedikit lebih tinggi daripada beton bertulang. Pada desain yang biasa, mereka melentur cukup besar sebelum batas runtuh,

sehingga memberikan tanda-tanda yang cukup sebelum roboh. Kemampuan beton pratekan untuk menahan beban tiba-tiba dan beban kejut dan beban berulang ternyata sama baiknya dengan beton bertulang.

- Ekonomi

Desain beton pratekan akan lebih ekonomis bila unit yang sama diulang untuk beberapa kali atau bila dijumpai beban mati yang berat pada bentang yang panjang. Dapat juga dipakai bila dikombinasikan dengan sistem pracetak atau semi pracetak seperti konstruksi komposit atau konstruksi pelat angkat.

3.5 RUMUS-RUMUS PERHITUNGAN

- Perencanaan Pelat

- a. Jenis Pelat

Pelat dibedakan menjadi dua yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat satu arah mempunyai perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek lebih dari dua, dalam keadaan demikian beban yang bekerja pada pelat dapat dianggap dipikul seluruhnya oleh balok arah pendek. Apabila perbandingan dari bentang panjang terhadap bentang pendek kurang atau sama dengan dua, maka pelat tersebut disebut sebagai pelat dua arah dan beban dipikul dalam kedua arah oleh balok pendukung sekeliling pelat. Pada pelat dua arah penulangannya terjadi pada kedua sumbu bentangnya.

Adapun ketentuan tentang penetapan jenis pelat tersebut :

- Pelat direncanakan sebagai pelat satu arah (*one way slab*) apabila rasio bentang panjang dan pendeknya lebih dari dua. Jika ketebalan struktur lebih besar dari tebal minimum yang diisyaratkan maka lendutan tidak perlu dihitung.
- Pelat direncanakan sebagai pelat dua arah (*two way slab*) apabila rasio bentang panjang dan pendeknya lebih kecil atau sama dengan dua

- b. Tebal Pelat

- Pada perencanaan pelat satu arah, tebal pelat diambil lebih besar daripada yang disyaratkan sehingga tidak perlu dikontrol terhadap lendutan yang terjadi.
- Tebal pelat minimum untuk pelat dua arah jika lendutan tidak dikontrol, yaitu :

$$h_{\min 1} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta\left[\alpha_m - 0,12\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_{\min 2} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak lebih dari :

$$h_{maks} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

dimana :

L_n = bentang bersih pelat sisi panjang

S_n = bentang bersih pelat sisi pendek

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

α_m = nilai rata-rata α untuk semua balok dari tepi sebuah panel

α = rasio dari kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat

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

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| ➤ untuk $\alpha_m < 2,0$ | 120 mm |
| ➤ untuk $\alpha_m \geq 2,0$ | 90 mm |

Untuk mendapatkan harga α_m terlebih dahulu menghitung harga α dengan perumusan sebagai berikut :

$$\alpha_w = \frac{I_{balok}}{I_{slab}}$$
$$I_{balok} = \frac{1}{12} K b_s h^3$$
$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_s} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_s} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left[\left(\frac{b_e}{b_s} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \right]}$$
$$I_{slab} = \frac{1}{12} b_s t^3$$

c. Penulangan Lentur Pelat

Penulangan pelat beton mengacu pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971

$$M_o = \pm 0,001 \cdot w_u \cdot l_i^2 \cdot x$$

dimana M_o = statik momen terfaktor total.
 w_u = beban terfaktor per unit luas.
 l_i = panjang bentang yang tegak lurus terhadap bentang yang sedang dihitung momennya, diukur dari pusat ke pusat perletakan..
 x = koefisien pengali.

Perhitungan tulangan pelat juga harus ditinjau terhadap keseimbangan penulangan. SKSNI-03-2847-2002 mengisyaratkan:

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\text{dimana } \beta = 0,85 - ((30 - 30) \cdot 0,008) = 0,85$$

d. Penulangan Susut dan suhu

Pada pelat struktural dimana tulangan lenturnya terpasang satu arah saja, dipasang tulangan susut dan suhu yang arahnya tegak lurus terhadap tulangan lentur.

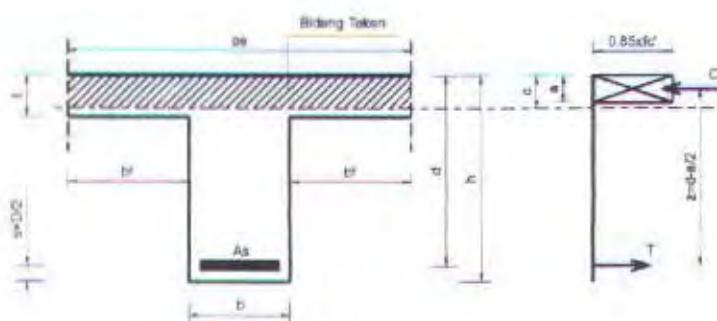
Dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 500 mm. Memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton tidak kurang dari 0,0020 bila menggunakan batang tulangan ulir mutu 300.

- **Perencanaan Balok**

- Jenis Balok.

Penampang Balok 'T' Palsu

Bila $c < t$, seperti dalam gambar,



Gb 3.8 Diagram tegangan balok 'T' palsu.

dimana,

$$c = \frac{As \times fy}{\beta_1 \times 0,85 \times f'c \times be}$$

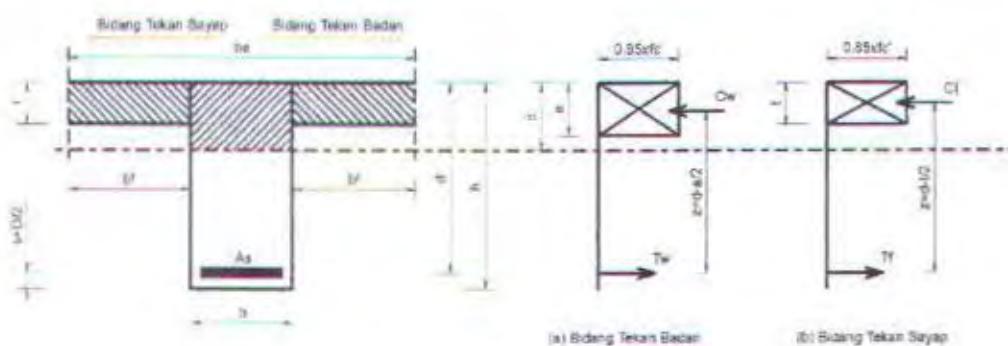
$$a = c \times \beta_1$$

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

dengan, $M_u < \phi \cdot M_n$ ($\phi = 0,9$)

Kondisi Penampang Balok 'T' Asli.

Bila $c > t$, seperti dalam gambar,



Gb 3.9 Diagram tegangan balok 'T' asli.

- Rasio penulangan untuk mengimbangi kuat tekan sayap ($2b_f$),

$$\rho_f = 0,85 \cdot f'c \cdot (2 \cdot b_f) \frac{t}{f_y \times b \times d}$$

- Rasio penulangan *balance* untuk balok 'T',

$$\rho_b = \frac{b}{b_e} \cdot (\bar{\rho}_b - \rho_f)$$

$$\bar{\rho}_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

- Tekan pada badan:

$$\text{Luas tulangan, } (A_{sw}) = A_s - A_{sf}$$

$$\text{Tegangan tekan, } (C_w) = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a$$

$$\text{Kondisi seimbang } T_w = C_w$$

$$A_{sw} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a$$

Momen nominal badan balok

$$\phi \cdot M_{nw} = \phi \cdot A_{sw} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

- Tekan pada sayap:

$$\text{Luas bidang tekan, } = (b_e - b) \cdot t$$

$$\text{Tegangan tekan, } (C_f) = 0,85 \cdot f'c \cdot (b_e - b) \cdot t$$

Kondisi seimbang $T_f = C_f$

$$A_{sf}.f_y = 0,85.f'_c.(b_e - b).t$$

Momen nominal sayap,

$$\phi.M_{nf} = \phi.A_{sf}.f_y \left(d - \frac{t}{2} \right)$$

➤ Momen nominal penampang 'T'.

$$\phi.M_n = \phi.M_{nw} + \phi.M_{nf} \quad (\phi = 0,9)$$

b. Penulangan Lentur Balok

Untuk perencanaan tulangan lentur (arah *longitudinal*), syarat-syarat yang harus dipenuhi berdasarkan perencanaan antara lain:

➤ Gaya tekan aksial terfaktor ϕP_n pada balok tidak boleh lebih dari,

$$\phi P_n \leq 0,10.f'_c.A_g$$

➤ Tulangan *longitudinal/lentur* A_{smi} tidak boleh kurang dari,

$$\frac{\sqrt{f'_c}}{4.f_y} \cdot b_w \cdot d \text{ dan,}$$

$$\frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

dan untuk elemen penahan gempa,

$$A_{smi} \geq 1,4 \times b_w \cdot d / f_y$$

dengan $As = \frac{Mu}{\phi.f_y(d - d')}$

➤ Rasio tulangan *longitudinal/lentur* ρ tidak boleh lebih dari,

$$\rho < 0,025$$

$$\rho < 0,75 \cdot \rho_{balance}$$

dengan

$$\rho = \frac{As}{b.d}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f' c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

- Tulangan momen positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari:

$$As^{(+)} \geq 0,5 \cdot As_{min}$$

dimana A_g = luas penampang balok total.

b_w = lebar penampang balok.

d = tinggi balok dikurangi selimut beton dan $\frac{1}{2}$ diameter tulangan.

$\rho_{balance}$ = rasio tulangan kondisi *balance*.

$\phi = 0,9$.

c. Penulangan Geser Balok

Untuk perencanaan spasi tulangan geser (arah *transversal*), tidak boleh lebih dari nilai-nilai di bawah ini:

Spasi,

$$s' = d/4$$

$s' = 8 \times$ diameter tulangan *longitudinal* terkecil

$s' = 24 \times$ diameter sengkang, dan

$$s' = 300 \text{ mm}$$

- Kuat geser (V_n) harus memenuhi dan berdasarkan persamaan berikut:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

dengan,

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f' c}}{6} \right) b_w \cdot d$$

$$\text{atau } V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f' c}}{6} \right) b_w \cdot d$$

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

- Jarak l_o minimum dari muka perletakan diambil sebesar $2d$.
- Bila tulangan geser tidak diperlukan ($V_c > V_u$), maka penulangan minimum maka sengkang harus dipasang dengan spasi minimum $d/2$ di sepanjang bentang balok tersebut dengan luas tulangan minimum sebagai berikut:

$$Av_{min} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_y}$$

dimana, V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton.

V_g = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser.

N_u = gaya tekan aksial.

A_v = luas tulangan geser yang berada dalam rentang jarak s .

$\phi = 0,85$.

s = jarak tulangan geser, dalam mm.

d. Penulangan Puntir Balok

Puntir pada balok diperhitungkan untuk penampang bukan pratekan yang menerima puntir terfaktor lebih besar dari nilai T_u yang diberikan sebagai berikut:

$$\frac{\phi \cdot \sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

➤ Tulangan sengkang untuk puntir direncanakan menurut:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_v \cdot f_{yv}}{s} \cot \phi$$

dengan $\theta = 45^\circ$ untuk komponen struktur nonpratekan.

- Luas tulangan puntir sengkang minimum dan *longitudinal* minimum,

$$A_v + 2 \cdot A_t = \frac{1}{3} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yv}}$$

$$Al_{\min} = \frac{5\sqrt{f'c}A_{cp}}{12f_{yl}} - \left(\frac{A_v}{s} \right) p_h \cdot \frac{f_{yw}}{f_{yl}}$$

- Batas jarak antar tulangan lentur maksimum,

$p_h/8$ atau 300 mm

dimana,

Tn_c = kuat nominal lentur akibat penampang beton.

Tn_t = kuat nominal lentur akibat tulangan sengkang.

Tn = kuat nominal lentur total.

A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton.

A_v = luas satu tulangan geser pada jarak sepanjang s .

A_t = luas satu tulangan torsi pada jarak sepanjang s .

p_{cp} = keliling luar penampang beton.

p_h = keliling dari pusat tulangan sengkang torsi terluar.

b_w = lebar badan balok.

f_{yw} = kuat leleh tulangan sengkang torsi.

f_{yl} = kuat leleh tulangan *longitudinal* torsi.

A_v = luas tulangan geser.

p_h = keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar.

• **Perencanaan Kolom**

a. **Jenis Kolom**

Menurut karakteristiknya kolom dibedakan dalam dua macam yaitu, kolom pendek dan kolom panjang.

➤ **Kolom pendek**

Bila dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan yaitu runtuhnya beton sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya, sehingga bahaya akibat tekuk tidak diperhitungkan.

➤ **Kolom panjang**

Bila perbandingan kelangsungan untuk kolom pendek tidak dipenuhi. Kolom dengan perbandingan kelangsungan besar akan mengakibatkan lendutan kesamping (menekuk) akibat momen sekunder yang terjadi, sehingga

mengurangi momen nominal kolom. Untuk itu, diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom

b. Pembesaran Momen

Apabila angka kelangsungan kolom melebihi batas untuk kolom pendek, maka kolom tersebut akan mengalami tekuk sebelum mencapai keadaan limit kegagalan material. Kolom langsing yang mengalami kombinasi gaya aksial dan lentur, berdeformasi melintang dan mengalami momen tambahan akibat efek $P\Delta$, dimana P adalah gaya aksial dan Δ adalah defleksi kolom tertekuk pada penampang yang ditinjau.

Pembesaran momen untuk portal bergoyang akan mengacu pada Konsep SKSNI-03-2847-2002, pasal 10.13, dimana portal dapat dianggap bergoyang apabila :

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_u I_c} \leq 0,05$$

dimana,

$\sum P_u$ = Jumlah beban vertikal pada tingkat yang ditinjau.

Δ_o = Simpangan relatif antar tingkat orde pertama akibat V_u .

V_u = Jumlah beban geser pada tingkat yang ditinjau.

I_c = Panjang bersih elemen tekan

Pengaruh kelangsungan elemen tekan pada portal bergoyang dapat diabaikan apabila:

$$\frac{k I_u}{r} \leq 22$$

dimana,

I_u = panjang bersih elemen tekan tanpa tertopang.

k = faktor panjang efektif.

r = radius girasi.

Momen M_1 dan M_2 pada ujung-ujung komponen struktur tekan harus diambil sebesar :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

dimana,

M_1, M_2 = momen ujung terfaktor, (M_1 lebih kecil dari komponen tekan, dan M_2 lebih besar dari komponen tekan).

M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti.

M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti.

M_{1s} = Nilai yang lebih kecil dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti.

M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen – momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti

Sebagai alternatif, $\delta_s M_s$ boleh diambil sebesar :

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1-Q} \geq M_s$$

Apabila nilai δ_s yang dihitung dengan cara ini lebih besar dari 1,5, maka $\delta_s M_s$ harus dihitung sebagai berikut :

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq M_s$$

Dimana,

$\sum P_u$ = Jumlah seluruh beban vertikal terfaktor yang bekerja pada suatu tingkat.

$\sum P_c$ = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat.

➤ Momen M_2 tidak boleh diambil kurang dari:

$$M_{2-min} = P_u(15 + 0,03.h)$$

dimana, P_u = beban aksial terfaktor $\leq \phi P_n$.

Momen pembesaran M_c pada portal tidak bergoyang, dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kI_y)^2}$$

$$EI = \frac{0,40 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{Pu_1}{Pu_2}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4$$

dimana,

M_1, M_2 = momen ujung terfaktor, (M_1 lebih kecil dari komponen tekan, dan M_2 lebih besar dari komponen tekan).

δ_{ns} = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping.

Pu_1 = gaya tekan aksial terfaktor maksimum akibat beban mati.

Pu_2 = gaya tekan aksial terfaktor maksimum akibat beban mati dan beban hidup.

P_c = beban kritis.

l_u = panjang efektif dari muka kemuka tumpuan.

β_d = rasio beban tetap aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

C_m = adalah suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekivalen.

c. Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk adalah panjang bersih kolom antar pelat lantai atau balok diujungnya yang dikalikan suatu faktor tekuk (k) yang besarnya,

- $k \geq 1$, untuk kolom tak bergoyang.
- $k \leq 1$, untuk kolom bergoyang.

Faktor tekuk diperhitungkan sebagai fungsi dari kekakuan relatif (Ψ) dari kolom terhadap balok-balok pada pertemuan diujung kolom. Kekakuan relatif didefinisikan sebagai berikut:

$$\Psi(A/B) = \frac{\sum(E.I/L)_{kolom}}{\sum(E.I/L)_{balok}}$$

dimana $\Psi(A/B)$ = kekakuan relatif masing-masing ujung kolom A dan B.

$E.I/L$ = faktor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau.

L = panjang bentang komponen struktur yang diukur dari pusat ke pusat join.

Nilai dari faktor tekuk diperoleh dari nomogram atau grafik alignment dari *Structural Stability Research Council Guide* dengan menarik garis dan menghubungkan nilai Ψ_A dan Ψ_B yang memotong garis skala nilai k yang berada ditengah.

d. Kontrol Bresler Resiprocal Method

Bresler Resiprocal Method merupakan salah satu teori dalam pengecekan kolom yang mengalami momen dari dua arah (*biaxial bending*). Sebagai alat bantunya digunakan diagram interaksi yang sama dengan yang digunakan untuk merencanakan tulangan lentur kolom.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Hitung harga $\frac{e}{h}$ untuk masing- masing arah momen. Momen yang digunakan adalah momen yang dihasilkan dari langkah-langkah perencanaan tulangan lentur kolom.

- Dari harga $\frac{e}{h}$ untuk masing-masing arah momen dan ρ yang digunakan, lalu titik pertemuannya diproyeksikan sejajar sumbu x untuk memperoleh harga $\frac{\phi P_n}{Ag}$. Maka harga P_n untuk arah x dan y dapat diperoleh.

Kekuatan penampang tekan yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur dalam dua arah sumbu utamanya (momen biaxial) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{ob}} \geq P_n \text{ ada}$$

$$P_{ob} = 0.8\phi[0.85fc'(Ag - Ast) + fy.Ast]$$

dimana :

P_{nx} = gaya aksial nominal arah x

P_{ny} = gaya aksial nominal arah y

P_{ob} = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

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 :

$$P_{nx} = \frac{kx.Ag}{0.65}$$

$$P_{ny} = \frac{ky.Ag}{0.65}$$

dimana kx dan ky adalah konstanta yang didapat pada sumbu ordinat diagram interaksi M – N untuk P_{nx} dan P_{ny} .

e. Penulangan Longitudinal

Penulangan longitudinal elemen kolom direncanakan dengan metode elastis, tidak direncanakan berdasarkan kapasitas balok, ditinjau dari beban dominan yang dipikul oleh kolom adalah berupa beban gravitasi, dan beban gempa yang tergolong kecil. Hal ini disebabkan oleh kondisi struktur gedung yang tidak

langsing dan wilayah Kalimantan yang masuk dalam kategori zona gempa relatif kecil.

- Luas tulangan perlu,

$$A_{sk} = \rho \cdot (b \times \mu \cdot h)$$

- Rasio penulangan (ρ) direncanakan dengan menggunakan diagram interaksi
- Batasan rasio penulangan longitudinal untuk elemen tekan,

$$\rho_{min} = 0,01$$

$$\rho_{max} = 0,08 \cdot A_g$$

dimana A_g = luas bruto penampang.

f. Penulangan Transversal

Perencanaan tulangan geser untuk struktur yang dibebani gaya aksial tekan (kolom) adalah sebagai berikut:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \left(\sqrt{f'c} + 120 \cdot \rho_w \frac{V_u \times d}{M_m} \right) b_w \cdot d$$

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4,6 - d}{8} \right)$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \times d}$$

- Nilai V_c tidak perlu lebih dari,

$$V_{c(max)} = 0,3 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0,3 \times N_u}{A_g}}$$

dimana, V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton.

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser.

- M_m = momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan V_u
pada penampang yang ditinjau.
- N_u = gaya tekan aksial.

➤ Spasi tulangan geser,

$$s = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_u}$$

➤ Jarak daerah sendi plastis dari muka join (l_o) tidak boleh kurang dari:

$$(l_o) \leq h_{kolom}$$

$$(l_o) \leq 1/6.l_{n-kolom}$$

$$(l_o) \leq 500 \text{ mm}$$

➤ Sepanjang daerah sendi plastis (l_o), spasi tulangan tidak lebih dari:

$$s \leq d/4$$

$$s \leq 100 \text{ mm}$$

➤ Dengan luas total penampang sengkang tidak kurang dari:

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s \times h_c \times f'c}{f_y} \right)$$

dimana,

s = spasi tulangan sengkang.

h_c = dimensi penampang melintang pusat penampang kolom, diukur
dari pusat ke pusat tulangan longitudinal.

➤ Spasi tulangan di luar l_o tidak boleh lebih dari:

$$s_{max} < 6.D$$

$$s_{max} < 150 \text{ mm}$$

• **Perencanaan Pondasi**

a. Daya Dukung Tiang Pancang

Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji CPT (sondir-boring) menurut Van Der Wegen yaitu sebagai berikut:

$$Q_N = (Q_p)_a + (Q_s)_a$$

$$(Q_p)_a = \frac{(q_c)_m}{3 \cdot \alpha} \cdot A_p$$

$$(Q_s)_a = \frac{1}{2} \cdot P \cdot (JHP)$$

Dimana :

Q_N : daya dukung nominal, yaitu daya dukung batas setelah diterapkan suatu koefisien keamanan

Q_p : daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (*ultimate end bearing capacity*)

Q_s : daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (*skin resistance of the pile*)

A_p : luas penampang (*section*) ujung tiang

α : koefisien yang tergantung dari jenis tanah dan tiang

$(q_c)_m$: Harga rata-rata konus di sepanjang $3.5 B$ diatas dasar pondasi hingga B dibawah dasar pondasi

B : diameter tiang pondasi

P : Keliling tiang pancang

3 : angka keamanan (Q_p)

Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok dihitung dengan rumusan berikut:

$$P_{group} = n \times P_{group \ per \ tiang} \times Eff$$

dimana, n = jumlah tiang dalam group.

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \text{ (Converse Labarre).}$$

$$\theta = \arctan(D/s).$$

D = diameter tiang.

s = jarak antar sumbu tiang ($2,5D$ s/d $5D$).

m = jumlah tiang perbaris sb.x.

n = jumlah tiang perkolom sb.y.

b. Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang,

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P_u}{n} + \frac{M_x \cdot x_{maks}}{\Sigma x^2} + \frac{M_y \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} \leq P_{ult}$$

dimana,

P_{ult} = daya dukung ijin tiang dalam satu kelompok.

P_{maks} = beban maksimum 1 tiang pancang.

ΣP_u = jumlah total beban aksial.

n = jumlah tiang dalam group.

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.

Σx^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang.

Σy^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang.

C. Daya Dukung Tiang Akibat Gaya Lateral

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen ini harus dicek terhadap kekuatan lentur dari tiang pancang yang digunakan.

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 berikut:

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1$$

$$L_1 = F + 1,5 \cdot D$$

$$F = \frac{H}{9 \times C' r \times B}$$

$$Cr = 0,5.Cu$$

dimana,

L_2 = kedalaman dimana momen lentur adalah nol.

L_1 = kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum.

f' = panjang daerah perlawanan.

Cu = harga kohesi tanah.

D = diameter tiang (untuk tiang tunggal)

B = lebar dari kelompok tiang tegak lurus arah beban (*pile group*)

Apabila L tiang > L_2 maka tiang dianggap sebagai tiang panjang

BAB IV
METODE PELAKSANAAN

BAB IV

METODE PELAKSANAAN

4.1 UMUM

Dalam bab ini selain dijelaskan mengenai item pekerjaan konstruksi secara garis besar, ditinjau pula mengenai hal yang berkaitan dengan penggunaan elemen pracetak. Dalam kasus kali ini diangga elemen pracetak diproduksi di lapangan/ lokasi proyek.

Proses pembuatan elemen pracetak langsung di lokasi proyek terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain:

1. Proses seperti ini biasanya dilaksanakan pada proyek skala kecil.
2. Umur dari proses produksi pencetakan sama dengan umur proyek
3. Cara ini lebih memungkinkan untuk dilaksanakan karena standarisasi hasil percetakan sesuai dengan kebutuhan proyek.

4.2 PROSES PRODUKSI ELEMEN PRACETAK

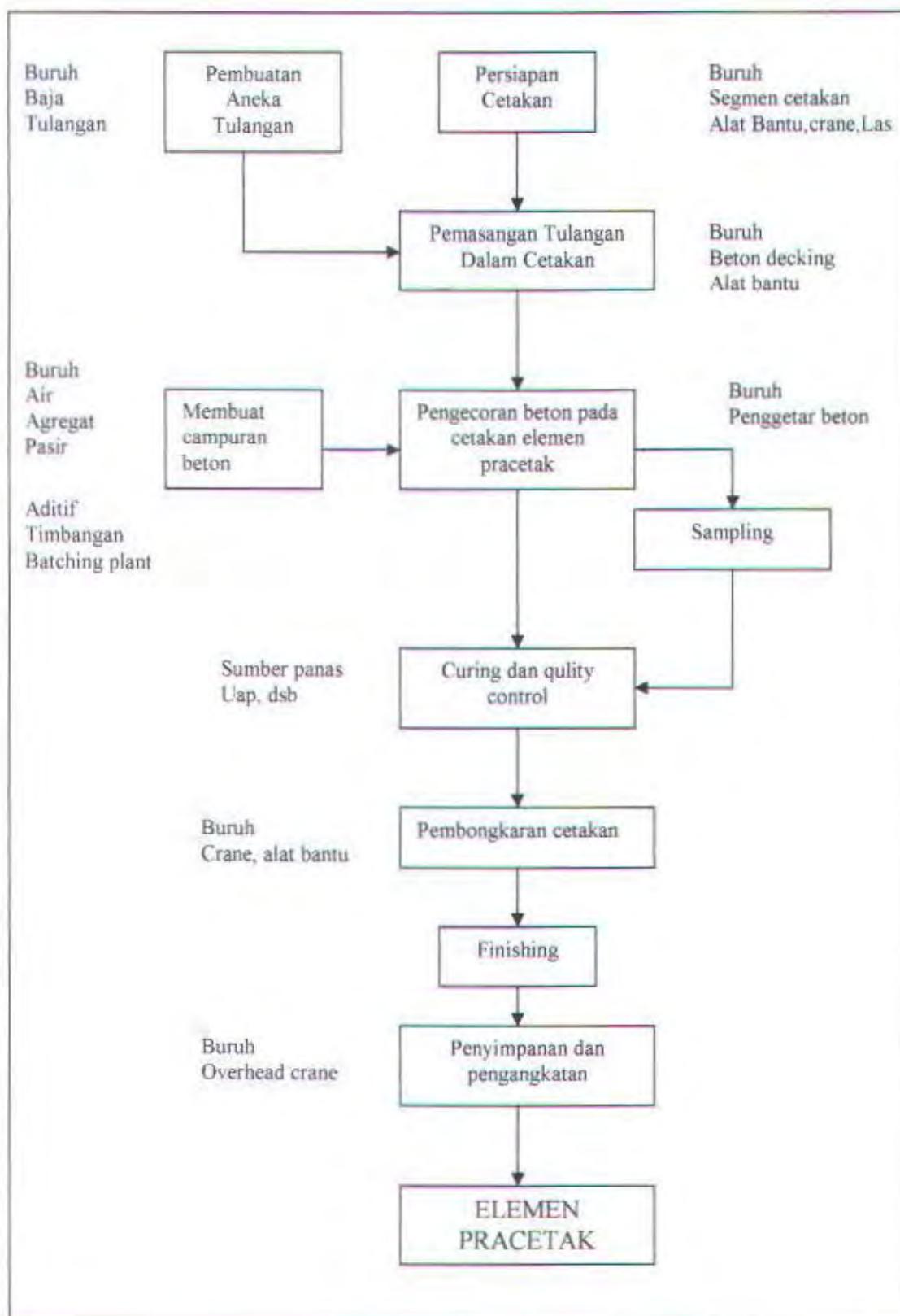
Setelah pengecoran terhadap beton praceetak dilakukan *curing* untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan dapat terpenuhi.

Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20% sampai 60% dari kekuatan akhir yang dapat dicapai, kurang lebih pada umur 3 – 7 hari pada suhu kamar .

Syarat yang harus dipenuhi cetakan (bekisting) :

- Volume stabil untuk pengangkatan berulang.
- Mudah ditangani dan tidak mengalami kebocoran
- Mudah untuk dipindah, khusus dalam pelaksanaan proyek

Setelah proses bekisting selesai dan kemudian bekisting dibuka, dilakukan proses *finishing* pada beton pracetak. Secara skematis proses produksi elemen pracetak dijelaskan pada bagan berikut :



Gb 4.1 Skema proses produksi elemen beton pracetak

4.3 PENGANGKATAN ELEMEN PRACETAK

Hal-hal yang perlu untuk diperhatikan dalam proses pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang dipakai
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik angkat pada elemen pracetak
4. Momen yang timbul akibat pengangkatan tidak boleh melebihi momen retak yang disyaratkan

4.3.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

4.3.1.1 Perhitungan Tulangan Angkat

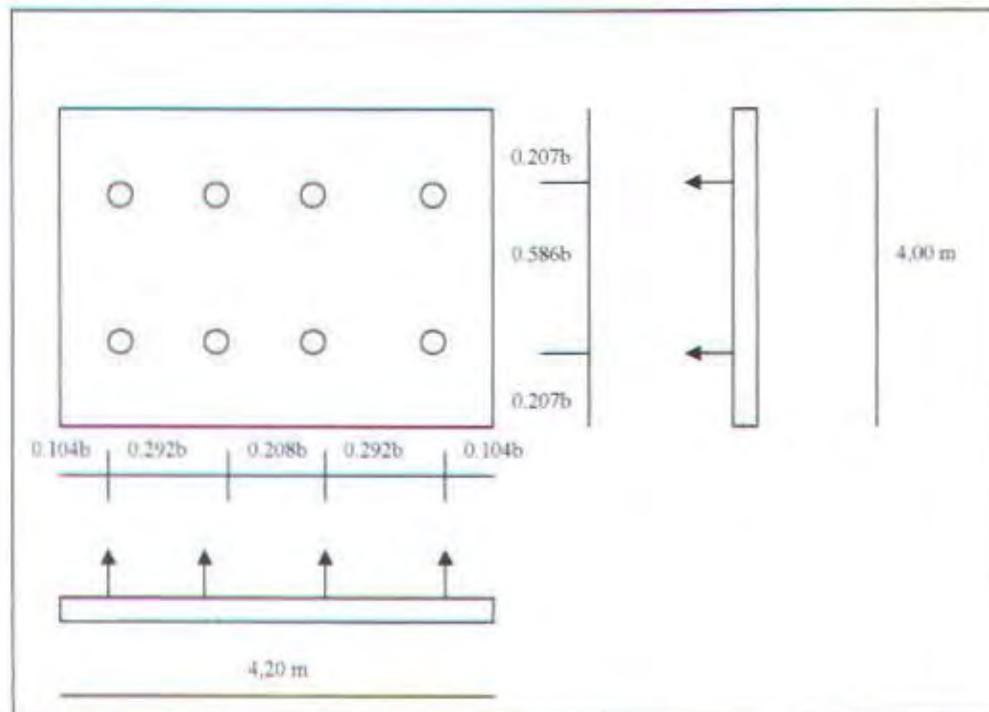
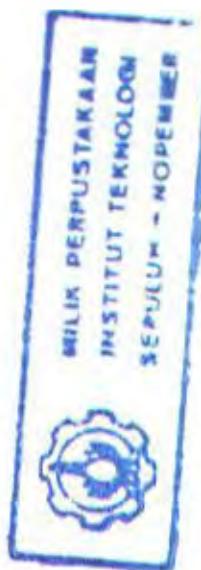
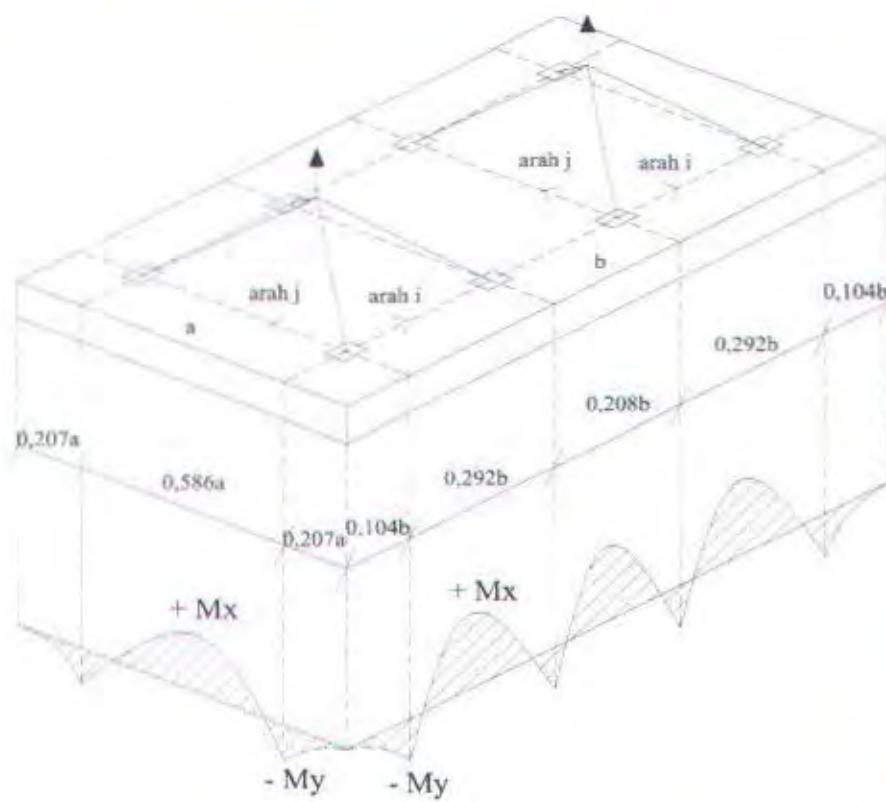
Dalam pemasangan pelat pracetak harus pula diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat.

Contoh perhitungan pelat dimensi 400 cm X 420 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick – up*) :

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan arah j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 61,5 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k = 1,2$) pada saat pengangkatan.
- Sesuai PPIUG 1983 pasal 3.2 butir (2) subbutir (b) bahwa beban 1 orang pekerja adalah 100 kg.

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

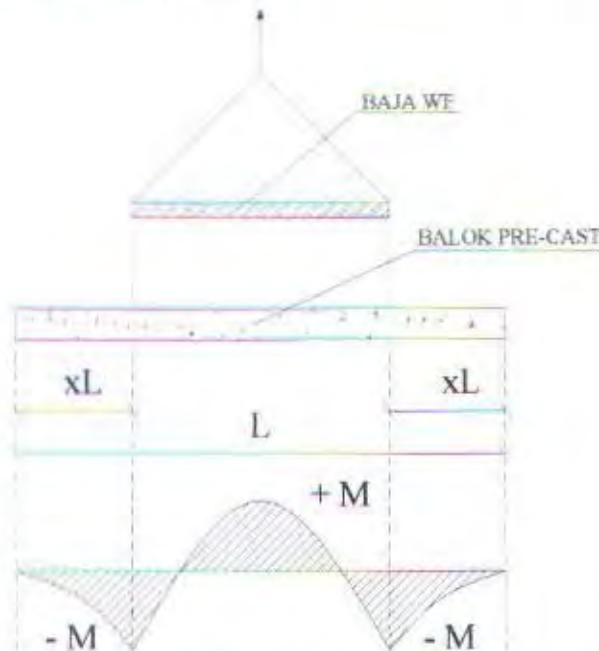
Maka LL = 200 kg.



Gb 4.2 Penempatan titik tulangan angkat

4.3.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Balok induk diproduksi secara pracetak di lokasi, sehingga perlu dikontrol pada saat pengangkatan. Berikut adalah gambaran dan perhitungan terhadap proses dan penentuan pengangkatan pada balok pracetak.



Gb 4.3. Momen saat pengangkatan balok dari PCI Design Handbook

4.4 PROSES PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

- **Pemasangan elemen balok pracetak**

Pemasangan balok dikerjakan setelah pekerjaan kolom selesai. Balok induk dipasang terebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemasangan elemen pelat lantai. Diperlukan peralatan berupa crane untuk mengangkat dan diperlukan juga *scaffolding* untuk mendukung/ menyokong elemen balok. Pekerjaan selanjutnya adalah pemasangan tulangan utama pada bagian balok yakni tulangan tarik pada tumpuan, setelah itu baru dilakukan pengecoran.

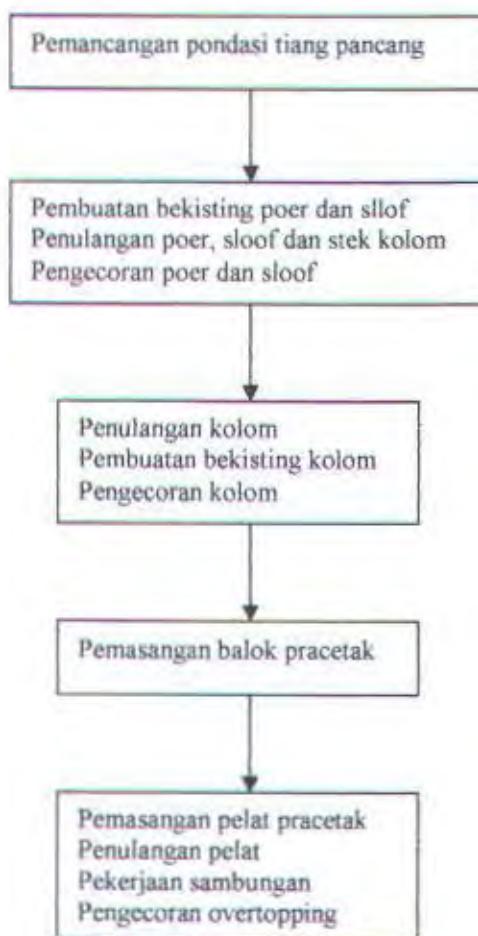
- **Pemasangan Elemen Pelat**

Langkah-langkah pemasangan elemen pelat pracetak sebagai berikut :

1. Pemasangan elemen pelat dilaksanakan setelah balok pracetak selesai terpasang.
2. Penulangan pelat meliputi perakitan tulangan susut, lentur *negative* (pada daerah tumpuan) dan tulangan geser antar pelat.

3. Pengecoran *overtopping*
4. Peralatan yang dipakai sama dengan pada balok pracetak
5. Pengecoran *overtopping* untuk menyatukan elemen pracetak

Secara garis besar tahapan pelaksanaan proses pemasangan dan perakitan balok pracetak dijelaskan pada bagan berikut :



Gb 4.4 Tahapan pemasangan elemen beton pracetak

4.5 TRANSPORTASI KOMPONEN BETON PRACETAK

4.5.1 Sistem Transportasi

Sistem transportasi dalam hal ini meliputi hal – hal berikut :

- Pemindahan beton pracetak ke areal pabrik
- Pemindahan dari pabrik ke areal penampungan proyek
- Pemindahan dari penampungan sementara ke posisi akhir

Pemilihan jenis, ukuran, dan kapasitas alat angkut dan angkat seperti truk, mobil crane dan *tower crane* akan sangat dipengaruhi ukuran elemen pracetak. Untuk tahap pemindahan elemen pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tungga, tandem atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4m x 8 m atau 2,4m x 10m dengan kapasitas angkut kurang lebih 30 ton. Kendala yang dihadapi dalam pemilihan jenis truk adalah kondisi jalan, yang meliputi kekuatan, lebar dan fasilitas jalan untuk memutar atau menikung.

Diareal pabrikasi dan lokasi proyek juga diperlukan sarana untuk pemindahan beton praceetak yang biasanya menggunakan *mobile crane*, *rail crane*, *gantry* atau *tower crane*. Ukuran elemen pracetak mempengaruhi jenis alat yang dipakai.

Data Crane yang mungkin akan dipakai (karena belum diketahui perhitungan elemen pracetaknya) :

Jenis : UNIMAC UG 55.25

Jarak jangkau minimum : 17 m , beban maks 10 ton

Jarak jangkau maksimum: 44 m, beban maks 3.5 ton

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 PERENCANAAN PELAT PRACETAK DAN PELAT COR SETEMPAT

Sistem pelat yang dipakai adalah system *solid slab* yaitu gabungan antara pelat pracetak dengan cor setempat yang akan membentuk suatu komposit. Pelat pada perencanaan ini di desain pada 2 tahapan pelaksanaan, yaitu :

1. Tahap pracetak, dimana pelat pracetak lebih dahulu di tempat lain, pada saat ini pelat masih belum menjadi satu dengan rangka struktur (pada saat fabrikasi).
2. Tahap pengecoran *overtopping*, dimana pelat pracetak yang dipasang pada akhir penempatannya telah menjadi satu kesatuan yang monolit dengan rangka struktur/balok.

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

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

5.1.1 Preliminary Design

5.1.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.5 tabel 8

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

$$1,5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \quad \dots \dots \dots \text{ (Wong – Salmon)}$$

- Dimensi Balok Induk Memanjang :

Balok dengan $L_b = 4,00 \text{ m}$, dengan persyaratan f_y diambil 390 MPa .

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 400 \times \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 23,93 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $h = 40 \text{ cm}$

$$1,5 \leq \frac{40}{b} \leq 2, b = 26,67 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $b = 30 \text{ cm}$ **Dimensi balok 30/40**

- Dimensi Balok Induk Melintang :

Balok dengan $L_b = 4,20 \text{ m}$, dengan persyaratan f_y diambil 390 MPa .

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 420 \times \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 25,13 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $h = 40 \text{ cm}$

$$1,5 \leq \frac{40}{b} \leq 2, b = 26,67 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $b = 30 \text{ cm}$ **Dimensi balok 30/40**

- Dimensi Balok Diafragma :

Balok dengan $L_b = 4,0 \text{ m}$, dengan persyaratan f_y diambil 320 MPa .

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times 400 \times \left(0,4 + \frac{390}{700} \right) = 23,93 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $h = 40 \text{ cm}$

$$1,5 \leq \frac{40}{b} \leq 2, b = 26,67 \text{ cm}$$

.....dipakai ... $b = 30 \text{ cm}$ **Dimensi balok 30/40**

5.1.1.2 Perencanaan Tebal Pelat

Untuk membuat tebal pelat minimum baik untuk pelat satu arah maupun untuk pelat dua arah dipergunakan persyaratan yang telah tercantum di dalam SNI 03 – 2847 – 2002 . Pelat dua arah adalah pelat yang memiliki perbandingan bentang yang panjang terhadap bentang yang lebih pendek tidak melebihi 2 (dua).

Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal minimum pelat satu arah harus dihitung sesuai dengan peraturan SNI 03 – 2847 – 2002 seperti yang dipakai dalam *preliminary design* diatas. Sedangkan untuk pelat dua arah harus memenuhi persyaratan SNI ..

Syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat dua arah :

$$h_l = \frac{\ln\left\{0.8 + \frac{f_y}{1500}\right\}}{36 + 5\beta\left[\alpha_m - 0.12\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{\ln 0.8 - \frac{f_y}{1500}}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak perlu lebih dari :

$$h_{\max} = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

Ketiga perumusan diatas menggunakan nilai f_y dengan satuan MPa.

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

- Untuk $\alpha_m < 2$ 120 mm
- Untuk $\alpha_m \geq 2$ 90 mm

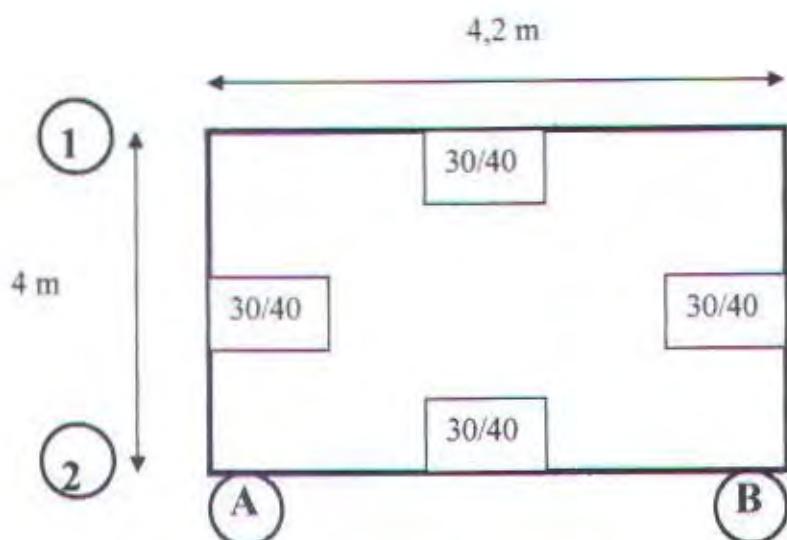
Dimana :

- \ln = panjang bentang bersih arah memanjang pelat
 β = rasio panjang bentang bersih arah memanjang pelat terhadap arah memendek pelat
 α_m = nilai rat-rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu panel
 α = rasio dai kekuatan lentur penampang balok terhadap kekakuan pelat .

5.2. Perencanaan Pelat

Sebagai contoh dilakukan pada pelat type A dan pelat type B. Sesuai dengan tabel 8 SNI 03 – 2847 – 2002, tebal minimum balok nonpratekan atau pelat satu arah apabila lendutan tidak dihitung dimana komponen yang tidak menahan atau tidak

disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.



Gb 5 | Pelat Pracetak

5.2.1. Penentuan Tebal Pelat Pracetak

$$L_n = 420 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 390 \text{ cm}$$

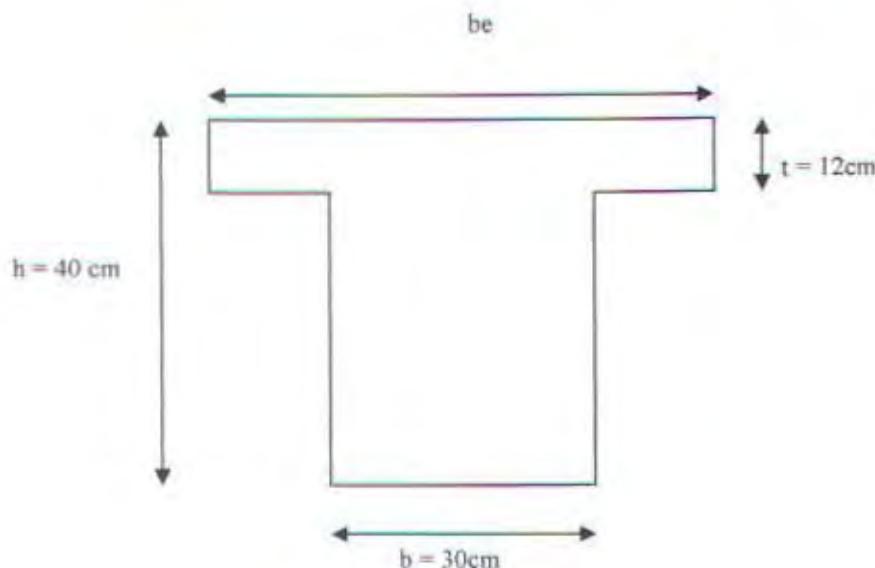
$$Sn = 400 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 370 \text{ cm}$$

- Kontrol tebal pelat

Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 :

Untuk balok atas dan bawah (A 1-2 dan B 1-2)

t = 12 cm, bw = 30 cm, h = 40 cm



Gb 5.2 Penampang balok ditengah (B 1-2)

$$be_1 \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 400 = 100 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq 2 \times (8 \times t) = 2 \times (8 \times 12) = 192 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq \frac{1}{2} (L_b - bw) = \frac{1}{2} (400 - 30) = 185 \text{ cm}$$

.....jadi be = 100 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40} \right) + 4 \left(\frac{12}{40} \right)^2 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)}$$

$$= 1,668$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times b w \times h^3 \times k$$
$$= \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3 \times 1,668 = 266880 \text{ cm}^4$$

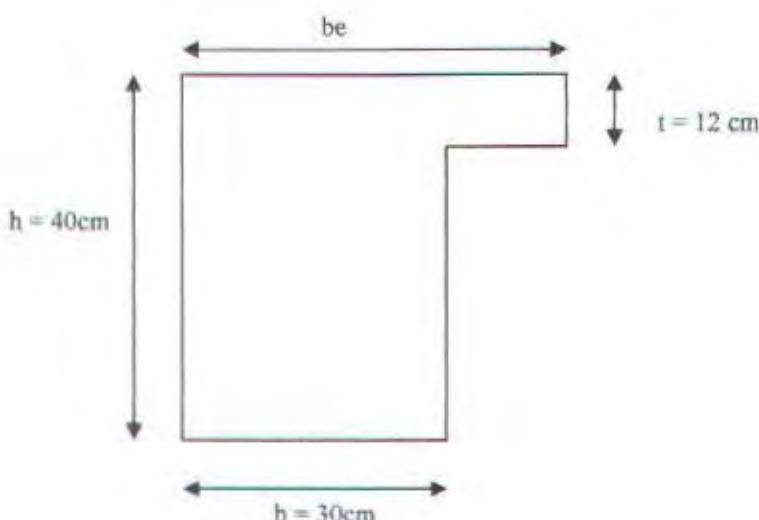
$$I_s = \frac{1}{12} \times b s \times t^3$$
$$= \frac{1}{12} \times 400 \times 12^3 = 57600 \text{ cm}^4$$
$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 4,633$$

Untuk balok samping kanan dan kiri 30/40 (1 A-B dan 2 A-B)

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$



Gb 5.3 Penampang balok ujung (1 A-B)

$$be_1 \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 420 = 105 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq 2 \times (8 \times t) = 2 \times (8 \times 12) = 192 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq 2 \times \frac{1}{2} (L_b - bw) = 2 \times \frac{1}{2} (420 - 30) = 195 \text{ cm}$$

....., jadi $be = 105 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{105}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40} \right) + 4 \left(\frac{12}{40} \right)^2 + \left(\frac{105}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{105}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)}$$

$$= 1,698$$

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

$$= \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3 \times 1,698 = 271680 \text{ cm}^4$$

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

$$= \frac{1}{12} \times 420 \times 12^3 = 60480 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{Ib}{Is} = 4,492$$

$$\text{Sehingga } \alpha_m = \frac{1}{4} (4,633 + 4,633 + 4,492 + 4,492) = 4,562$$

Kontrol tebal pelat

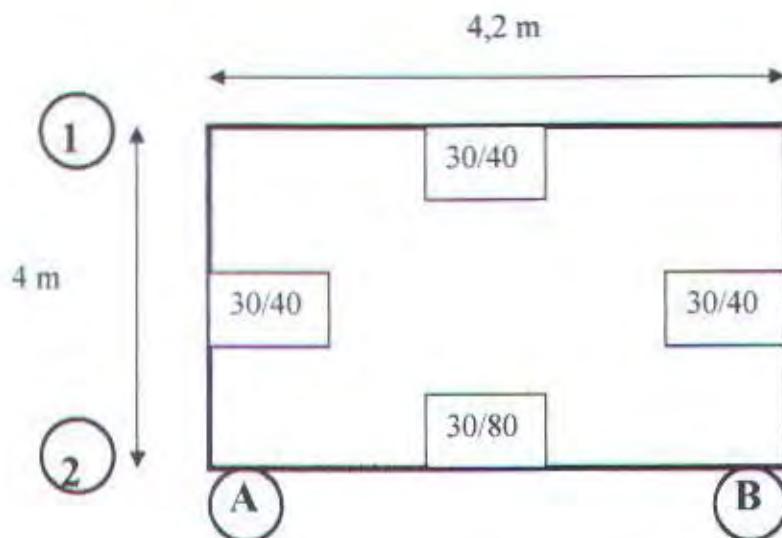
Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{420 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,05)} = 9,36 \text{ cm}$$

tebal pelat rencana $12 > 9,36$
dan tidak boleh kurang dari 90 mm
Jadi tebal pelat 12 cm telah memenuhi syarat.



Gb 5.4 Pelat Cor Setempat

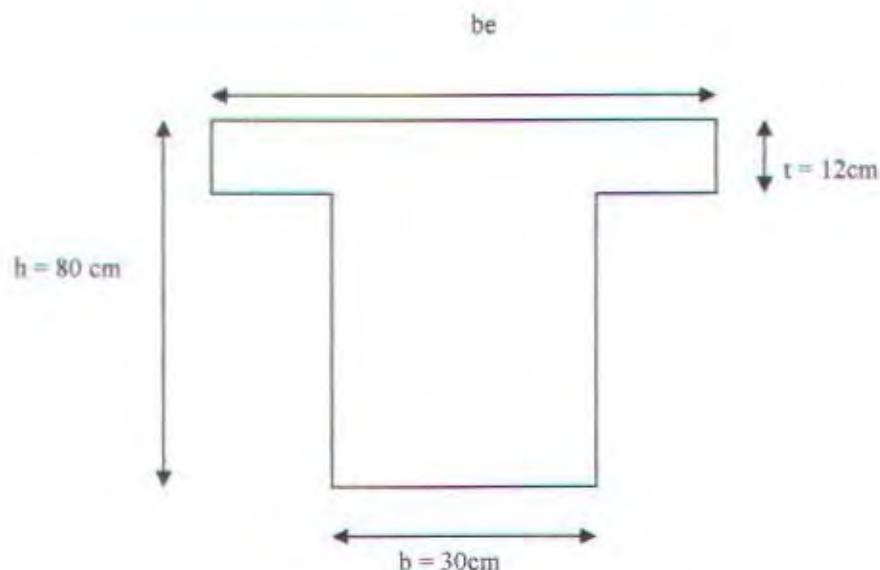
5.2.2. Penentuan Tebal Pelat Cor Setempat

$$Ln = 420 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 390 \text{ cm}$$

$$Sn = 400 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 370 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{390}{370} = 1,05 \quad \dots \dots \dots \text{pelat dua arah}$$

- Kontrol tebal pelat
Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 :
Untuk balok ditengah 30/80 (2 A-B)
 $t = 12 \text{ cm}, bw = 30 \text{ cm}, h = 80 \text{ cm}$



Gb 5.5 Penampang balok ditengah (2 A-B)

$$be_1 \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 420 = 105 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq 2 \times (8 \times t) = 2 \times (8 \times 12) = 192 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq \frac{1}{2} (L_b - bw) = \frac{1}{2} (420 - 30) = 195 \text{ cm}$$

....., jadi $be = 105 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{105}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{80} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{80} \right) + 4 \left(\frac{12}{80} \right)^2 + \left(\frac{105}{80} - 1 \right) x \left(\frac{12}{80} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{105}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{80} \right)}$$

$$= 1,6$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times b w \times h^3 \times k$$
$$= \frac{1}{12} \times 30 \times 80^3 \times 1,6 = 2048000 \text{ cm}^4$$

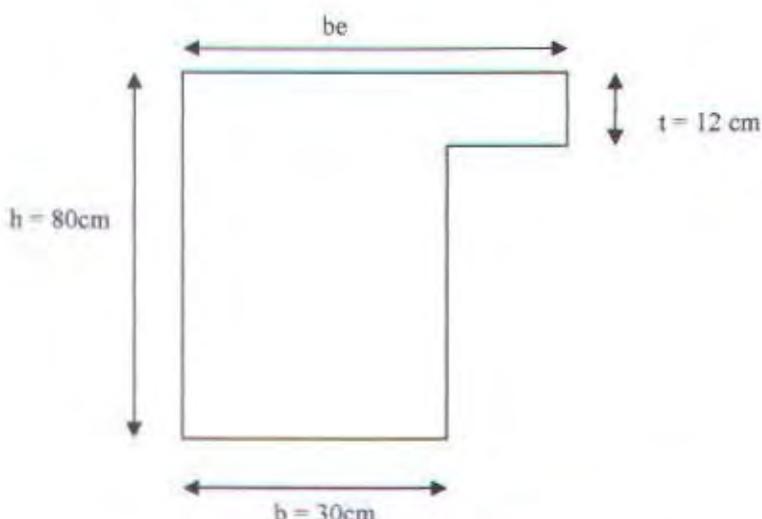
$$I_s = \frac{1}{12} \times b s \times t^3$$
$$= \frac{1}{12} \times 420 \times 12^3 = 60480 \text{ m}^4$$
$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 33,85$$

Untuk balok atas dan bawah 30/40 (A 1-2 dan B 1-2)

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$



Gb 5.6 Penampang balok bawah (B 1-2)

$$be_1 \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} 400 = 100 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq 2 \times (8 \times t) = 2 \times (8 \times 12) = 192 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq \frac{1}{2} (L_b - bw) = \frac{1}{2} (400 - 30) = 185 \text{ cm}$$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right) + 4 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{t}{h} \right)}$$
$$k = \frac{1 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40} \right) + 4 \left(\frac{12}{40} \right)^2 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{100}{30} - 1 \right) x \left(\frac{12}{40} \right)}$$
$$= 1,668$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times bw \times h^3 \times k$$
$$= \frac{1}{12} \times 30 \times 40^3 \times 1,668 = 266927,1 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times bs \times t^3$$
$$= \frac{1}{12} \times 400 \times 12^3 = 57600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_b}{I_s} = 4,634$$

$$\text{Sehingga } \alpha_m = \frac{1}{4} (33,85 + 4,634 + 4,634 + 4,634) = 11,9$$

Kontrol tebal pelat

Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{420 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,05)} = 9,36 \text{ cm}$$

tebal pelat rencana 12 > 9,36
dan tidak boleh kurang dari 90 mm
Jadi tebal pelat 12 cm telah memenuhi syarat.

5.2.3 Pemodelan Dan Analisa Struktur Pelat Pracetak

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 12 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 7 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 terjadi apabila topping dan elemen pra-cetak pelat telah bekerja bersama – sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis.

Pemodelan 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.

5.2.4 Perencanaan Pembebaan Pelat

Besarnya beban yang bekerja sesuai dengan PPIUG 1983

* Pembebaan Pelat Lantai

Sebelum Komposit

Untuk mengantisipasi adanya penumpukan saat pengecoran topping maka tebal topping dalam perhitungan beban perlu diadakan penambahan ketebalan topping

menjadi 1,5 kalinya, sehingga dalam perhitungan ketebalan topping menjadi 0,075 m (*dalam perhitungan beban saja*).

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0.07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat topping} = 0.075 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup (LL)

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

Dalam pembebanan 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)

$$\text{Berat sendiri} = 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

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

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

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

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

$$\text{DL} = 406 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (LL) = 100 kg/m²

• **Pembebanan Pelat Atap**

Sebelum Komposit

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0.07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pelat Topping} = 0.075 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban hidup (LL)

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

Setelah Komposit

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Aspal (} t = 2 \text{ cm }) = 0,02 \times 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (} t = 2 \text{ cm }) = 0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{DL} \quad = 386 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (LL)

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

5.2.5 Kombinasi Pembebatan

Kombinasi pembebatan yang digunakan berdasar SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 10.2

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

1. Beban Kombinasi Pelat Lantai

- Beban Kombinasi Sebelum Komposit

Keadaan 1, ada beban hidup

$$Q_{u1} = 1,2(168) + 1,6(100) = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

Keadaan 2, topping telah terpasang

$$Q_{u1} = 1,2(168 + 180) + 1,6(0) = 417,6 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Kombinasi Setelah Komposit

$$Q_{u2} = 1,2(406) + 1,6(250) = 887,2 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Kombinasi Pelat Atap

- Beban Kombinasi Sebelum Komposit

Keadaan 1, ada beban hidup

$$Q_{u3} = 1,2(168) + 1,6(100) = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

Keadaan 2, topping telah terpasang

$$Q_{u3} = 1,2(168 + 180) + 1,6(0) = 417,6 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Kombinasi Setelah Komposit

$$Q_{u4} = 1,2(386) + 1,6(100) = 623,2 \text{ kg/m}^2$$

5.2.6 Tahap-tahap Perencanaan Tulangan Pelat

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi dilapangan, jarak dan diameter tulangan pelat sedapat mungkin diusahakan seragam antara pelat yang satu dengan yang lainnya pada setiap tingkat lantai. Untuk itu pada perhitungan tulangan pelat diambil hanya pada keadaan yang dianggap kritis, sedangkan untuk pelat yang lainnya dapat diseragamkan dengan pelat yang dianggap kritis tadi.

Perhitungan tulangan dilaksanakan dalam dua tahap, dimana tahapan yang pertama adalah penulangan pada kondisi sebelum komposit dan tahapan yang kedua adalah pada saat kondisi sesudah komposit. Sebagai kontrol pada perhitungan penulangan sesudah komposit adalah kondisi dimana tulangan yang dibutuhkan untuk pelat sesudah komposit kurang dari yang dibutuhkan untuk penulangan sebelum komposit, karena itu diperlukan perhitungan penulangan pelat sebelum komposit.

Adapun tahapan-tahapan perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan dimensi awal pelat
- 2) Perhitungan penulangan pelat sesudah komposit
- 3) Perhitungan penulangan pelat sebelum komposit
- 4) Kontrol lendutan pelat
- 5) Kontrol keretakan pelat
- 6) Kontrol pelat terhadap geser *horizontal* dan geser *vertical*, terutama pada daerah sambungan.
- 7) Menghitung kebutuhan tulangan angkat pada pelat pracetak untuk kebutuhan pada proses pengangkatan dalam pelaksanaan pemasangan
- 8) Kontrol saat pengangkatan pelat pacetak.

Langkah-langkah penulangan lentur pelat adalah sebagai berikut :

- 1) Diberikan data-data d, f_y, f'_c , dan M_u
- 2) Menetapkan harga-harga perbandingan tulangan yang dapat dipilih sebagai berikut:

Dimana ketentuan adalah :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 && \text{Untuk } 0 < f'_c < 30 \text{ Mpa} \\ &= 0,85 - 0,008(f'_c - 30) && \text{Untuk } 30 < f'_c < 55 \text{ Mpa} \\ &= 0,65\end{aligned}$$

Untuk $f_c' > 55 \text{ Mpa}$

$$\rho_{min} = 0.85$$

1. Hitung harga tulangan yang dibutuhkan
2. Hitung As dan pilih tulangan serta jarak penulangannya

5.2.7 Perhitungan Tulangan Pelat Pracetak

Dalam perhitungan penulangan pelat, hanya disajikan satu contoh perhitungan . karena pada umumnya bentuk pelatnya sama.

Adapun contoh perhitungan pelat adalah pelat lantai dengan ukuran $400 \times 420 \text{ m}^2$. Dengan data perencanaan sebagai berikut :

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 dengan memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan diatas, tulangan pelat mempergunakan tulangan yang untuk mempermudah 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, fy, fe', dan Mu
2. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \quad \frac{600}{600 + f_y} \quad \dots \dots \text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal 10.4.3}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b \quad \dots \dots \text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal 12.3.3}$$

$$\rho_{min} = 0.002 \quad \dots \dots \text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal 9.12.2}$$

3. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan.

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

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

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Data – data perencanaan untuk penulangan pelat :

- Dimensi pelat : (4 x 4,2)

- Tebal pelat (pra-cetak + topping cor setempat) 120 mm
- Tebal decking 20 mm
- Diameter tulangan rencana $\bar{O} = 10$ mm
- Mutu tulangan $f_y = 320$ MPa
- Mutu beton $f_c' = 30$ MPa (pada 28 hari)
- Mutu beton $f_c' = 12$ MPa (pada 3 hari)
- Mutu beton $f_c' = 19,5$ MPa (pada 7 hari)
- Mutu beton $f_c' = 26,4$ MPa (pada 14 hari)
- Mutu beton $f_c' = 28,5$ MPa (pada 21 hari)

Untuk sebelum komposit :

$$dx = 70 - 20 - 0,5(10) = 45\text{ mm}$$

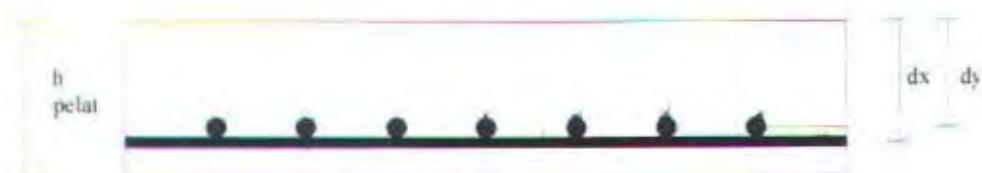
$$dy = 70 - 20 - 10 - 0,5(10) = 35\text{ mm}$$

- Untuk sesudah komposit :

$$dx = 120 - 20 - 0,5(10) = 95\text{ mm}$$

$$dy = 120 - 20 - 10 - 0,5(10) = 85\text{ mm}$$

- $\beta_1 0,85$ untuk f_c' hingga 30 MPa (SNI 03 – 2847 – 2002 12.2.7 (3))



Gb 5.7 Potongan Pelat Arah X

❖ (Pelat Pracetak = 4 x 4,2 m)

5.2.7.1 Penulangan Sebelum Komposit

$$Q_{ul} = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

$$dx = 45\text{ mm}$$

$$dy = 35\text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}'}{f_y} = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{320} \right) \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{420}{400} = 1,05$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak bebas 4 sisi :

- $M_{lx} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 48$
- $M_{ly} = 0,001 q (Ly)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 44,5$

Sehingga :

- $M_{lx} = 0,001 \times 361,6 \times 4^2 \times 48 = 277,709 \text{ kgm} = 0,277709 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ly} = 0,001 \times 361,6 \times 4^2 \times 44,5 = 257,459 \text{ kgm} = 0,257459 \times 10^7 \text{ Nmm}$



Gb 5.8 Momen arah X



Gb 5.9 Momen arah Y

1. Penulangan Arah X

▪ Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{0,277709 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 45^2} = 1,714 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,714}{320}} \right) = 0,0055$$

ternyata $\rho_{min} = 0,002 < \rho < \rho_{max} = 0,033$

Tulangan arah X sebelum komposit :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,0055 \times 1000 \times 45$$
$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$

$A_{s\text{ada}} = 523,6 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 247,5 \text{ mm}^2$ (Ok)

2. Penulangan Arah Y

▪ Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dy^2} = \frac{0,257459 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 35^2} = 2,627 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

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

$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 2,627}{320}} \right) = 0,0087$$

ternyata $\rho_{min} = 0,002 < \rho < \rho_{max} = 0,033$

Tulangan arah Y sebelum komposit :

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0087 \times 1000 \times 35 \\ &= 304,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\text{Ø}10 - 150 \text{ mm}$

$As_{ada} = 523,6 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 304,5 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$

5.2.7.2 Penulangan Sesudah Komposit

$Q_{ultimate} = 887,2 \text{ kg/m}^2$

$dx = 95 \text{ mm}$

$dy = 85 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

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

$\rho_{max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$

$\rho_{min} = 0,002$

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{420}{400} = 1,05$$

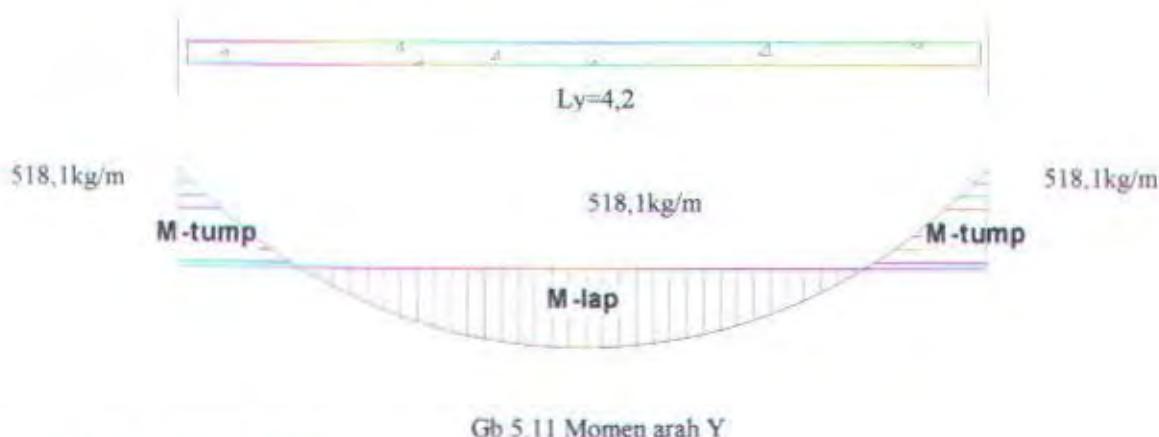
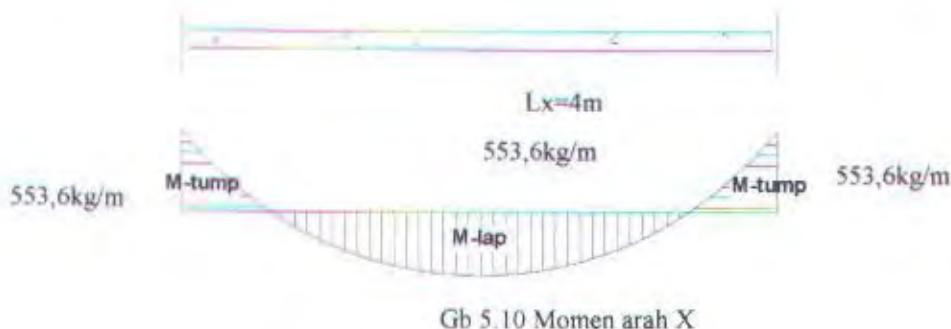
Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan jepit elastis 4 sisi :

- $Mlx = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 39$
- $Mly = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 36,5$
- $Mtx = -0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 39$

- M_{ty} = - 0,001 q (L_x)² c_x dengan nilai c_x = 36,5

Sehingga :

- M_{lx} = 0,001 x 887,2 x 4² x 39 = 553,613 kgm = 0,553 x 10⁷ Nmm
- M_{ly} = 0,001 x 887,2 x 4² x 36,5 = 518,125 kgm = 0,518 x 10⁷ Nmm
- M_{tx} = - 0,001 x 887,2 x 4² x 39 = 553,613 kgm = 0,553 x 10⁷ Nmm
- M_{ty} = - 0,001 x 887,2 x 4² x 36,5 = 518,125 kgm = 0,518 x 10⁷ Nmm



1. Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{0,5536 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 0,767 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

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

$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,767}{320}} \right) = 0,00243$$

ternyata $\rho > \rho_{min} = 0,002$

Tulangan arah X sebelum komposit :

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00243 \times 1000 \times 95 \\ &= 230,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)
 $\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

$$As_{ada} = 392,7 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 230,85 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

- Karena momen yang terjadi sama maka tulangan tumpuan sama dengan tulangan lapangan.
- 3. Penulangan Arah Y
- Tulangan lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dy^2} = \frac{0,518 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 0,896 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_e} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,896}{320}} \right) = 0,00285 \end{aligned}$$

ternyata $\rho > \rho_{min} = 0,00285$

Tulangan arah Y sebelum komposit :

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00285 \times 1000 \times 85 \\ &= 242,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat (= 210 mm)
 ≤ 500 mm

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 10 - 200$ mm

$$A_{\text{ada}} = 392,7 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 242,4 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

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

Tabel 5.1 Tulangan pelat pracetak

Daerah	Sebelum Komposit	Sesudah Komposit
Tulangan lapangan X	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Lapangan Y	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Tumpuan X	-	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Tumpuan Y	-	$\varnothing 10 - 200$

Dari perhitungan diatas digunakan diameter kritis dari arah X maupun Y dari keadaan sebelum dan sesudah komposit. Sehingga untuk pelaksanaan dilapangan digunakan :

Tulangan lapangan arah X : $\varnothing 10 - 150$

Tulangan lapangan arah Y : $\varnothing 10 - 150$

Tulangan tumpuan arah X : $\varnothing 10 - 150$

Tulangan tumpuan arah Y : $\varnothing 10 - 150$

❖ (Pelat Cor Setempat = 4 x 4,2 m)

5.2.8 Perhitungan Tulangan Pelat Cor Setempat

$$Q_{u2} = 623,2 \text{ kg/m}^2$$

$$dx = 120 - 20 - 0.5(10) = 95 \text{ mm}$$

$$dy = 120 - 20 - 10 - 0.5(10) = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \quad \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{320} \right) \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{420}{400} = 1,05$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan jepit elastis 4 sisi :

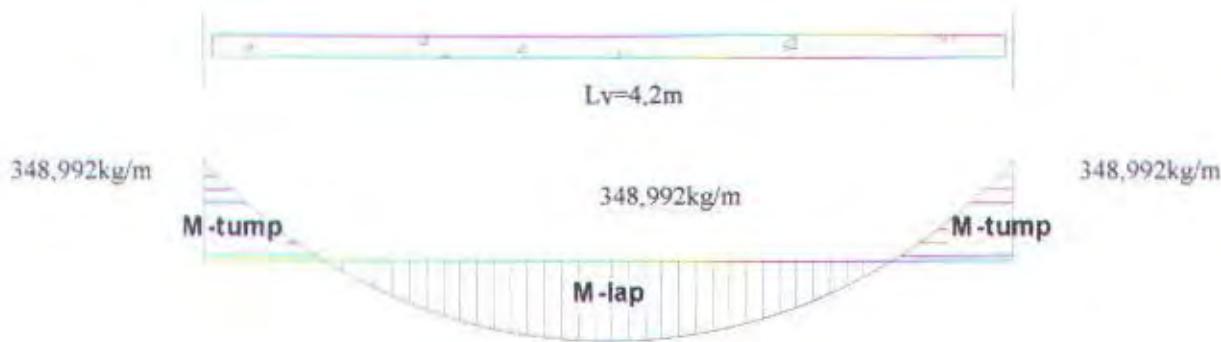
- $M_{lx} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 61$
- $M_{ly} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 35$
- $M_{tx} = - 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 61$
- $M_{ty} = - 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 35$

Sehingga :

- $M_{lx} = 0,001 \times 623,2 \times 4^2 \times 61 = 608,341 \text{ kgm} = 0,608 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ly} = 0,001 \times 623,2 \times 4^2 \times 35 = 348,992 \text{ kgm} = 0,349 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{tx} = - 0,001 \times 623,2 \times 4^2 \times 61 = 608,341 \text{ kgm} = 0,608 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ty} = - 0,001 \times 623,2 \times 4^2 \times 35 = 348,992 \text{ kgm} = 0,349 \times 10^7 \text{ Nmm}$



Gb 5.12 Momen arah X



Gb 5.13 Momen arah Y

2. Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{0,608 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 0,842 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,842}{320}} \right) = 0,00268$$

ternyata $\rho > \rho_{min} = 0,002$

Tulangan arah X :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,00268 \times 1000 \times 95$$
$$= 254,238 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 - 2847 - 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat (= 210 mm)

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

$A_{s\text{ada}} = 392,7 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 254,238 \text{ mm}^2$ (Ok)

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

4. Penulangan Arah Y

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dy^2} = \frac{0,349 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 0,604 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,604}{320}} \right) = 0,00191$$

ternyata $\rho < \rho_{\text{num}} = 0,002$

Tulangan arah Y :

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d \cdot v$$
$$= 0,002 \times 1000 \times 85$$
$$= 170 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 - 2847 - 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

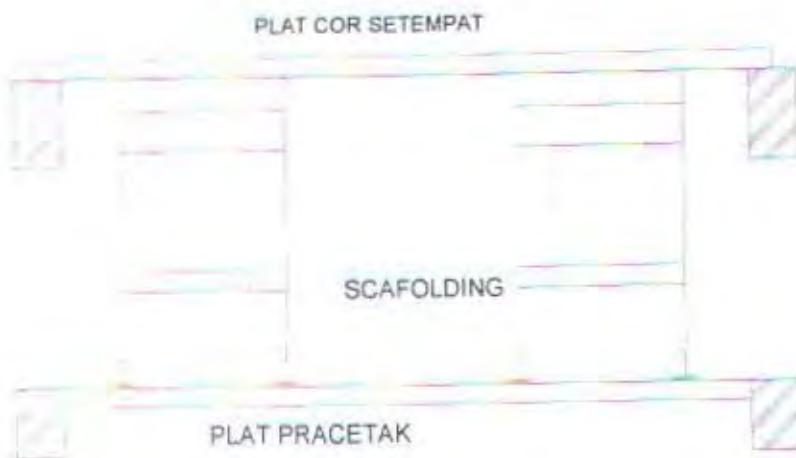
$A_{\text{ada}} = 392,7 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 170 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$

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

Tabel 5.2 Tulangan pelat cor setempat

Daerah	Tulangan
Tulangan lapangan X	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Lapangan Y	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Tumpuan X	$\varnothing 10 - 200$
Tulangan Tumpuan Y	$\varnothing 10 - 200$

❖ (Pelat Pracetak = 4 x 4,2 m) lantai 5



Perhitungan tebal pelat pracetak lantai 5

Karena ukuran pelat pracetak pada lantai 5 sama dengan pelat pracetak pada lantai 1-4 maka untuk kontrol tebal pelat perhitungannya sama, hanya saja untuk pelat pracetak pada lantai 5 direncanakan ketebalannya 13 cm dengan ketentuan tebal pelat pracetaknya 7 cm dan tebal overtoppingnya 6 cm.

Kontrol tebal pelat

Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{420 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,05)} = 9,36 \text{ cm}$$

tebal pelat rencana 13 - 9,36

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Jadi tebal pelat 13 cm telah memenuhi syarat.

Perhitungan tulangan lantai 5

• Penulangan sebelum komposit

Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 2(0,07 \times 2400) & = 336 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Bekisting Multiplex} & & = 40 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Scafolding} & & = 50 \text{ kg/m}^2 \\ \text{DL} & & = 426 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup pekerja } q_l = 2 \times 100 = 200 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_{ultl} &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2(426) + 1,6(200) \\ &= 831,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$d_x = 45 \text{ mm}$$

$$d_y = 35 \text{ mm}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{420}{400} = 1,05$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak bebas 4 sisi :

- $M_{lx} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 48$
- $M_{ly} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 44,5$

Sehingga :

- $M_{lx} = 0,001 \times 831,2 \times 4^2 \times 48 = 638,362 \text{ kgm} = 0,638362 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ly} = 0,001 \times 831,2 \times 4^2 \times 44,5 = 591,814 \text{ kgm} = 0,591814 \times 10^7 \text{ Nmm}$

Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{0,638362 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 45^2} = 3,941 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_e} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 3,941}{320}} \right) = 0,0135$$

ternyata $\rho_{min} = 0,002 < \rho < \rho_{max} = 0,033$

Tulangan arah X sebelum komposit :

$$A_s_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,0135 \times 1000 \times 45$$
$$= 607,5 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)

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

Digunakan tulangan lentur

$\varnothing 12 - 150 \text{ mm}$

$$A_s_{ada} = 754 \text{ mm}^2 > A_s_{perlu} = 607,5 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

Penulangan Arah Y

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{0,591814 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 35^2} = 6,039 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 6,039}{320}} \right) = 0,0219$$

ternyata $\rho_{min} = 0,002 < \rho < \rho_{max} = 0,033$

Tulangan arah Y sebelum komposit :

$$A_s_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,0219 \times 1000 \times 35$$
$$= 746,5 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 - 2847 - 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 210 \text{ mm}$)
 $\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

O12 - 150 mm

$$A_{\text{ada}} = 754 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 746,5 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

- Penulangan sesudah komposit

Beban Mati (DL.)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 2(0,13 \times 2400) &= 576 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Bekisting Multiplex} &&= 40 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Scaffolding} &&= \underline{50 \text{ kg/m}^2} \\ \text{DL} &&= 666 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup (LL.)

$$\text{Beban hidup pekerja } q_l = 2 \times 100 = 200 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_{\text{ult1}} &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2(666) + 1,6(200) \\ &= 1119,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$dx = 105$$

$$dy = 95$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{420}{400} = 1,05$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan jepit elastis 4 sisi :

- $M_{lx} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 39$
- $M_{ly} = 0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 36,5$
- $M_{tx} = -0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 39$
- $M_{ty} = -0,001 q (Lx)^2 c_x$ dengan nilai $c_x = 36,5$

Sehingga :

- $M_{lx} = 0,001 \times 1119,2 \times 4^2 \times 39 = 698,381 \text{ kgm} = 0,698 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ly} = 0,001 \times 1119,2 \times 4^2 \times 36,5 = 653,613 \text{ kgm} = 0,654 \times 10^7 \text{ Nmm}$

- $M_{tx} = -0,001 \times 1119,2 \times 4^2 \times 39 = -698,381 \text{ kgm} = -0,698 \times 10^7 \text{ Nmm}$
- $M_{ty} = -0,001 \times 1119,2 \times 4^2 \times 36,5 = -653,613 \text{ kgm} = -0,654 \times 10^7 \text{ Nmm}$

Penulangan Arah X

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dx^2} = \frac{0,698 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 105^2} = 0,967 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

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

$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,967}{320}} \right) = 0,00308$$

ternyata $\rho > \rho_{min} = 0,002$

Tulangan arah X sebelum komposit :

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

$$= 0,00308 \times 1000 \times 105$$

$$= 292,6 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 9.6 (5) disebutkan :

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

$\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

O12 – 200 mm

$$A_{s\text{ada}} = 565,5 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 292,6 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

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

Penulangan Arah Y

- Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times 1000 \times dy^2} = \frac{0,654 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 1,131 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,131}{320}} \right) = 0,00362$$

ternyata $\rho = \rho_{min} = 0,002$

Tulangan arah Y sebelum komposit :

$$A_{spatu} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,00362 \times 1000 \times 95$$
$$= 307,7 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03 - 2847 - 2002 9.6 (5) disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 390 \text{ mm}$)
 $\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur

$\text{Ø}12 - 200 \text{ mm}$

$$A_{ada} = 565,5 \text{ mm}^2 > A_{spatu} = 307,7 \text{ mm}^2 (\text{Ok})$$

Dari perhitungan diatas digunakan diameter kritis dari arah X maupun Y dari keadaan sebelum dan sesudah komposit. Sehingga untuk pelaksanaan dilapangan digunakan :

Tulangan lapangan arah X : Ø 12 - 150

Tulangan lapangan arah Y : Ø 12 - 150

Tulangan tumpuan arah X : Ø 12 - 150

Tulangan tumpuan arah Y : Ø 12 - 150

Kontrol pengecoran pelat lantai 5

Pengecoran pelat dilaksanakan dicheck saat beton berumur 7 hari. Umur beton 7 hari $= 0,65 \times f_c' = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{19,5} = 3,834 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja :

- Beban pelat sendiri $= 2 (0,12 \times 2400) = 576 \text{ kg/m}^2$
- Beban bekisting $= 40 \text{ kg/m}^2$

- Beban Scafolding $= 50 \text{ kg/m}^2 +$

$$W_{dl} = 666 \text{ kg/m}^2$$

- Beban pekerja $= 2 \times 100 \text{ kg/m}^2 \quad W_{ll} = 200 \text{ kg/m}^2$

$$W_u = 1,2 \times W_{dl} + 1,6 \times W_{ll}$$

$$= 1,2 \times 666 + 1,6 \times 200 = 1199,2 \text{ kg/m}^2$$

$$M_x = 0,001 \times 1199,2 \times 4^2 \times 48 = 859,5456 \text{ kNm} = 8595456 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 0,001 \times 1199,2 \times 4^2 \times 44,5 = 796,8704 \text{ kNm} = 7968704 \text{ Nmm}$$

$$W_x = (1/6) \times 4000 \times 130^2 = 9600000 \text{ mm}^3$$

$$W_y = (1/6) \times 4200 \times 130^2 = 10080000 \text{ mm}^3$$

Tegangan yang diakibatkan pengecoran :

$$\sigma_f = \frac{Mx}{Wx} = \frac{8595456}{9600000} = 0,895 \text{ MPa} < f_r = 3,834 \text{ MPa} \text{ OK!}$$

$$\sigma_f = \frac{My}{Wy} = \frac{7968704}{10080000} = 0,791 \text{ MPa} < f_r = 3,834 \text{ MPa} \text{ OK!}$$

5.2.9 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 bersfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen harus mampu mentransfer 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 SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 19.5.3 gaya geser *horizontal* dapat ditentukan dengan jalan menghitung perubahan actual gaya tekan atau gaya tarik di dalam sebarang segmen, dan pengaturan harus dilakukan untuk menyalurkan gaya

tersebut sebagai geser *horizontal* kepada 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.



Gb 5.14 Diagram gaya geser horizontal penampang komposit

Contoh perhitungan :

Pelat type 4 m x 4,2 m

Dipakai stud D 8 mm

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 8^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

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

$$= A_s \times f_y$$

$$= 113,04 \times 320 = 36172,8 \text{ N} = 36,1728 \text{ KN}$$

$$0,6 A_c = 0,6 \times b v \times d$$

$$= 0,6 \times 1000 \times 95 = 57000 \text{ N} = 57 \text{ KN} > V_{nh}$$

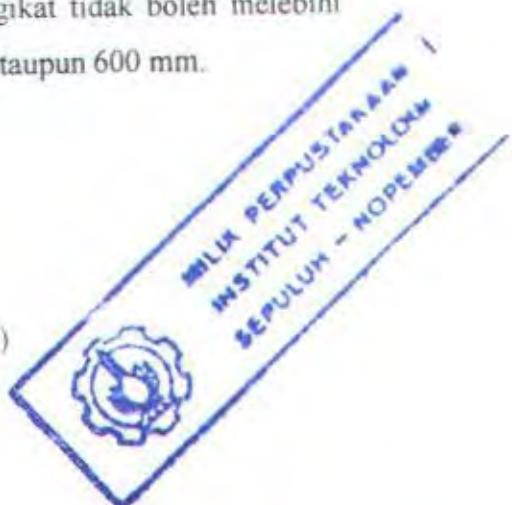
Sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 :

- Pasal 19.5 butir 2 subbutir 2 : bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan ayat 19.6 tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari 0,6 $b v d$ dalam Newton.

- Pasal 19.6 butir 1 : bila sengkang pengikat dipasang untuk menyalurkan geser horizontal, maka luas sengkang pengikat tidak boleh kurang daripada luas yang diperlukan oleh 13.5(5(3)), dan spasi sengkang pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil elemen yang didukung. , ataupun 600 mm.
 - Pasal 13.5 butir 5 subbutir 3 :

$$Av_{mn} = \frac{bw.s}{3.fv} = \frac{1000(200)}{3.320} = 208,33 \text{ mm}$$

maka dipasang stud ø8- 200 mm ($251,2 \text{ mm}^2$)



5.2.10 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 *negative* maksimum harus dipropsorsikan sedemikian hingga nilai Z yang diberikan oleh :

$$Z = f_S \times \sqrt[3]{d c A} \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 psl.12.6...butir 4}$$

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

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, f_s dapat diambil $0,6f_y$
 $= 0,6 \times 320 \text{ MPa} = 192 \text{ MPa}$

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

= 25 mm untuk arah x

= 35 mm untuk arah v

$A =$ 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

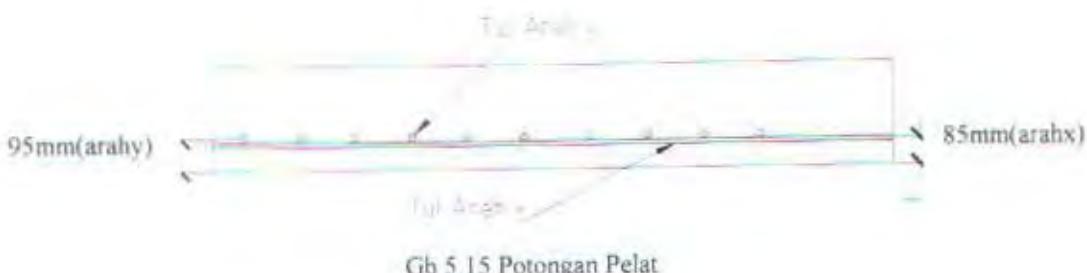
$$A = (0.085 \times 1\text{ m}) : 7 = 0.01214\text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt{0.025 \times 0.01214} = 12.903 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

- Retak dalam arah y

$$A = (0,095 \times 1 \text{ m}) : 5 = 0,019 \text{ m}^2$$

$$Z = 192 \times \sqrt{0,035 \times 0,019} = 16,759 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \dots \text{OK}$$



Gb 5.15 Potongan Pelat

5.2.11 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 03 – 2847 – 2002:

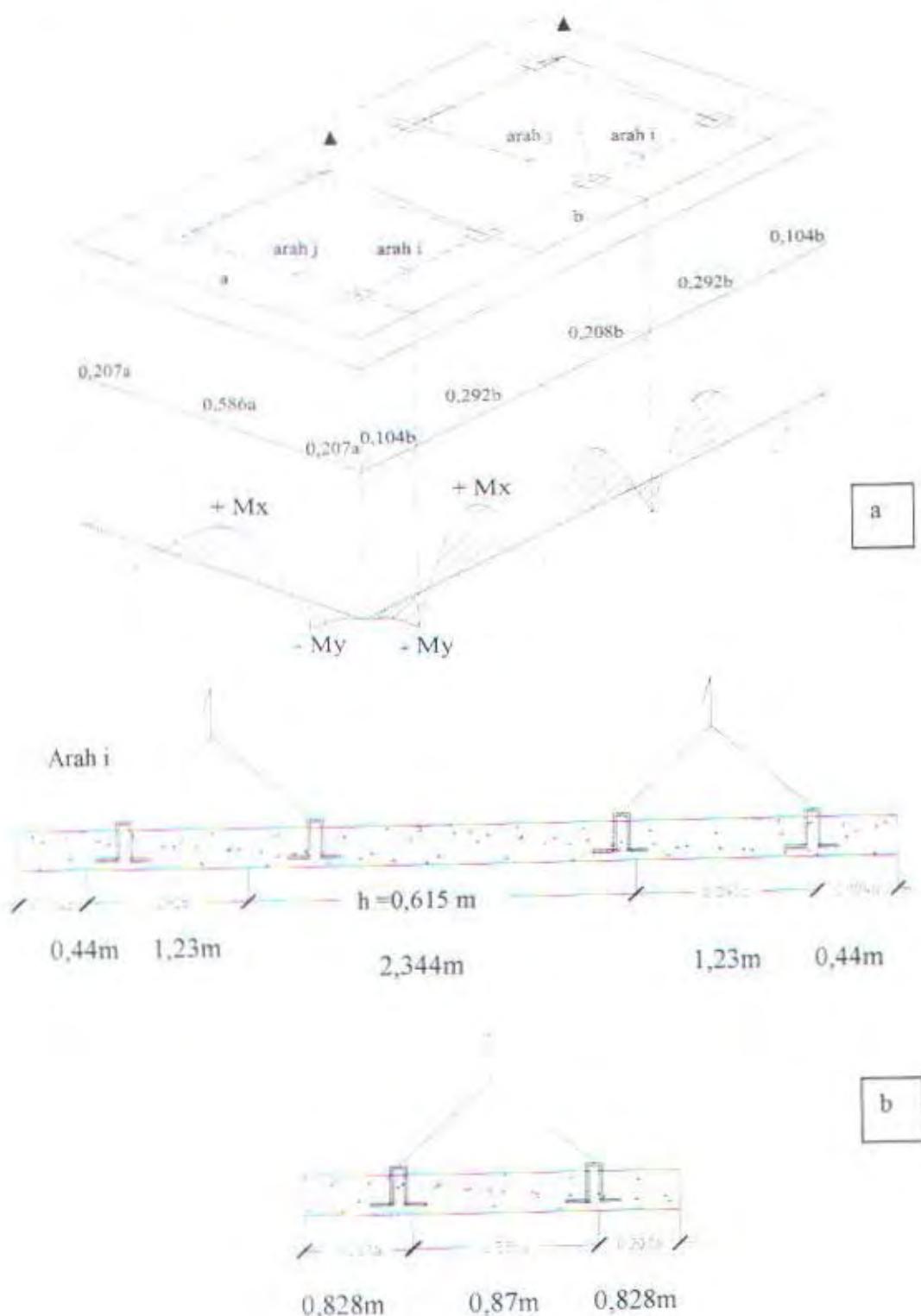
1. $Idh > 8 \text{ db} = 8 \times 12 = 96 \text{ mm}$ (SNI 03 – 2847 – 2002 / 14.5.1)
2. $Idh > 150 \text{ mm}$ (SNI 03 – 2847 – 2002 / 14.5.1)
3. $Ihb = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{fc'}} = \frac{100 \cdot 12}{\sqrt{30}} = 219,089 \text{ mm}$ (SNI 03 – 2847 – 2002 / 14.5.2)
4. $Idh > Ihb \times \frac{f_y}{400} = 175,271 \text{ mm}$ (SNI 03 – 2847 – 2002 / 14.5.3)

Maka dipakai panjang penyaluran $Idh = 250 \text{ mm}$

5.2.12 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 400 cm x 420 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick up*) seperti pada gambar 5.16.



Gb. 5.16 Jarak Tulangan Angkat Menurut Buku "Precast And Prestressed Concrete", figure 5.2.1 (a)sketsa 3D, (b) Potongan arah i dan j

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan arah j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 61,5 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut (k = 1,2) pada saat pengangkatan.
- $DL = 0,07 \times 4 \times 4,2 \times 2400 = 2822,4 \text{ Kg}$
- Sesuai PPIJUG 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 Kg

Beban Ultimate = $(1,2 \times 1,2 \times 2822,4) + (1,2 \times 1,6 \times 200) = 4448,256 \text{ Kg}$

Gaya angkat (Tu) setiap tulangan = $4448,256 : 8 = 556,032 \text{ Kg}$

Sesuai dengan PPBBI pasal 2.2.2 , tegangan tarik ijin baja U32

$$\sigma_{tarik} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3200}{1,5} = 2133,33 \text{ Kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat = $\sqrt{\frac{4 \times 556,032}{\pi \times 2133,33}} = 0,576 \text{ cm}$

$$\alpha_i = \arctg \frac{\sqrt{1,172^2 + 0,615^2}}{0,615} = 65,08^\circ$$

$$\alpha_j = \arctg \frac{\sqrt{0,615^2 + 0,615^2}}{1,172} = 36,58^\circ$$

Faktor gaya horizontal :

$$T_i = 556,032 \times \cos \alpha = 556,032 \times \cos 65,08^\circ = 234,29 \text{ Kg}$$

$$T_j = 556,032 \times \cos \alpha = 556,032 \times \cos 36,58^\circ = 446,51 \text{ Kg}$$

Ambil yang terbesar P = 446,51 Kg

Maka diameter tulangan angkat arah i dan arah j :

$$\varnothing_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \times 446,51}{3,14 \times 2133,33}}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,516 \text{ cm}$$

dipasang tulangan $\emptyset 10$ mm

Kontrol Tulangan Angkat

$$f_{plat} < f_c$$

f_c untuk beton 3 hari adalah 1,77 MPa

$$y_c = 0,5 \times 0,07 = 0,035 \text{ m}$$

Berdasarkan PCI Design Handbook, momen maksimum diperhitungkan

Berdasarkan gambar diatas :

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

$$w = (0,07 \times 2400) + (200 / (4,2 \times 4)) = 179,9 \text{ Kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} + M_x &= - M_x = 0,0054 w a^2 b \\ &= 0,0054 \times 179,9 \times 4,0^2 \times 4,2 \\ &= 65,28 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + M_y &= - M_y = 0,0027 w a^2 b \\ &= 0,0027 \times 179,9 \times 4,0^2 \times 4,2 \\ &= 32,64 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$P = \frac{4448,256}{8} = 556,032 \text{ Kg}$$

$$M_y = \frac{pxyc}{Tg45} = \frac{556,032 \times 0,035}{Tg45} = 19,46 \text{ Kgm}$$

$$M_{tot} = 32,64 - 19,46 = 52,1 \text{ Kgm}$$

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

$$Z = \frac{1}{6} \times 200 \times 7^2 = 1633,33 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{52,1 \times 10^3 \text{ Nmm}}{1633,33 \times 10^3} = 0,319 \text{ MPa} < f_r = 1,77 \text{ MPa OK!}$$

- M_x ditahan oleh penampang selebar $15t = 105 \text{ cm}$ atau $b/4 = 105 \text{ cm}$

Ambil yang terkecil = 105 cm

$$\lg \alpha = \frac{0,615}{(0,5 \times 2,34)} = 0,526$$

$$Mx = \frac{556,032 \times 0,035}{0,526} = 36,998 \text{ Kgm}$$

$$M_{tot} = 65,28 + 36,998 = 102,28 \text{ Kgm}$$

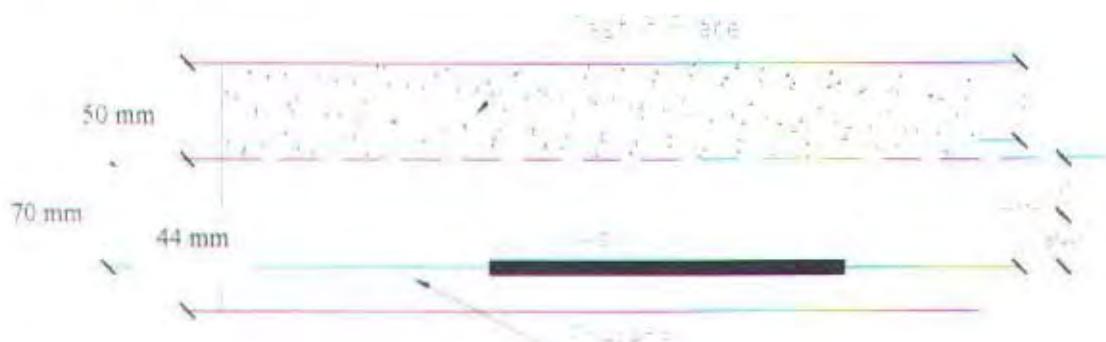
$$Z = \frac{1}{6} \times 105 \times 7^2 = 857,5 \text{ cm}^3$$

f'_t untuk beton umur 21 hari adalah 3,834 MPa

$$f_t - f_b = \frac{102,28 \times 10^4}{857,5 \times 10^3} = 1,193 \text{ MPa} < f_t = 3,834 \text{ MPa} \text{ OK!}$$

5.2.13 Kontrol Tegangan Pelat

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



Gb 5.17 Garis Netral Pelat Sebelum dan Sesudah Komposit

Titik berat sebelum komposit

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

$$500 \cdot x_1^2 = 4363 \cdot (44 - x_1) \rightarrow x_1 = 15,71 \text{ mm}$$

Titik berat sesudah komposit

$$\frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot x_2^2 = n \cdot A_s \cdot (d_2 - x_2)$$

$$500 \cdot x_2^2 = 4363 \cdot (95 - x_2) \rightarrow x_2 = 24,76 \text{ mm}$$

Tegangan sebelum komposit

$$M_{sh} = 0,3754 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

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

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot (15,71)^3 + 4363 \cdot (44 - 15,71)^2 = 4784244,852 \text{ mm}^4$$

$$y_a = x_1 = 15,71 \text{ mm}, y_b = (d_1 - x_1) = 28,29 \text{ mm}$$

$$\text{Teg.serat atas} = \frac{M_{sh} l \cdot y_a}{I_{cr}} = \frac{0,3754 \times 10^7 \times 15,71}{4784244,852} = 12,33 \text{ MPa}$$

$$\text{Teg.serat bawah} = \frac{M_{sh} l \cdot y_b}{I_{cr}} = \frac{0,3754 \times 10^7 \times 28,29}{4784244,852} = 22,2 \text{ MPa}$$

Tegangan sesudah komposit

$$M_{sd} = 0,553 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

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

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot (24,76)^3 + 4363 \cdot (95 - 24,76)^2 = 26585316,83 \text{ mm}^4$$

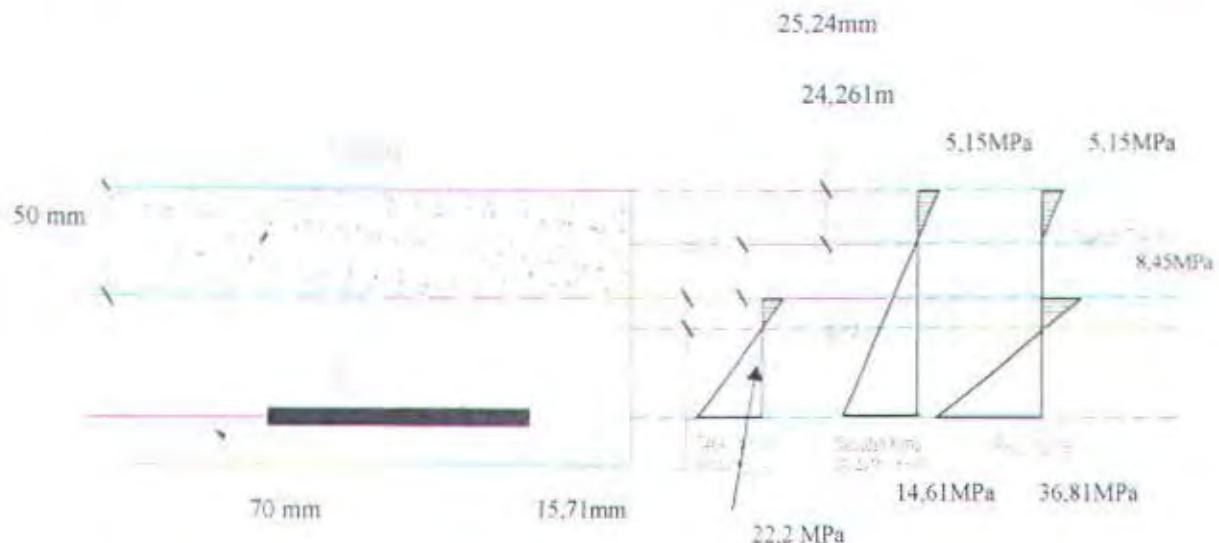
$$y_a = x_2 = 24,76 \text{ mm}, y_b = (d_2 - x_2) = 70,24 \text{ mm}$$

$$\text{Teg.serat atas} = \frac{M_{sd} l \cdot y_a}{I_{cr}} = \frac{0,553 \times 10^7 \times 24,76}{26585316,83} = 5,15 \text{ MPa}$$

$$\text{Teg.serat bawah} = \frac{M_{sd} l \cdot y_b}{I_{cr}} = \frac{0,553 \times 10^7 \times 70,24}{26585316,83} = 14,61 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_u}{14,61} = \frac{25,24}{95} \rightarrow \sigma_u = 3,88 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_b}{14,61} = \frac{40,95}{95} \rightarrow \sigma_b = 6,30 \text{ MPa}$$



Gb 5.18 Diagram Tegangan Resultante Pelat

5.2.14 Kontrol Penumpukan Pelat

Penumpukan dilaksanakan pada saat beton berumur 3 hari. Umur beton 3 hari = $0,4 \times f_{c'} = 0,4 \times 30 = 12 \text{ MPa}$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_{c'}} = 0,7 \times \sqrt{12} = 2,425 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja :

$$W_{\text{pelat}} = 4 \times 0,07 \times 2400 = 6720 \text{ kg/m}$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2 = 1/6 \times 4000 \times 70^2 = 3266666,667 \text{ mm}^3$$

Lapangan :

$$M_{\text{lap}} = (1/11) \times q \times l^2 = (1/11) \times 361,6 \times 4^2 = 525,964 \text{ kgm} = 5259640 \text{ Nmm}$$

$$f_r = \frac{M_{\text{lap}}}{W} = \frac{5259640}{3266666,667} = 1,61 \text{ MPa} < f_r = 2,425 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

Tumpuan :

$$M_{\text{tump}} = (1/9) \times q \times l^2 = (1/9) \times 361,6 \times 4^2 = 642,844 \text{ kgm} = 6428440 \text{ Nmm}$$

$$f_r = \frac{M_{\text{tump}}}{W} = \frac{6428440}{3266666,667} = 1,968 \text{ MPa} < f_r = 2,425 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol terhadap jumlah tumpukan :

$$W_{\text{pelat}} = 4 \times 4,2 \times 0,07 \times 2400 = 2822,4 \text{ kg} = 28224 \text{ N}$$

$$\text{Tump ujung} = 0,25 \times W_{\text{pelat}} = 0,25 \times 28224 = 7056 \text{ N}$$

$$\text{Tump tengah} = 0,5 \times W_{\text{pelat}} = 0,5 \times 28224 = 14112 \text{ N}$$

Digunakan batang kayu 5 cm x 10 cm dengan panjang 4 m

$$A = 0,05 \times 4 = 0,2 \text{ m}^2 = 200000 \text{ mm}^2$$

- Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\text{Tegangan diujung} = \frac{W_{\text{pelat}}}{Abid.\text{kontak}} = \frac{7056}{200000} = 0,035 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan ditumpuan} = \frac{W_{\text{pelat}}}{Abid.\text{kontak}} = \frac{14112}{200000} = 0,0706 \text{ MPa}$$

$$\text{Ambil yang terbesar} = 0,0706 \text{ MPa}$$

$$\text{Digunakan tumpukan} = 5 \text{ unit pelat}$$

$$= 5 \times 0,0706 = 0,353 \text{ MPa} < f_c' = 12 \text{ MPa}$$

Jadi digunakan tumpukan sebanyak 5 unit pelat

5.2.15 Kontrol Pengecoran Pelat

Pengecoran pelat kestruktur dilaksanakan pada saat beton berumur 7 hari. Umur beton 7 hari = $0,65 \times f_c' = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ MPa}$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{19,5} = 3,834 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja :

- Beban pelat sendiri = $0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$
- Beban overtopping = $0,075 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}^2 +$
 $W_{dl} = 348 \text{ kg/m}^2$
- Beban pekerja $W_{ll} = 100 \text{ kg/m}^2$

$$W_u = 1,2 \times W_{dl} + 1,6 \times W_{ll}$$

$$= 1,2 \times 348 + 1,6 \times 100 = 577,6 \text{ kg/m}^2$$

$$M_x = 0,001 \times 577,6 \times 4^2 \times 48 = 443,597 \text{ kgm} = 4435970 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 0,001 \times 577,6 \times 4^2 \times 44,5 = 411,251 \text{ kgm} = 4112510 \text{ Nmm}$$

$$W_x = (1/6) \times 4000 \times 70^2 = 3266666,667 \text{ mm}^3$$

$$W_y = (1/6) \times 4200 \times 70^2 = 3430000 \text{ mm}^3$$

Tegangan yang diakibatkan pengecoran :

$$f_r = \frac{M_x}{W_x} = \frac{4435970}{3266666,667} = 1,358 \text{ MPa} < f_r = 3,834 \text{ MPa} \text{ OK!}$$

$$f_r = \frac{My}{Wy} = \frac{4112510}{3430000} = 1,2 \text{ MPa} < f_r = 3,834 \text{ MPa} \text{ OK!}$$

5.3 PERENCANAAN TANGGA

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam *alternative*, baik itu konstruksi maupun perletakannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat, maupun sebagai konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi menentukan besarnya gaya reaksi yang terjadi pada struktur tangga.

Dalam perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya – gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol, ataupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi akan menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruhnya terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-sendi.

Data – data perencanaan

- Tebal pelat miring = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Diameter tulangan lentur = 12 mm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- $\rho_{\min} = 0,002$ dan $\rho_{\max} = 0,033$
- Lebar injakan $i = 30$ cm
- Tinggi injakan dihitung sebagai berikut :

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

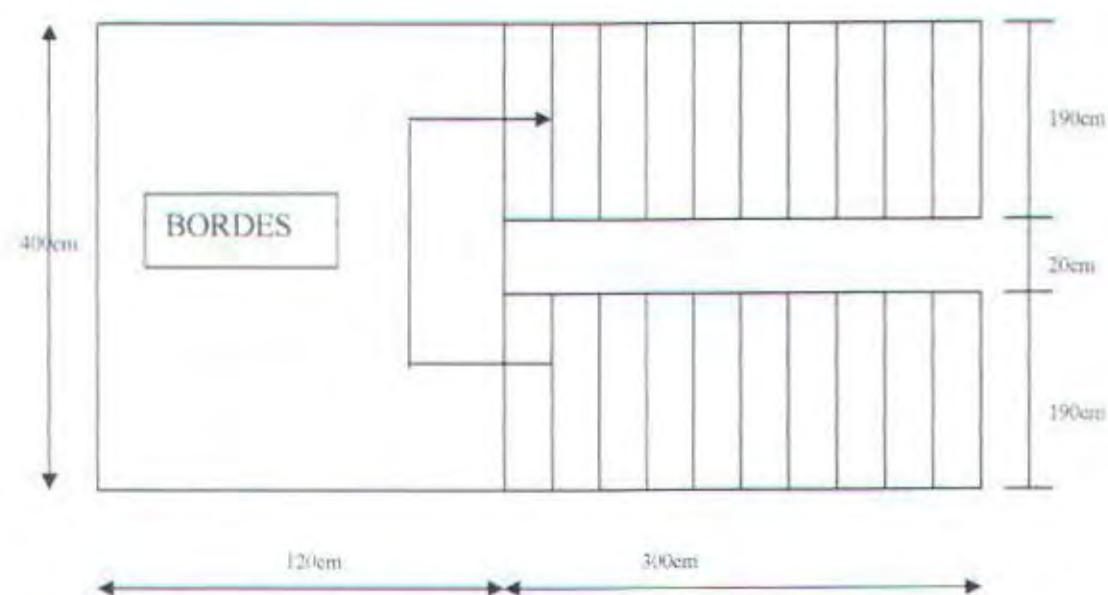
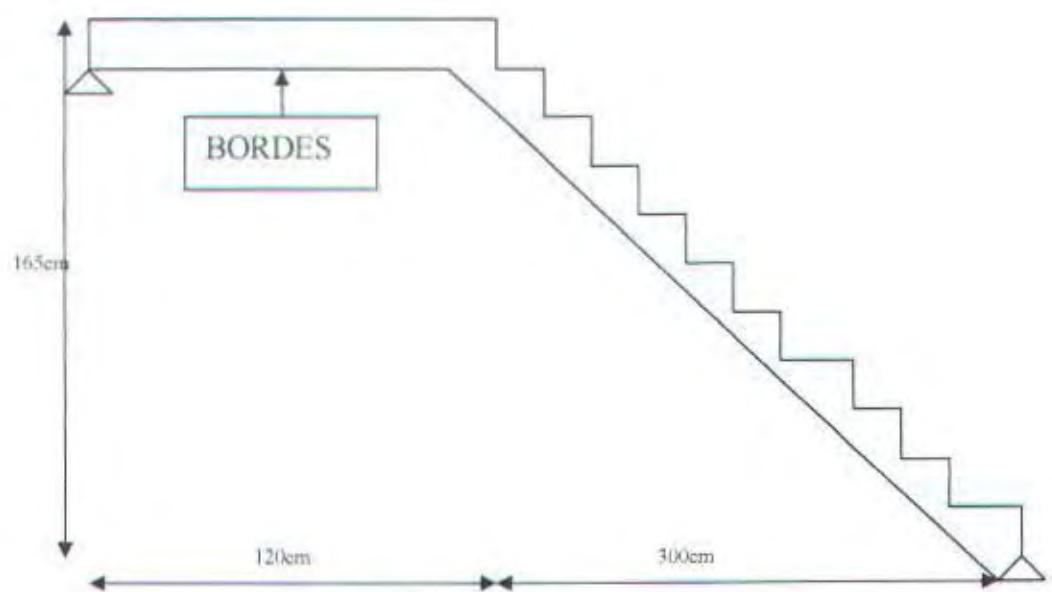
$$15 \leq t \leq 16$$

$$\text{hingga } t_1 = 16 \text{ cm}$$

- Syarat kemiringan tangga
 $a < 45^\circ$

$$\alpha = \arctan \frac{16}{30} = 28,07^\circ \text{ OK}$$

- $t_2 = \frac{i}{2} \times \sin \alpha = \frac{30}{2} \times \sin 28,07^\circ = 7,06 \text{ cm}$
- $t_{total} = 15\text{cm} + 7,06\text{cm} = 22,06 \text{ cm}$



Gb 5.19 Denah dan potongan tangga

5.3.1 Pembebatan Tangga

5.3.1.1 Pembebatan Pelat Anak Tangga

1. Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0,2206 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 28,07^\circ} = 600,02 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Tegel} &= 0,02 \times 2400 = 48,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Spesi} &= 0,02 \times 2100 = 42,00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Sandaran} &= 50,00 \text{ kg/m}^2 \\ qd &= 740,02 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup } ql = 300 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate

$$\begin{aligned}Qult2 &= 1,2 \times qd + 1,6 \times ql \\ &= 1,2(740,02) + 1,6(300) = 1368,024 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

5.3.1.2 Pembebatan Pelat Bordes

1. Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Tegel} &= 0,02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Spesi} &= 0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2 \\ qd &= 450 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

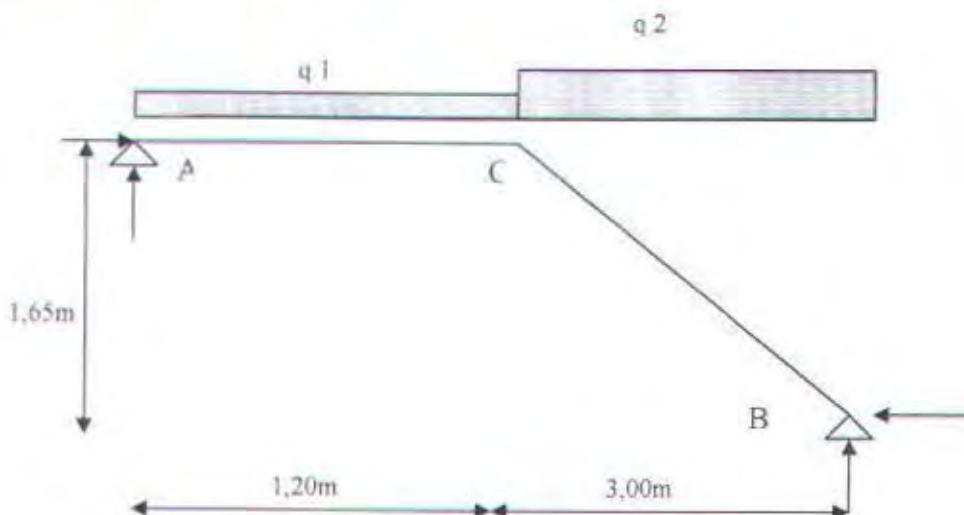
2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup } ql = 300 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate

$$\begin{aligned}Qult1 &= 1,2 \times qd + 1,6 \times ql \\ &= 1,2(450) + 1,6(300) \\ &= 1020 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

5.3.1.3 Perhitungan Momen



Gb 5.20 Analisa gaya dalam bentang tangga

$$q_1 = 1020 \times 1,9 = 1938 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 1368,2 \times 1,9 = 2599,58 \text{ kg/m}$$

- Pelat Bordes (A-C)

Dari perhitungan SAP 2000 dapat diketahui :

$$V_A = 1081,44 \text{ kg}$$

$$V_B = 3870,88 \text{ kg}$$

$$H_A = 10412,69 \text{ kg}$$

$$H_B = 14012,7 \text{ kg}$$

- Gaya Momen (M)

$$MxI = V_A \times X_1 - \frac{1}{2} \times q_1 \times X_1^2$$

Momen maksimum apabila :

$$\frac{\delta MxI}{\delta x_1} = 0, \quad V_A - q_1 \times X_1 = 0$$

Momen maksimum terjadi dititik :

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,642 \text{ m} & M_{max} &= V_A \times 1,2 - \frac{1}{2} \times q_1 \times 1,2^2 \\ &&&= 1081,44 \times 0,642 - \frac{1}{2} \times 1938 \times 0,642^2 \\ &&&= 277,54 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Di titik A , $M = 0$

b. Gaya Lintang (D)

$$D_x = V_A - q_1 \times X_1 = 1081,44 - 1938 (X_1)$$

Titik A ($X_1 = 0$) $D_A = 1081,44 \text{ kg}$

Titik C ($X_1 = 1,2$) $D_c = -1244,16 \text{ kg}$

c. Gaya Normal (N)

Titik A ($x_1 = 0$) $N_A = 10412,69 \text{ kg}$

Titik C ($x_1 = 1,2$) $N_c = -10412,69 \text{ kg}$

• Pelat Tangga C -B

a. Gaya Momen

Pada hasil perhitungan SAP 2000 diperoleh $M_{\max} = 3288,89 \text{ kgm}$

Titik C $M_C = 97,63 \text{ kgm}$

b. Gaya Lintang (D)

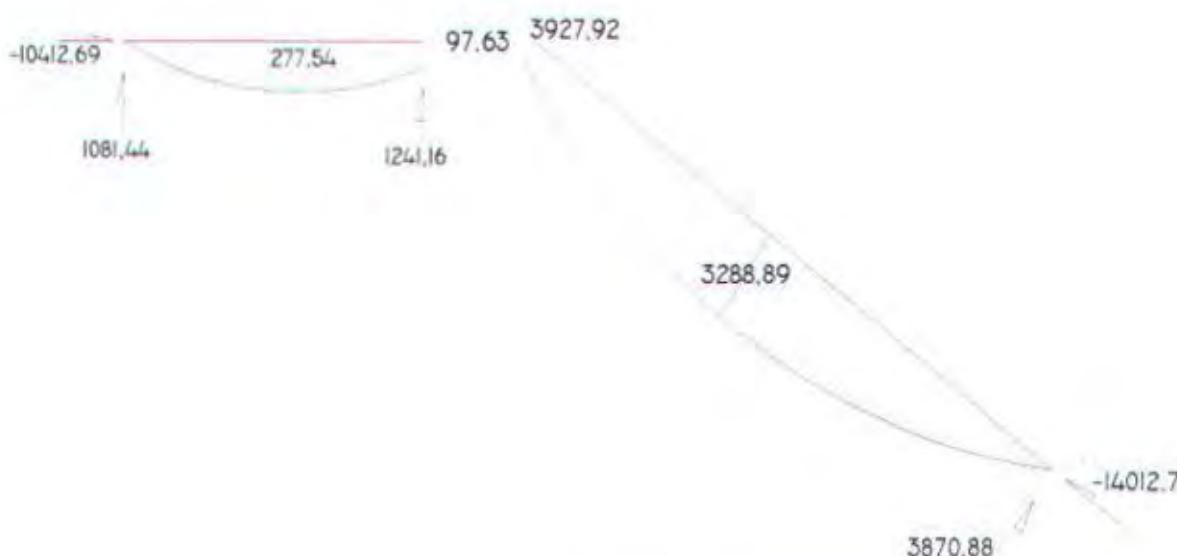
Titik C, $D_C = 3927,92 \text{ kg}$

Titik B, $D_B = 3870,88 \text{ kg}$

c. Gaya Normal (N)

Titik C, $N_C = 14012,69 \text{ kg}$

Titik B, $N_B = -14012,69 \text{ kg}$



Gb 5.21 Free Body Diagram pada Tangga

5.3.2 Penulangan Tangga

5.3.2.1 Penulangan Pelat Anak Tangga

- Penulangan lentur

Dipakai Ø 16 mm

$$M_{max} = 0,328889 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$d = 150 - 20 - \frac{16}{2} = 122 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\text{Ø} \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,328889 \times 10^8}{0,8 \times 1900 \times 122^2} = 1,454$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,454}{320}} \right) = 0,00468$$

ternyata $\rho_{min} = 0,002 < \rho < \rho_{max} = 0,033$

$$As_{perlu} = 0,00468 \times 1900 \times 122 = 1084,824 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan lentur Ø16 – 150 As = 1340,4 mm

- Penulangan geser

Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 (13.3(2))

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w \times d$$
$$= \left(1 + \frac{-10412,7 \times 9,8}{14 \times (1900 \times 124)} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) 1900 \times 124$$
$$= 208418,58 \text{ N} = 20841,858 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 0,6 \times 20841,858 = 12505,11 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = 12505,11 \text{ kg} > V_u = 3927,92 \text{ kg}$$

Tidak memerlukan tulangan geser

5.3.2.2 Penulangan Pelat Bordes

- Penulangan lentur

Dipakai $\varnothing 12$ mm

$$M_{\text{maks}} = 0,027754 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$d = 150 - 20 - \frac{12}{2} = 124 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\varnothing b d^2} = \frac{0,027754 \times 10^8}{0,8 \times 1900 \times 124^2} = 0,119$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,119}{320}} \right) = 0,00037$$

ternyata $\rho < \rho_{\text{min}} = 0,002$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,002 \times 1900 \times 124 = 471,2 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan lentur $\varnothing 12 - 200$ As = 565,5 mm^2

• Penulangan geser

Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 (13.3(2))

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_u \times d$$
$$= \left(1 + \frac{-10412,7 \times 9,8}{14 \times (1900 \times 124)} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) 1900 \times 124$$
$$= 208418,58 \text{ N} = 20841,858 \text{ kg}$$

$$\varnothing V_c = 0,6 \times 20841,858 = 12505,11 \text{ kg}$$

$$\varnothing V_c = 12505,11 \text{ kg} > V_u = 1241,16 \text{ kg}$$

Tidak memerlukan tulangan geser

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 :

$$\rho_{\text{min}} = 0,002 \dots \dots \dots \text{SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.12.2}$$

Dipakai diameter tulangan = 10 mm

- Untuk pelat anak tangga

$$d = 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 0,002 \times 1900 \times 125 = 475 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø10 - 150 As = 523,59 mm²

- Untuk pelat bordes

$$d = 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 0,002 \times 1900 \times 125 = 475 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan Ø10 - 150 As = 523,59 mm²

5.3.4 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan dimensi balok 20 x 30 cm

Pembebatan :

- berat sendiri balok	: 0,2 x 0,3 x 2400	= 144 kg/m
- berat tembok	: 0,5 x 3,3 x 250	<hr/>
		= 412,5 kg/m
		<hr/>
		= 556,5 kg/m

$$q_u = 1,2 \cdot q_d = 1,2 \times 556,5 = 667,8 \text{ kg/m}$$

Perhitungan momen ultimate (PBI 71)

$$M_u = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L_u^2$$

$$M_u = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot L_u^2$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan SAP 2000

- Tulangan Tumpuan**

Tulangan Tumpuan Tarik

$$M_u = \frac{1}{12} \times 667,8 \times 4^2 = 890,4 \text{ kgm} = 0,08904 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø 12 mm

$$d = 400 - 40 - \frac{12}{2} = 354 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\sigma_b \cdot d^2} = \frac{0,08904 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 354^2} = 0,0089$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,0089}{320}} \right) = 0,000028$$

ternyata $\rho < \rho_{min} = 0,002$

$$As_{perlu} = 0,002 \times 1000 \times 354 = 708 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 7 Ø 12 (As = 791,68 mm²)

Tulangan Tumpuan Tekan

Diasumsikan δ = 0,5 SNI 2002 pasal 23.3.2

$$As^* = 0,5 \times 708 = 354 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 Ø 12 (As = 452,389 mm²)

Tulangan Lapangan

Tulangan Lapangan Tarik

$$\text{Mu Lap} = \frac{1}{24} \cdot 667,8 \cdot 4^2 = 445,2 \text{ kgm} = 0,4452 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø 12 mm

$$d = 400 - 40 - \frac{12}{2} = 354 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\text{Ø} \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,4452 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 354^2} = 0,044$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,044}{320}} \right) = 0,00014 \end{aligned}$$

ternyata $\rho < \rho_{min} = 0,002$

$$As_{perlu} = 0,002 \times 1000 \times 354 = 708 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 7 Ø 12 (As = 791,68 mm²)

Tulangan Lapangan Tekan

Diasumsikan δ = 0,5 SNI 2002 pasal

$$As^* = 0,5 \times 708 = 354 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 Ø 12 (As = 452,389 mm²)

Penulangan Geser Balok Bordes

$$Vu = q \cdot l = 1 \times 667,8 \times 4 = 1335,6 \text{ kg} = 13356 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\varnothing V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 354 \\ &= 193893,79 \text{ N} > V_u\end{aligned}$$

Karena $V_u < \varnothing V_c$, maka dipasang tulangan geser minimum $\varnothing 8 -200$

5.4 PERENCANAAN BALOK ANAK LANTAI ATAP

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

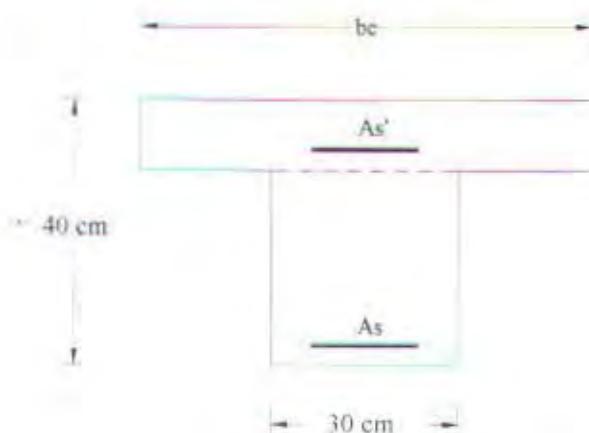
Atas dasar itulah maka balok anak sebelum komposit tumpuannya dianggap terletak bebas, dan balok anak setelah komposit tumpuannya dianggap terjepit elastis.

5.4.1 Data – Data Perencanaan

- Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 320 Mpa
- Dimensi Balok Anak = $30 \times 40\text{cm}$ (bentang 4,0 m)

5.4.2 Perhitungan Beban Terbagi Rata

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

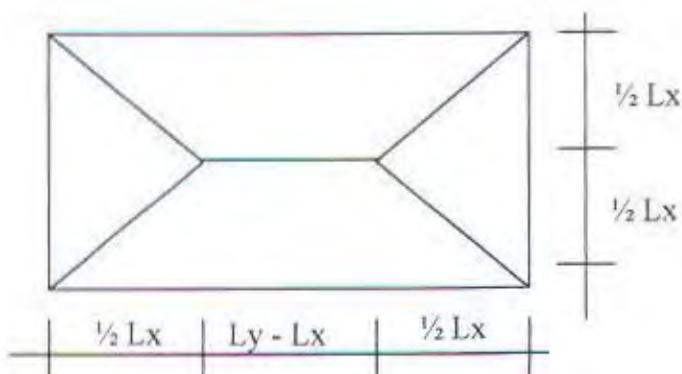


Gb 5.22 Potongan Melintang Balok Anak

Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium saja karena balok anak hanya terletak pada arah melintang. Beban-beban trapesium tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

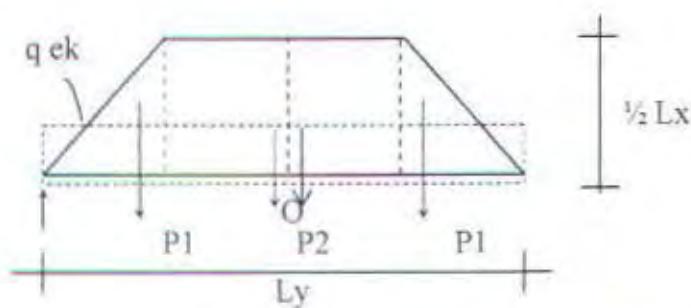
Variasi pembebanan dan beban ekivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini antara lain :

- Pembebanan Tributary Area



Gb 5.23 Denah pelat

Beban Trapesium



Gb 5.24 Pembebanan Pelat Trapesium

$$P_1 = \frac{1}{2} q \left(\frac{1}{2} l_s \right)^2$$

$$= \frac{1}{8} q l_s^2$$

$$P_2 = \frac{1}{2} l_s q \frac{(l_s - l_s)}{2}$$

$$= \frac{1}{4} q l_s (l_s - l_s)$$

$$R = P_1 + P_2$$

Titik O = titik tengah bentang

$$M_{max\ O} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} q \cdot l_x \left(l_y^2 - \frac{1}{3} l_s^2 \right)$$

M_{max} pada tengah bentang akibat beban terbagi rata

Dari kedua persamaan diatas, diperoleh :

$$M_{max\ O} = \frac{1}{8} q_{ek} l_y^2$$

$$q_{ek} = \frac{1}{3} \times q \times l_x \times \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_s}{l_y} \right)^2 \right\}$$

$$q_{pelat\ sbl\ komposit\ (berat\ sendiri)} = 361,6 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{pelat\ ssd\ komposit\ (berat\ sendiri)} = 887,2 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{berat\ sendiri\ balok\ anak} = 0,4 \times 0,3 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

Pada Pembebatan balok Anak menggunakan pembebatan Trapesium

$$q_{ek} = \frac{1}{3} q \cdot l_x \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_s}{l_y} \right)^2 \right\}$$

$$q_{sdlt\ komp} = 2 \left[\frac{1}{3} \cdot 361,6 \cdot 4 \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,2} \right)^2 \right\} \right] = 291,539 \text{ kg/m}$$

$$q_{ssdt\ komp} = 2 \left[\frac{1}{3} \cdot 887,2 \cdot 4 \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,2} \right)^2 \right\} \right] = 715,304 \text{ kg/m}$$

5.4.3 Perhitungan momen

$$M_{tump} = \frac{1}{24} \times (288 + 715,304) \times 4^2 = 668,869 \text{ kgm}$$

$$M_{lap} = \frac{1}{12} \times (288 + 715,304) \times 4^2 = 1337,739 \text{ kgm}$$

$$V = \frac{1}{2} \times (288 + 715,304) \times 4 = 2006,608 \text{ kg}$$

5.4.4 Perhitungan Tulangan

- Tulangan Tumpuan

$$M_{tump} = 668,869 \text{ kgm} = 6688690 \text{ Nmm}$$

$$t_{\text{efektif}} = 400 - 30 - 10 - \frac{16}{2} = 352 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\varnothing b d^2} = \frac{6688690}{0,8 \times 300 \times 352^2} = 0,225$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,225}{320}} \right) = 0,000706$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,0044 \times 300 \times 352 = 464,64 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3D16 = 603,186 mm²

- Tulangan Lapangan

$$M_{\text{Lap}} = 1337,739 \text{ kgm} = 13377390 \text{ Nmm}$$

$$t_{\text{efektif}} = 400 - 30 - 10 - \frac{16}{2} = 352 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\varnothing b d^2} = \frac{13377390}{0,8 \times 300 \times 352^2} = 0,450$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,450}{320}} \right) = 0,00142$$

$$A_s^{\text{perlu}} = 0,0044 \times 300 \times 352 = 464,64 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3D16 = 603,186 mm²

5.4.5 Perhitungan Tulangan Geser

Dipakai tulangan diameter 10 mm

$$Vu = 2006,608 \text{ kg} = 20066080 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 352 = 96399,170 \text{ N}$$

$$\mathcal{O}Vc = 0,6 \times 96399,170 = 57839,502 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \times \mathcal{O} \times Vc = 28919,751 \text{ N}$$

$V_u > \mathcal{O}Vc$ Perlu tulangan geser

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

$$Vs = \frac{Av \times fy \times d}{s}$$

$$Vs = Vn - Vc = \frac{96399,170}{0,6} - 96399,170 = 64266,113 \text{ N}$$

$$s = \frac{157 \times 320 \times 352}{64266,113} = 275,18 \text{ mm}$$

$$\text{syarat } s \leq \frac{d}{2} = \frac{352}{2} = 176 \text{ mm}$$

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

dipasang $s = 150 \text{ m}$

5.4.6 Penulangan Balok Anak Akhir

Dari perhitungan di atas diperoleh:

1. Tulangan Lentur

- Daerah Lapangan = 3D 16

- Daerah Tumpuan = 3D 16

2. Tulangan Geser = D 10- 150

3. Tulangan tekan (As_{tekan} diambil sebesar 0,5 As_{turik})

- Daerah Lapangan = 2D 16

- Daerah Tumpuan = 2D 16

5.4.7 Kontrol Lendutan dan Retak

5.4.7.1 Kontrol Lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan

struktur saat bekerja.Untuk balok dengan 2 tumpuan , tebal minimum yang disyaratkan adalah:

$$H_{\min} = L/16$$

Untuk bentang $L = 420$ cm dengan balok anak 30/40 diperoleh:

$$H_{\min} = 420/16$$

$$= 26,25 \text{ cm} < 40 \text{ cm (Ok)}$$

Karena semua balok anak memenuhi syarat tebal minimum maka tidak diperlukan kontrol lendutan.

5.4.7.2 Kontrol Retak

Lebar retak diperhitungkan jika tulangan memakai $f_y > 413$ Mpa(Wang – Salmon). Sedang mutu tulangan yang dipakai adalah $f_y = 320$ Mpa, jadi dalam perencanaan balok anak ini tidak diperlukan kontrol terhadap retak.

5.4.8 Panjang Penyaluran Balok Anak

5.4.8.1 Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SNI 03 – 2847 – 2002 psI 3.5.2

- Untuk batang D-36 dan lebih kecil

$$L_{db} = \frac{0,02 \times A_b \times f_y}{\sqrt{f_{c'}}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0,06 \times d_b \times f_y$$

dimana :

A_b = Luas satu batang tulangan

f_y = tegangan leleh tulangan

$f_{c'}$ = tegangan leleh beton

d_b = diameter batang tulangan

$$L_{db} = \frac{0,02 \times 201,062 \times 320}{\sqrt{30}} = 234,936 \text{ mm}$$

Tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0,06 \times 16 \times 320 = 307,2 \text{ mm}$

Maka diambil $L_{db} = 350 \text{ mm}$

5.4.8.2 Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SNI 03 – 2847 – 2002 psI 3.5.2 :

$$Ldb = \frac{dbxfy}{4\sqrt{fc'}} \text{ tetapi tidak kurang dari } Ldb = 0,04 \times db \times fy$$

$$Ldb = \frac{16 \times 320}{4\sqrt{30}} = 233,695 \text{ mm}$$

Tetapi tidak kurang dari $Ldb = 0,04 \times 16 \times 320 = 204,8 \text{ mm}$

Maka diambil $Ldb = 250 \text{ mm}$

BAB VI

ANALISA STRUKTUR UTAMA

BAB VI

ANALISA STRUKTUR UTAMA

6.1 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 dan kolom. Struktur didefinisikan sebagai portal-portal beton bertulang dengan tembok-tebok dan panel-panel pengisi yang bersifat kaku lainnya dipisahkan secara nyata dari struktur utama guna mencegah perubahan dalam perilaku struktur terhadap gempa.

Dalam perencanaan, gedung dimodelkan sebagai portal terbuka (*open Frame*) dengan portal sebagai pemikul utama beban dan perlakuan pada dasar kolom adalah jepit.

6.2 DASAR PERENCANAAN

Didalam analisa struktur utama gedung Hotel Pasifik Balikpapan dipergunakan metoda *Ordinary Momen Resisting Frame*, dimana baik gaya gravitasi maupun gaya lateral yang terjadi dipikul oleh rangka (*frame*) saja. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beban akibat gempa yang terjadi relatif kecil.

6.2.1 Data – Data Perencanaan

Perancangan gedung Hotel Pasifik Balikpapan ini berdasarkan atas data-data sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 390 Mpa(deform)
- Mutu tulangan sengkang = 320 Mpa
- Jumlah lantai = 6 (5 + atap)
- Tinggi tiap lantai = 3,3 m

- Tinggi bangunan = 19,8 m
- Dimensi kolom = 60 x 60 cm
- Dimensi balok induk = 30 cm x 40 cm
- Dimensi balok anak = 30 cm x 40 cm
- Wilayah gempa = Zone 2
- Tipe tanah = S_d

6.2.2 Perhitungan Pembebanan Vertikal

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 SAP 2000 tanpa perlu mencari q ekivalen dari beban – beban tersebut.

Adapun besarnya beban – beban tersebut :

Beban pelat lantai (langsung dibebankan secara *tributary* pada SAP 2000)

- Beban mati $q = 406 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup $q = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban pelat atap (langsung dibebankan secara *tributary* pada SAP 2000)

- Beban mati $q = 386 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup $q = 100 \text{ kg/m}^2$
- Beban tembok = 250 kg/m^2 (dibebankan secara merata di SAP 2000)

6.2.3 Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Gempa

6.2.3.1 Perhitungan berat total bangunan

Berat lantai 6 (atap).

Beban mati

$$\text{Pelat : } [(4,2 \times 4) \times 33] \times 2400 \times 0,12 = 159667,2 \text{ kg}$$

$$\text{Balok 30/40 : } (4,2 \times 6 + 4 \times 22) \times 2400 \times (0,40 - 0,12) \times 0,30 = 22821,12 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Pratekan 30/80 : } ((10 \times 12,6) \times 2400 \times (0,8 - 0,12) \times 0,3) = 61689,6 \text{ kg}$$

$$\text{Balok anak 30/40 : } ((4 \times 22) \times 2400 \times (0,4 - 0,12) \times 0,3) = 17740,8 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom : } 28 \times 0,60 \times 0,60 \times 1,65 \times 2400 = 39916,8 \text{ kg}$$

$$\text{Tembok pasangan } \frac{1}{2} \text{ bata : } 250 \times 1,65 \times 2 \times (44 + 12,6) = 46695 \text{ kg}$$

$$\text{Aspal (t = 2 cm) : } 0,02 \times (4,2 \times 4 \times 33) \times 1400 = 15523,2 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi penutup : } 44 \times 12,6 \times 24 = 13305,4 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond + Penggantung : } (44 \times 12,6) \times (11+7) = 9979,2 \text{ kg}$$
$$= 340643,72 \text{ kg}$$

Beban hidup

$$\text{Beban air hujan : } \frac{1}{2} \times 44 \times 12,6 \times 30 = 8316 \text{ kg}$$
$$\text{Beban hidup : } \frac{1}{2} \times 44 \times 12,6 \times 100 = 84560 \text{ kg} +$$
$$117450 \text{ kg}$$

$$\text{Total berat atap} = W_{\text{mati}} + W_{\text{hidup}}$$
$$= 340643,72 + 117450 = 458093,72 \text{ kg}$$

Berat lantai 1 – 5

Beban mati

$$\text{Pelat : } [(4,2 \times 4) \times 29] \times 2400 \times 0,12 = 146995,2 \text{ kg}$$
$$\text{Balok 30/40 : } (4,2 \times 36 + 4 \times 44) \times 2400 \times (0,40 - 0,12) \times 0,30 = 65963,52 \text{ kg}$$
$$\text{Kolom : } 48 \times 3,3 \times 0,60 \times 0,60 \times 2400 = 136857,6 \text{ kg}$$
$$\text{Tegel (t = 2 cm) : } 0,02 \times (44 \times 12,6) \times 2400 = 26611,2 \text{ kg}$$
$$\text{Tembok pasangan } \frac{1}{2} \text{ bata : } 250 \times 3,3 \times 2 \times (44 + 12,6) = 93225 \text{ kg}$$
$$\text{Spesi penutup : } 44 \times 12,6 \times 24 = 3305,4 \text{ kg}$$
$$\text{Ducting AC + pipa : } (44 \times 12,6) \times (11+7) = 9979,2 \text{ kg} +$$
$$399712,12 \text{ kg}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup : } \frac{1}{2} \times 44 \times 12,6 \times 250 = 69300 \text{ kg}$$
$$\text{Total berat lantai} = W_{\text{mati}} + W_{\text{hidup}}$$
$$= 399712,12 + 69300 = 469012,12 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total seluruh gedung} = 458093,72 + 5 \times 469012,12 = 2803154,32 \text{ kg}$$

6.2.3.2 Perhitungan gaya Base Shear

Untuk perencanaan gaya gempa mengacu pada peraturan SNI 03 – 1726 – 2002, termasuk didalamnya menghitung gaya geser dasar. Pada SNI 03 – 1726 – 2002 beban geser dasar nominal dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_i$$

dimana :

C_1 = nilai faktor respon gempa yang didapat dari *spectrum respons* gempa rencana

W_i = berat total gedung

I = faktor keutamaan gedung

R = faktor reduksi gempa

- Waktu getar bangunan dengan cara empiris (T)

$$Tx = Ty = 0,06 \cdot H^{3/4}$$

$$Tx = Ty = 0,06 \cdot 19,8^{3/4} = 0,563 \text{ detik}$$

- Koefisien gempa dasar (C)

C diperoleh dari gambar *Respon Spektrum Gempa Rencana SNI 03 – 1726 – 2002*. Untuk $Tx = Ty = 0,563$ detik, $C = 0,35$

- Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi (R)

Dari tabel 1 dan 2 SNI 03 – 1726 – 2002, $I = 1,0$ dan $R = 4,8$ untuk gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktalitas parsial

Gaya geser horizontal total akibat gempa

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_i$$

$$V = \frac{0,35 \cdot 1,0}{4,8} \cdot 2803154,32 = 204396,669 \text{ kg} = 204,397 \text{ ton}$$

Distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung :

a. Arah X

$$\frac{H}{A} = \frac{H}{A} = < 3$$

$$F_i = \frac{W_i \cdot F_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot F_i} \cdot V$$

b. Arah Y

$$\frac{H}{A} = \frac{H}{A} = < 3$$

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^N W_i F_i}{V}$$

Dengan :

F_i = Beban gempa nominal static ekuivalen yang merangkap pada pusat masa pada taraf lantai tingkat ke – i struktur atas gedung

W_i = Berat lantai tingkat ke – i, termasuk beban hidup yang sesuai

Z_i = Ketinggian lantai tingkat ke – i, diukur dari taraf penjepitan lateral

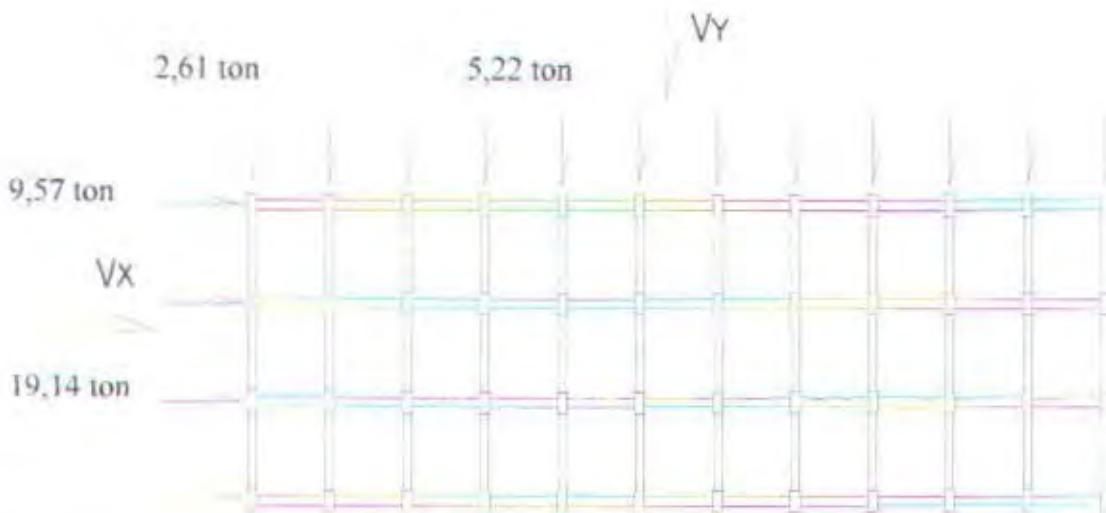
N = Nomor lantai tingkat paling atas

Tabel 6.1 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah X dan Y

Tingkat	Z_i (m)	W_i (ton)	$W_i Z_i$	$F_i x,y$ (ton)
6	19.8	458.094	9070.2612	57.4216
5	16.5	469.012	7738.698	48.9918
4	13.2	469.012	6190.9584	39.19344
3	9.9	469.012	4643.2188	29.39508
2	6.6	469.012	3095.4792	19.59672
1	3.3	469.012	1547.7396	9.79836
Σ			32286.355	204.397

Story	Force	X-(Ka+Ki)	X-Tengh	Y-(Ka+Ki)	Y-Tngh
6	57.422	9.570267	19.1405	2.610073	5.22015
5	48.992	8.1653	16.3306	2.2269	4.4538
4	39.193	6.53224	13.0645	1.78152	3.56304
3	29.395	4.89918	9.79836	1.33614	2.67228
2	19.597	3.26612	6.53224	0.89076	1.78152
1	9.7984	1.63306	3.26612	0.44538	0.89076

(ton)



Gb 6.1 Pembebanan Tingkat 6

6.2.4 Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Angin

Beban angin dihitung berdasarkan section 1609 UBC 1997

- Kecepatan angin 70 mph

Tekanan angin $\rightarrow q_s = 16,59 \text{ kg/m}^2$ Tabel 16-F UBC 1997

- Faktor Exposure (C)

Nilai *factor exposure* didapatkan dari Tabel 16-G UBC 1997

Pada Tabel 16-G menggunakan satuan *feet* sehingga pada perhitungan Ce nilai ketinggian yang tidak sesuai dengan tabel harus diinterpolasi.

Contoh perhitungan factor Ce :

$$\text{Tingkat 7} \rightarrow h_c = 19,8 \text{ m} = \frac{19,8}{0,3048} \text{ ft} = 64,961 \text{ ft}$$

Dari tabel : $h_c = 80 \text{ ft} \rightarrow Ce = 1,53$

$h_c = 60 \text{ ft} \rightarrow Ce = 1,43$

$$\text{maka untuk } h_c = 64,961 \text{ ft} \rightarrow Ce = 1,43 + \frac{64,961 - 60}{80 - 60} \times (1,53 - 1,43) = 1,455$$

- $I_w = 1$ (gedung penghunian)
- Koefisien tekanan (C_q) untuk struktur *frame* utama :
Tabel 16-H UBC '97
 $\rightarrow C_q = 0,8$ untuk dinding pada arah datangnya angin

$\rightarrow C_q = 0,5$ untuk dinding pada arah dibalik angin

- a. Tekanan pada arah datangnya angin

$$P = C_c \cdot C_q \cdot q_v \cdot I_w \\ = 1,455 \times 0,8 \times 16,59 \times 1 = 19,311 \text{ kg/m}^2$$

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

- b. Tekan pada arah dibalik angin

Sesuai peraturan UBC 1997 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 tinggi pertengahan.

Nilai C_e diambil pada ketinggian $h = \frac{19,8}{2} = 9,9 \text{ m} = 32,480 \text{ ft}$

Dari tabel : $h_x = 40 \text{ ft} \rightarrow C_e = 1,31$

$$h_x = 30 \text{ ft} \rightarrow C_e = 1,23$$

$$\text{maka untuk } h_x = 32,480 \text{ ft} \rightarrow C_e = 1,23 + \frac{32,480 - 30}{40 - 30} \times (1,31 - 1,23) = 1,25$$

$$P = C_c \cdot C_q \cdot q_v \cdot I_w \\ = 1,25 \times 0,5 \times 16,59 \times 1 = 10,369 \text{ kg/m}^2$$

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

Untuk perhitungan yang lainnya dapat dilihat pada tabel 6.2

Tabel 6.2 Gaya angin tekan dan hisap

Memanjang bentang 4,2 m

Level	Tributary Height (m)	Tinggi		Agin tekan			Agin hisap		
		m	ft	Ce	Tekan	Gaya	Ce	Tekan	Gaya
6	3,3	19,8	64,961	1,46	19,311	133,825	1,25	10,369	71,857
5	3,3	16,5	54,134	1,40	18,581	257,533	1,25	10,369	143,590
4	3,3	13,2	43,307	1,32	17,519	242,813	1,25	10,369	143,590
3	3,3	9,9	32,480	1,25	16,59	229,937	1,25	10,369	143,590
2	3,3	6,6	21,654	1,16	15,396	213,389	1,25	10,369	143,590
1	3,3	3,3	10,827	1,05	13,936	193,153	1,25	10,369	143,590

Melintang bentang 4 m

Level	Tributary Height (m)	Tinggi		Agin tekan			Agin hisap		
		m	ft	Ce	Tekan	Gaya	Ce	Tekan	Gaya
6	3,3	19,8	64,961	1,46	19,311	127,453	1,25	10,369	68,435

5	3,3	16,5	54,134	1,40	18,581	245,269	1,25	10,369	136,871
4	3,3	13,2	43,307	1,32	17,519	231,251	1,25	10,369	136,871
3	3,3	9,9	32,480	1,25	16,59	218,988	1,25	10,369	136,871
2	3,3	6,6	21,654	1,16	15,396	203,227	1,25	10,369	136,871
1	3,3	3,3	10,827	1,05	13,936	183,955	1,25	10,369	136,871

6.2.5 Pemodelan Struktur

Dalam perencanaan gedung Hotel Pasifik ini gedung dimodelkan sebagai *Momen Resisting Frame*. Didalam pemodelan *Momen Resisting Frame*, frame didesain untuk menahan seluruh beban lateral (gaya horizontal) sekaligus gaya gravitasi.

Balok kolom akan mengalami translasi yang sama besarnya karena plat 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 menggunakan bantuan program software analisa struktur SAP 2000 ver 9.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam pembebanan program SAP 2000 sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11 mengenai ketentuan kekuatan dan kemampuan layanan. Kombinasi pembebanan yang didapat dari SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.2 adalah sebagai berikut :

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan $U = 1,4 D$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati D , beban hidup L

$$U = 1,2D + 1,6L$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L , dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar yaitu :

$$U = 1,2D + 1,0L \pm 1,6W$$

Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya

$$U = 0,9D \pm 1,6L$$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai

$$U = 1,2D + 1,0L \pm 1,E$$

Atau

$$U = 0,9D \pm 1,0E$$

dalam hal ini nilai E ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI – 1726 – 1989 – F, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung, atau penggantinya. Pada penulisan tugas akhir ini menggunakan peraturan pembebanan gempa yang baru SNI 03 – 1726 – 2002.

4. Untuk pondasi kombinasi pembebanan yang digunakan :

$$U = 1D + 1L + 1E$$

5. Untuk Gempa arah X dan arah Y, kombinasi pembebanan yang digunakan masing-masing berbeda tergantung mana yang paling dominan :

$$U = (\text{Apabila gempa arah X yang dominan})$$

$$U = (\text{Apabila gempa arah Y yang dominan})$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur utama, antara lain :

1. $U = 1,2D + 1,6L$

2. $U = 1,2D + 1,0L \pm 1,6W$

3. $U = 0,9D \pm 1,6L$

4. $U = 1D + 1L$

5. $U = 1,2D + 1,0L \pm 1,E_x \pm 0,3E_y$

6. $U = 1,2D + 1,0L \pm 0,3E_x \pm 1E_y$

7. $U = 1,4D$

Kontrol Periode (T) Berdasarkan Metode B

Periode yang didapatkan pertama kali dari perumusan :

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

Selanjutnya harus ditinjau dengan metode B dengan perumusan :

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \cdot \delta i^2 \right) + \left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot \delta i \right)} \dots \dots \dots \text{Pers. (30-10)}$$

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

Dari analisa struktur yang dilakukan didapat nilai δ .

Harga δ tiap tingkat digunakan untuk mendapatkan displacement relatif tingkat (δ_i) dengan rumus : $\delta_i = \delta - \delta_{\text{at}}$

Tabel 6.3 Kontrol Periode dengan Metode B

Lantai	δ (m)	δ_i (m)	w_i (Kg)	f_i (Kg)	$w_i \delta_i^2$ (Kgm ²)	$f_i \delta_i$ (Kgm)
6	0,0043	0,0003	439021	56776	0,040	17,033
5	0,004	0,0004	469012	51346	0,075	20,538
4	0,0036	0,0008	469012	42036	0,300	33,629
3	0,0028	0,0009	469012	32726	0,380	29,453
2	0,0019	0,0011	469012	23416	0,568	25,758
1	0,0008	0,0008	469012	14106	0,300	11,285
TOTAL					1,663	137,696

$$T = 2 \times 3,14 \sqrt{(1,663 / 9,81 \times 137,696)} = 0,2203 \text{ detik}$$

Hasil metode A $\rightarrow T = 0,563$ detik

$$T + 0,4 T = 0,788 \text{ detik}$$

Hasil metode B $\rightarrow T = 0,2203$ detik OK!

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

6.2.6 Kontrol Drift Tingkat

Kontrol drift pada perancangan ini menggunakan data *displacement* dari analisa struktur yang telah dilakukan.

Perumusan drift pada setiap tingkat :

$$\Delta_M = 0,7 R \Delta_S \dots \text{Pers. (30-17)}$$

nilai R = 5,5 untuk *Concrete Intermediate Moment – Resisting Frame*

Untuk struktur dengan periode $T > 0,7$ detik batasan yang diberikan section 1630.10.25 UBC 1997 adalah $\Delta_M \leq 0,02 h_s$

$$\leq 0,02 \times 3300 \text{ mm}$$

$$\leq 66 \text{ mm}$$

Contoh Perhitungan Lantai 6

$$\Delta_S = 0,0003$$

$$\Delta_M = 0,7 \cdot R \cdot \Delta_S$$

$$= 0,7 \cdot 4,8 \cdot 0,0003 = 0,001008$$

Tabel 6.4 Kontrol Drift

Lantai	Δ (m)	Δ_S (m)	Δ_M (m)	Batas (m)	Ket.
6	0,0043	0,0003	0,001008	0,066	OK
5	0,004	0,0004	0,001344	0,066	OK
4	0,0036	0,0008	0,002688	0,066	OK
3	0,0028	0,0009	0,003024	0,066	OK
2	0,0019	0,0011	0,003696	0,066	OK
1	0,0008	0,0008	0,002688	0,066	OK

6.2.7 Kontrol Pengaruh P- Δ Effect

Pengaruh P- Δ yang disebabkan oleh gaya gempa dalam perencanaan struktur tahan gempa harus diperhitungkan dalam penilaian stabilitas seluruh struktur frame dan harus dihitung dengan gaya yang menghasilkan *displacement* (Δ_S). Namun berdasarkan section 1630.1.3 UBC 1997 pengaruh P- Δ dapat diabaikan jika *ratio* dari *secondary moment* terhadap *primary moment* tidak lebih dari 0,10.

Besarnya koefisien stabilitas (θ) secara matematis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \frac{w_i \cdot \Delta S}{Vx \cdot h_i}$$

dimana :

w_i = beban gravitasi total tak terfaktor pada level x

Δ = drift lantai

V_x = gaya geser level x dan x-1

h_i = tinggi tingkat i

Tabel 6.5 Kontrol Koefisien Stabilitas

Lantai	Beban (kg)	Drift (m)	Gaya lateral (kg)	Tinggi (m)	θ
6	439021	0,0003	56776	3,3	0,000703
5	469012	0,0004	51346	3,3	0,00111
4	469012	0,0008	42036	3,3	0,00270
3	469012	0,0009	32726	3,3	0,00391
2	469012	0,0011	23416	3,3	0,00668
1	469012	0,0008	14106	3,3	0,00806

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai koefisien stabilitas (θ) pada setiap lantai < 0,10 sehingga pengaruh dari P- Δ effect tidak perlu diperhitungkan.

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

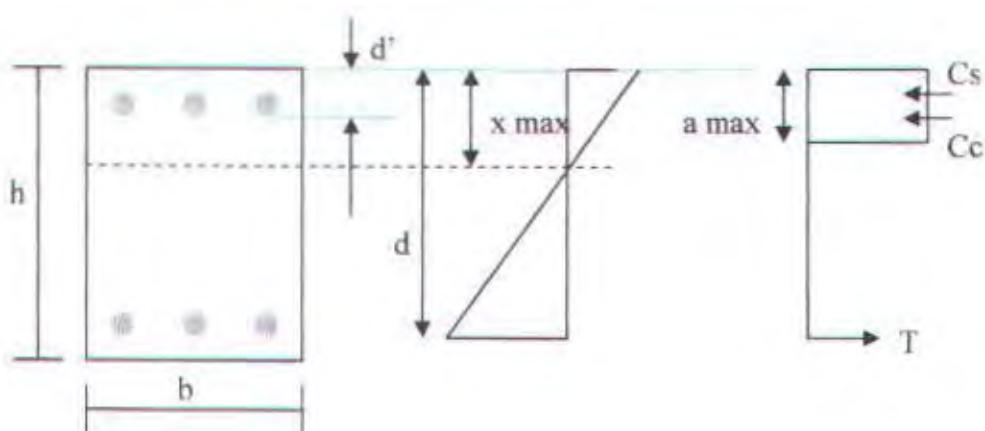
7.1 PERENCANAAN BALOK INDUK

Perancangan struktur utama dapat dilakukan setelah mendapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur utama hasil dari analisa menggunakan *software* analisa struktur. Perhitungan penulangan struktur utama akan menggunakan peraturan SNI 03 – 2847 – 2002 serta peraturan lainnya yang menunjang.

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

Data-data perencanaan :

- Mutu beton (f'_c) : 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 390 Mpa
- Dimensi balok : 30/40
- Decking : 40 mm
- Tebal pelat : 120 mm



Gb 7.1 Penampang Balok persegi dengan tulangan rangkap

7.1.1 Penulangan Lentur Balok

Penulangan lentur balok dilakukan atas dasar kekuatan penampang dari struktur, ukuran, mutu dan pengaturan tulangan telah memberikan kekuatan momen yang disediakan oleh penampang. Dalam perencanaan kali ini dipakai tulangan rangkap yaitu penampang persegi dengan tulangan tarik dan tekan. Untuk perhitungan tulangan lentur lapangan, pada momen positif balok dianalisa sebagai balok T, sedang pada momen negatif tetap sebagai balok persegi biasa.

Untuk memperhitungkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok induk dibedakan antara sebelum dan sesudah komposit. Pada kondisi sebelum komposit balok dianggap terletak di dua tumpuan sederhana. Perletakan hanya berupa sendi-sendi dengan memperhitungkan momen lapangan saja, sehingga perhitungannya dapat dilakukan secara manual. Sedangkan pada saat sesudah komposit, balok berupa frame kaku dan dianalisa dengan memakai SAP 2000.

7.1.1.1 Penulangan Lentur Sebelum Komposit

Balok *precast* pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebaran pada balok induk sebelum komposit konsepnya sama dengan pembebaran balok induk sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya, namun beban yang dihitung hanyalah pembebaran yang berasal dari pelat, *overtopping* dan berat balok itu sendiri. Perhitungan untuk pembebaran merata pada balok induk menggunakan konsep *Tributary Area*.

Persyaratan tulangan

- Rasio tulangan balance

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \right) \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,034$$

- Rasio tulangan maksimum

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,034 = 0,026$$

- Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$
$$= \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

- Rasio antara baja dan beton

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

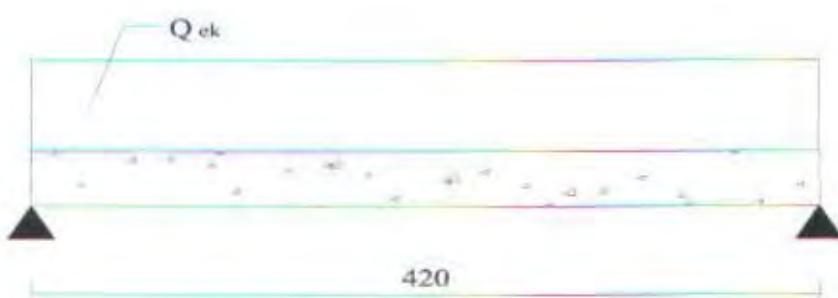
Penulangan lentur sebelum komposit

- Contoh perhitungan

Dimensi balok induk 30/40 cm

Bentang balok induk = 4,2 m (hanya dibebani 2 segitiga)

Dipakai tulangan utama D22 mm, beugel Ø 10 mm



Gb 7.2 Beban – beban yang bekerja

Perhitungan pembebanan

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat overtopping} = 0,075 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 348 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup

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

Beban equivalen yang bekerja pada balok (pelat 400 cm x 420 cm)

$$\begin{aligned} \text{Beban mati} : q_{ek} &= (1/3 q l_x) \times 2 \\ &= (1/3 \times 348 \times 4,2) \times 2 = 974,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup : $q_{ek} = (1/3 q_1 x) \times 2$
 $= (1/3 \times 100 \times 4,2) \times 2 = 280 \text{ kg/m}$

Beban mati juga mendapatkan tambahan dari berat sendiri balok :

$$q_{ek} = 974,4 + (0,4 - 0,12) \times 0,30 \times 2400 = 1176 \text{ m}$$

Kombinasi pembelahan :

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$
$$= 1,2 (1176) + 1,6 (280) = 1859,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen lapangan (M)} = \frac{1}{8} q L^2$$
$$= \frac{1}{8} \times 1859,2 \times 4,2^2$$
$$= 4099,536 \text{ kgm} = 40995,36 \text{ Nm}$$

$$d = 400 - 120 - 40 - (\frac{1}{2} \times 22) = 229 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{4,0995 \times 10^7}{0,8 \times 300 \times 229^2} = 3,257 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$
$$= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,257}{390}} \right) = 0,00897$$

$$\text{ternyata } \rho_{min} = 0,0036 < \rho = 0,00897 < \rho_{max} = 0,026$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$
$$= 0,00897 \times 300 \times 229$$
$$= 616,239 \text{ mm}^2$$

Pakai 2D22 ($A_s = 760,265 \text{ mm}^2$)

7.1.1.2 Penulangan Lentur Setelah Komposit

Persyaratan tulangan :

- Rasio tulangan balance (ρ_b) = 0,034
- Rasio tulangan maksimum (ρ_{mak}) = 0,026

- Rasio tulangan minimum (ρ_{min}) = 0,0036
- Rasio antara baja dan beton (m) = 15,29
- Contoh Perhitungan

Dari hasil analisa struktur dengan software SAP 2000 didapatkan nilai momen sebagai berikut :

$$M_{tumpuan} = + 15781,28 \text{ Kgm} = 1,578128 \times 10^8 \text{ Nmm} \text{ (elemen nomor 656)}$$

$$M_{lepasan} = + 5301,7 \text{ Kgm} = 0,53017 \times 10^8 \text{ Nmm} \text{ (elemen nomor 656)}$$

- **Tulangan tumpuan**

Tulangan tarik

direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 339 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \times 22) = 61 \text{ mm}$$

Diasumsikan $\delta = 0,5$ SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 (2.2)

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5)1,578128 \times 10^8}{0,8 \times 300 \times 339^2} = 2,861 \text{ Mpa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 2,861}{390}} \right) = 0,00780$$

$$\rho' = \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y(dx - d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,5 \cdot 1,578128 \times 10^8}{0,8 \cdot 390 \cdot (339 - 61) \cdot 300 \cdot 339} = 0,00895$$

$$\rho = \rho \delta + \rho' = 0,00780 + 0,00895 = 0,01675$$

ternyata ($\rho_{min} = 0,0036 < \rho < (\rho_{max} = 0,025)$)

maka digunakan $\rho = 0,01675$

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,01675 \times 300 \times 339 = 1703,475 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5 D 22 ($As = 1900,664 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan

$$As_{perlu} \text{ Tulangan tekan} = 0,5 As_{perlu} \text{ Tulangan tarik}$$

$$= 0,5 \times 1703,475$$

$$= 851,738 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 ($A_s = 1140,34 \text{ mm}^2$)

Pada lapangan \rightarrow balok dianggap sebagai balok T palsu

- **Tulangan lapangan**



Tulangan tarik

direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 339 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \times 22) = 61 \text{ mm}$$

Diasumsikan $\delta = 0,3$ SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 (2.2)

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,3)0,53017 \times 10^8}{0,8 \times 300 \times 339^2} = 1,346 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 1,346}{390}} \right) = 0,00355$$

$$\rho' = \frac{\delta.Mu}{\phi.fy(dx-d').b.d} = \frac{0,3.0,53017x10^8}{0,8.390(339-61).300.339} = 0,00180$$

$$\rho = \rho' \delta + \rho' = 0,00355 + 0,00180 = 0,00535$$

ternyata $\rho > (\rho_{min} = 0,0036)$

maka digunakan $\rho = 0,00535$

$$As_{perlu} = \rho.b.dx$$

$$= 0,00535 \times 300 \times 339 = 544,095 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 ($As = 1140,398 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan

$$As_{perlu} \text{ Tulangan tekan} = 0,5 As_{perlu} \text{ Tulangan tarik}$$

$$= 0,5 \times 544,095$$

$$= 272,048 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 22 ($As = 760,265 \text{ mm}^2$)

• Penulangan Lentur Balok Lantai 5

Persyaratan tulangan

• Rasio tulangan balance

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \quad \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \right) \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,034$$

• Rasio tulangan maksimum

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,034 = 0,026$$

- Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$
$$= \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

- Rasio antara baja dan beton

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390}{0.85 \times 30} = 15,29$$

Penulangan lentur sebelum komposit

- Contoh perhitungan

Dimensi balok induk 30/40 cm

Bentang balok induk = 4,2 m (hanya dibebani 2 segitiga)

Dipakai tulangan utama D25 mm, beugel Ø 10 mm

Perhitungan pembebanan

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 2(0,07 \times 2400) = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat overtopping} = 2(0,09 \times 2400) = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat bekisting multiplek} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat scaffolding} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 786 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup = $2 \times 100 \text{ kg/m}^2$ $q = 200 \text{ kg/m}^2$

Beban equivalen yang bekerja pada balok (pelat 400 cm x 420 cm)

$$\begin{aligned} \text{Beban mati} : q_{ek} &= (1/3 q l_x) \times 2 \\ &= (1/3 \times 786 \times 4,2) \times 2 = 2200,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} : q_{ek} &= (1/3 q l_x) \times 2 \\ &= (1/3 \times 200 \times 4,2) \times 2 = 560 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban mati juga mendapatkan tambahan dari berat sendiri balok :

$$q_{ek} = 2200,8 + (0,4 - 0,12) \times 0,30 \times 2400 = 2402,4 \text{ kg/m}$$

Kombinasi pembebanan :

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (2402,4) + 1,6 (560) = 3778,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen lapangan (M)} = \frac{1}{8} q L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 3778,88 \times 4,2^2$$

$$= 8332,4304 \text{ kgm} = 83324,304 \text{ Nm}$$

$$d = 400 - 120 - 40 - (\frac{1}{2} \times 25) = 227,5 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{8,3324304 \times 10^7}{0,8 \times 300 \times 227,5^2} = 6,708 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

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

$$= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 6,708}{390}} \right) = 0,0204$$

$$\text{ternyata } \rho_{min} = 0,0036 < \rho = 0,00897 < \rho_{max} = 0,026$$

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0204 \times 300 \times 227,5$$

$$= 1392,3 \text{ mm}^2$$

Pakai 3D25 (As = 1472,622 mm²)

Penulangan lentur setelah komposit

- Contoh Perhitungan

Dari hasil analisa struktur dengan software SAP 2000 didapatkan nilai momen sebagai berikut :

$$M_{tumpuan} = -17351,24 \text{ Kgm} = 1,735124 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{lapangan} = +7416,13 \text{ Kgm} = 0,741613 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

- **Tulangan tumpuan**

Tulangan tarik

direncanakan menggunakan tulangan D 25

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 337,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

Diasumsikan $\delta = 0,5$ SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 23.3 (2.2)

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5)1,735124 \times 10^8}{0,8 \times 300 \times 337,5^2} = 3,174 \text{ Mpa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,174}{390}} \right) = 0,00872$$

$$\rho' = \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y(dx - d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,5 \cdot 1,735124 \times 10^8}{0,8 \cdot 390(337,5 - 62,5) \cdot 300 \cdot 337,5} = 0,00999$$

$$\rho = \rho \delta + \rho' = 0,00872 + 0,00999 = 0,01871$$

ternyata ($\rho_{\min} = 0,0036 < \rho < \rho_{\max} = 0,025$)

maka digunakan $\rho = 0,01871$

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

$$= 0,01871 \times 300 \times 337,5 = 1894,388 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 D 25 ($As = 1963,495 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan

$$As_{\text{perlu}} \text{ Tulangan tekan} = 0,5 As_{\text{perlu}} \text{ Tulangan tarik}$$

$$= 0,5 \times 1894,388$$

$$= 947,194 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 25 ($As = 981,748 \text{ mm}^2$)

Pada lapangan → balok dianggap sebagai balok T palsu

- **Tulangan lapangan**

Tulangan tarik

direncanakan menggunakan tulangan D 25

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$dx = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 337,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0.5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

Diasumsikan $\delta = 0,3$ SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 (2.2)

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,3)0,741163 \times 10^8}{0,8 \times 300 \times 337,5^2} = 1,898 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 1,898}{390}} \right) = 0,00506$$

$$\rho^* = \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y(dx - d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,3 \cdot 0,741163 \times 10^8}{0,8 \cdot 390(337,5 - 62,5) \cdot 300 \cdot 337,5} = 0,00256$$

$$\rho = \rho \delta + \rho^* = 0,00506 + 0,00256 = 0,00762$$

ternyata $\rho > (\rho_{\min} = 0,0036)$

maka digunakan $\rho = 0,00762$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot dx$

$$= 0,00762 \times 300 \times 337,5 = 771,525 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 25 (As = 1472,622 mm²)

Tulangan tekan

As_{perlu} Tulangan tekan = 0,5 As_{perlu} Tulangan tarik

$$= 0,5 \times 771,525$$

$$= 385,7625 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 25 (As = 981,748 mm²)

7.1.2 Penulangan Stud Balok Induk

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

1. Perencanaan berdasarkan pada gaya geser berfaktor vertical pada penampang yang ditinjau.

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

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

$$\nabla u \leq \phi V nh$$

Dimana *

V_H = gaya geser horizontal berfaktor dari penampang yang ditinjau

V_{nh} = kekuatan geser horizontal nominal

$$\phi = 0.65$$

Menurut SNI 2847 – 2002 pasal 13.10.5 ada tiga kasus yang mungkin terjadi, yaitu :

1. Bila bidang kontaknya bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan, maka kuat geser $V_{nh} \leq 0,6.bv.d$ (Newton)
Bila dipasang sengkang pengikat minimum tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka kuat geser $V_{nh} \leq 0,6.bv.d$ (Newton)
 2. Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan pasal 13.10.6 SNI 2847 – 2002, bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan hingga mencapai tingkat kekasaean penuh dengan tonjolan dan cekungan permukaan kira-kira 5 mm, maka kuat geser $V_{nh} \leq 2,5.bv.d$ (Newton).
 - Kuat geser nominal maksimum yang didasarkan pada beton adalah :
 $1,2.f_c^* . b v . l v h$ atau $5,5.bv.lvh$ (Newton)
jadi dengan kata lain $F_{nh,max} = 1,2.f_c^* . b v . l v h$
 - Luas tulangan geser horizontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Avf} = \frac{Vnh}{\mu_{fv}} \dots \text{SNI 2847 - 2002 pasal 13.4.7}$$

Dimana ?

Avf = luas tulangan geser horizontal

Vnh = gaya geser horizontal nominal

μ = 1 x 1 untuk komposit

- l = 1 untuk beton normal
= 0,85 untuk beton pasir ringan
= 0,75 untuk beton ringan
fy = tegangan leleh tulangan

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

$$S = \frac{Lvh \cdot Ati}{Avi}$$

$$S_{\max} = 4 \times \text{dimensi terkecil elemen yang didukung}$$
$$= 600 \text{ mm}$$

Penulangan geser minimum :

$$Avi_{\min} = \frac{bv.lvh}{3.fy}$$

7.1.2.1 Perhitungan penulangan stud

Stud berfungsi sebagai pengikat antara elemen pracetak dan elemen *cast in place*. Stud harus mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen. Dengan demikian kedua elemen tersebut dapat menjadi suatu elemen yang komposit dalam memikul beban.

- Penulangan Stud di daerah tumpuan

Sejarak 0 sampai $\frac{1}{4}L = 1000 \text{ mm}$

Tulangan tarik = 5 D 22 ($A_s = 1900,664 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan = 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$)

$V_{nh} = T = A_s \times f_y = 1900,664 \times 390 = 741258,96 \text{ N}$

$0,6 \cdot bv \cdot d = 0,6 \times 300 \times 339 = 61020 \text{ N} < V_{nh}$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi ke-2 (dua) bila dipasang sengkang pengikat minimum, tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka :

Geser $V_{nh} \leq 0,6 \cdot bv \cdot d \rightarrow V_{nh} = 61020 \text{ N}$

$$Avi = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y} = \frac{61020}{1 \times 390} = 156,46 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat $\varnothing 10$ ($Ati = 78,5 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{Lvh.Ati}{Avi} = \frac{1000 \times 78,5}{156,46} = 501,7 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SNI 2847 – 2002 pasal 13.10.6.1 :

$$\begin{aligned}S_{\max} &= 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm} \\&= 4 \times 120 = 480 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat Ø 10 – 450 mm

- Penulangan Stud di daerah lapangan

Tulangan tekan = 2 D 22 (As = 760,265 mm²)

Tulangan tarik = 3 D 22 (As = 1140,398 mm²)

$$V_{nh} = T = As \times fy = 760,265 \times 390 = 296503,35 \text{ N}$$

$$0,6.bv.d = 0,6 \times 300 \times 339 = 61020 \text{ N} < V_{nh}$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi ke-2 (dua) bila dipasang sengkang pengikat minimum, tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka :

$$\text{Geser } V_{nh} \leq 0,6.bv.d \rightarrow V_{nh} = 61020 \text{ N}$$

$$Avi = \frac{V_{nh}}{\mu.fy} = \frac{61020}{1 \times 390} = 156,46 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat Ø 10 (Ab = 78,5 mm²)

$$s = \frac{Lvh.Ati}{Avi} = \frac{1000 \times 78,5}{156,46} = 501,7 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SNI 2847 – 2002 pasal 13.10.6.1 :

$$\begin{aligned}S_{\max} &= 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm} \\&= 4 \times 120 = 480 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat Ø 10 – 450 mm

7.1.3 Penulangan Geser dan Torsi

Perencanaan geser dan torsi didasarkan pada SNI 03 – 2847 – 2002 bab 13 tentang geser dan puntir, garis besarnya sebagai berikut :

- Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan :

$$Vu \leq \Phi V_n \dots \dots \dots \text{ SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.1 (1)}$$

Dengan V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kuat geser nominal yang dihitung dari :

$$V_n = V_c + V_s$$

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 tulangan geser

- Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$T_u \leq \Phi T_n \dots \dots \dots \text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal } 13.6 (5)$

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2 A_0 A_t f_{yy}}{s} \cot \theta$$

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 disumbang oleh beton

T_s = kuat momen torsi nominal tulangan geser

A_0 = luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm^2

A_t = luas satu kakisengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak s , mm^2

f_{yy} = kuat leleh tulangan sengkang torsi, Mpa

s = spasi tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm

$$T_{u_{min}} = \frac{\Phi \sqrt{f_c}}{12} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \dots \dots \text{SNI } 03-2847-2002 \text{ pasal } 13.6 (2.2.a)$$

dimana :

Φ = faktor reduksi kekuatan

f_c' = kuat tekan beton, Mpa

A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2

p_{cp} = keliling luar penampang beton, mm

Contoh Perhitungan

Perhitungan balok induk 30/40

Dari output program SAP 2000 dipergunakan nilai yang paling kritis untuk penulangan geser dan torsi.

- $V_u = 94003,3 \text{ N}$
- $T_u = 839,22 \text{ kgm} = 8,3922 \times 10^6 \text{ Nmm}$

Direncanakan dengan daktilitas parsial :

Dipakai diameter tulangan geser 10 mm

$$d = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 339 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

- **Torsi maksimum yang mampu dipikul penampang**

$$T_{U\max} = Q \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{3} \cdot \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \quad \dots \dots \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 13.6 (2.2.a)}$$

$$T_{U\max} = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{30}}{3} \left(\frac{120000^2}{1400} \right)$$

$$T_{U\max} = 15023247,29 \text{ Nmm} > 8392200 \text{ Nmm}$$

Jadi torsi dapat diabaikan dan hanya dilakukan perhitungan geser saja

- **Kebutuhan tulangan geser**

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \cdot b \cdot w \cdot d \quad \dots \dots \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 13.3 (1.1)}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 300 \times 339 = 106805,9 \text{ N}$$

$$\text{OVc} = 0,6 \times 106805,9 = 64083,54 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \times \text{OVc} = 32041,76 \text{ N}$$

$$Vu > \text{OVc}$$

$$94003,3 \text{ N} > 64083,54 \text{ N}, \text{ maka}$$

Dipakai tulangan geser minimum..... SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 13.5(5.3)

$$s = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b w} \text{ dimana:}$$

A_v = Luas tulangan geser D 10

$$s = \frac{3.157,08.390}{300} = 612,612 \text{ mm}$$

Pada lokasi disepanjang d dari muka kolom spasi maksimum (tumpuan) tulangan geser tidak boleh melebihi nilai dari (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5(5.3)) :

- $\frac{d}{2} = \frac{339}{2} = 169,5 \text{ mm}$

- $10 \times \text{diameter tulangan lateral} = 10 \times 22 = 220 \text{ mm}$
- $24 \times \text{diameter tulangan geser} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
- 300 mm

Pada lokasi diluar jarak d dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5(5.3)) :

- $\frac{d}{2} = \frac{339}{2} = 169,5 \text{ mm}$

- 600 mm

Dari pembatasan diatas diambil tulangan geser :

Pada tumpuan digunakan Ø 10 – 150

Pada lapangan digunakan Ø 10 – 200

7.1.4 Panjang Penyaluran

- a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SNI 03 – 2847 – 2002 14.2(2) Tabel 11

- Batang D – 22 dan lebih besar

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f_c}}$$

dimana :

λ_d = panjang penyaluran, mm

d_b = diameter nominal batang tulangan

f_y = kuat leleh tulangan non prategang, Mpa

f_c' = kuat tekan beton. Mpa

α = faktor lokasi penulangan, diambil $\alpha = 1,3$

β = faktor pelapis, diambil $\beta = 1,0$

λ = faktor beton agregat ringan, diambil $\lambda = 1,0$

$$\lambda_d = \frac{3 \cdot 390 \cdot 1,3 \cdot 1,0}{5\sqrt{30}}$$

$\lambda_d = 55,539$ mm, karena λ_d tidak boleh kurang dari 300 mm maka diambil $\lambda_d = 300$ mm

- b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SNI 03 – 2847 – 2002 14.3(2)

$$\lambda_{db} = \frac{d_b}{4} \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}, \text{ tetapi tidak kurang dari } 0,04 \cdot d_b f_y$$

$$\lambda_{db} = \frac{10 \cdot 390}{4 \cdot \sqrt{30}} = 178,01, \text{ tidak kurang dari } 0,04 \times 22 \times 390 = 343,2$$

λ_d tidak boleh kurang dari 200 mm, dipakai $\lambda_d = 350$ mm.

7.1.5 Pengangkatan Elemen Balok

Balok induk diproduksi secara pracetak dilokasi, sehingga perlu dikontrol pada saat pengangkatan.

$$Y_t = Y_b = 14 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 30 \times 28^3 = 54880 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 19 \text{ cm}$$

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

$$x = \frac{1 + \frac{4 \cdot 19}{420 \cdot \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{14}{14} \left(1 + \frac{4 \cdot 19}{420 \cdot \tan 45} \right)} \right]} = 0,24$$

$$x \cdot L = 0,24 \times 420 = 100,8 \text{ cm}$$

beban yang bekerja pada balok :

- berat sendiri : $0,3 \times 0,28 \times 2400 = 201,6 \text{ kg/m}$

momen yang terjadi:

$$\text{untuk beton fr} = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,834 \text{ Mpa (PBI' 89 pasal 9.5.2.3)}$$

Momen lapangan

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

$$M = \frac{201,6 \cdot 4,2^2}{8} \left(1 - 4 \cdot 0,24 + \frac{4 \cdot 0,19}{4,2 \cdot \tan 45} \right) = 98,220 \text{ kgm} = 0,9822 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{0,9822 \times 10^6}{1/6 \times 300 \times 280^2}$$
$$= 0,251 \text{ Mpa} < \text{fr} = 3,834 \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Momen tumpuan

$$M = \frac{1}{2} w x^2 L^2 = \frac{1}{2} \times 201,6 \times 0,24^2 \times 4,2^2 = 102,419 \text{ kgm} = 1,02419 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{1,02419 \times 10^6}{1/6 \times 300 \times 280^2}$$
$$= 0,261 \text{ Mpa} < \text{fr} = 3,834 \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Tulangan angkat :

Diperhitungkan terhadap koefisien kejut = 1,2

$$V_u = \frac{1}{2} (1,2 \times 1,2 \times 201,6 \times 4,2) = 609,638 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 pasal 2.2.2, untuk baja bertulang mutu U 39

$$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3900}{1,5} = 2600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{4V_u}{\sigma_{ijm} \pi}}$$
$$\geq \sqrt{\frac{4 \cdot 609,638}{2600 \cdot \pi}} = 0,546 \text{ cm}$$

dipergunakan tulangan angkat $\varnothing 10 \text{ mm}$

7.1.6 Kontrol Pengecoran Balok

Pengecoran balok ke struktur dilaksanakan pada saat beton berumur 7 hari. Beton umur 7 hari = $0,65 f_c' = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ MPa}$.

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{19,5} = 3,09 \text{ MPa}$$

Beban yang bekerja :

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat overtopping} = 0,075 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 348 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup

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

Beban equivalen yang bekerja pada balok (pelat 400 cm x 420 cm)

$$\begin{aligned}\text{Beban mati} : q_{ek} &= (1/3 q l x) \times 2 \\ &= (1/3 \times 348 \times 4,2) \times 2 = 974,4 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban hidup} : q_{ek} &= (1/3 q l x) \times 2 \\ &= (1/3 \times 100 \times 4,2) \times 2 = 280 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban mati juga mendapatkan tambahan dari berat sendiri balok :

$$Wdl = 974,4 + (0,4 - 0,12) \times 0,30 \times 2400 = 1176 \text{ kg/m}$$

$$Wll = 280 \text{ kg/m}$$

Kombinasi pembebanan :

$$\begin{aligned}W_u &= 1,2 Wdl + 1,6 Wll \\ &= 1,2 (1176) + 1,6 (280) = 1859,2 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$W = (1/6) \times 4200 \times 400^2 = 112000000 \text{ mm}^3$$

$$Mu = \frac{1}{8} W_u L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1859,2 \times 4,2^2$$

$$= 4099,536 \text{ kgm} = 40995360 \text{ Nmm}$$

Tegangan yang diakibatkan pengecoran :

$$fr = \frac{Mu}{Wu} = \frac{40995360}{112000000} = 0,366 \text{ MPa} < fr = 3,09 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

7.1.7 Kontrol Lendutan

Sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 tabel 8, syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

- Balok dengan dua tumpuk $h_{min} = \frac{L}{16} \cdot 0,4 + \frac{f_y}{700}$
 - Balok dengan satu ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{18,5} \cdot 0,4 + \frac{f_y}{700}$
 - Balok dengan kedua ujung menerus $h_{min} = \frac{L}{21} \cdot 0,4 + \frac{f_y}{700}$
 - Balok kantilever $h_{min} = \frac{L}{8} \cdot 0,4 + \frac{f_y}{700}$

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

7.1.8 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 diporposikan sedemikian hingga nilai Z yang diberikan oleh

$$Z = fs \times \sqrt[3]{dc \times A} \quad \dots \quad \text{SNI 03-2847-2002 (12.6(4))}$$

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

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja. f_s dapat

diamond 0.6 fv

$$= 0.6 \times 390 \text{ MPa} = 234 \text{ MPa}$$

dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar kepusat batang tulangan (decking + \varnothing sengkang+ setengah \varnothing tulangan)

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

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

- Untuk daerah lapangan

$$A = \frac{b \cdot (2 \cdot dc)}{\gamma_{bc}} \text{ dimana } \gamma_{bc} = \text{banyak tulangan pada sisi yang tertarik}$$

$$= \frac{0,4 \times (2 \times 0,061)}{4} = 0,0122 \text{ m}^2$$

$$Z = 234 \times \sqrt[3]{0,061 \times 0,0122} = 21,205 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- Untuk daerah tumpuan

$$A = \frac{b \cdot (2 \cdot dc)}{\gamma_{bc}} \text{ dimana } \gamma_{bc} = \text{banyak tulangan pada sisi yang tertarik}$$

$$= \frac{0,4 \times (2 \times 0,061)}{2} = 0,0244 \text{ m}^2$$

$$Z = 234 \times \sqrt[3]{0,061 \times 0,0244} = 26,717 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \dots \text{OK}$$

7.1.9 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 pra-cetak perlu dilakukan kontrol guling.

- Momen pengguling

- Beban dari pelat :

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pekerja} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$Qu = 1,2 \cdot 168 + 1,6 \cdot 250 = 601,6 \text{ kg/m}^2$$

- Beban eqivalen (trapesium) :

$$q_d = \frac{1}{3} \cdot 601,6 \cdot 4 = 802,133 \text{ kg/m}$$

$$Vg = 802,133 \times 4 = 3208,533 \text{ kg}$$

$$Hg = 0,1 \times 3208,533 = 320,853 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(asumsi)}$$

$$\text{Momen guling} = (3208,533 \times 30) + (320,853 \times 380) = 218180,13 \text{ kgmm}$$

- Momen penahan

Beban balok induk

$$W = 2400 \times 0,3 \times 0,38 \times 4 = 1094,4 \text{ kg}$$

Momen penahan = $1094,4 \times 280 = 306432 \text{ kgmm}$

Momen penahan > Momen guling OK!

7.2 BALOK PRATEKAN

7.2.1. Tinjauan umum

Perencanaan struktur utama meliputi pendetailan penampang serta penulangan dari struktur beton gedung, yang meliputi balok pratekan, balok induk, serta kolom-kolom utama. Gaya-gaya dalam diperoleh dari analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

7.2.2. Perencanaan balok pratekan

Dalam perencanaan balok pratekan pada Gedung Hotel Pasifik Balikpapan ini, direncanakan dengan sistem pasca-tarik (*post tensioning*) yaitu sistem pratekan dimana kabel ditarik setelah beton mengeras. Jadi tendon pratekan diangkurkan pada beton tersebut segera setelah gaya prategang diberikan. Cara ini biasanya dipakai pada elemen-elemen beton yang dicetak di tempat.

Pada umumnya pelaksanaan sistem prategang ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Tendon dimasukkan kedalam selubung tendon (*duct*), dan angkur diletakkan diujung tendon.
2. Tendon dan selubung tendon ditempatkan pada bekisting dan diikatkan pada posisinya dengan cara seperti tulangan biasa. Meletakkan tulangan lunak/biasa, sengkang, dll.
3. Beton dituang dan dilakukan curing sampai kekuatannya cukup untuk dilakukan penarikan pada tendon.
4. Tendon ditarik dengan menggunakan jack hidrolik. Angkur ujung diatur untuk mengalihkan gaya prategang ke dalam beton.
5. Ruang kosong di sekeliling tendon *digROUTING*.
6. Angkur dilapisi dengan lapisan pelindung.

Walaupun prosedur diatas adalah cara yang umum, banyak cara pelaksanaan lain yang digunakan sesuai dengan kondisi yang ada. Pelaksanaan sistem-sistem yang berlainan ini biasanya sesuai dengan tipe tendon yang akan dikerjakan.

Prosedur untuk mendesain pratekan meliputi :

1. Penentuan besarnya gaya pratekan awal.
2. Perhitungan kehilangan gaya pratekan.
3. Penentuan gaya jacking yang dibutuhkan.
4. Kontrol tegangan yang terjadi.
5. Kontrol lendutan.
6. Perhitungan kekakuan ultimate beton pratekan.
7. Perhitungan gaya geser balok pratekan.
8. Perhitungan geser horisontal.

Perhitungan :

Tegangan ijin beton pratekan :

$$f_{c'} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{ci} = 0,88f_{c'} = 0,88 \times 40 = 35,2 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin beton sesaat sesudah penyaluran gaya prategang :

- Tegangan tekan : $\sigma_{ct} = 0,6f_{ci}$ SNI 03-2847-2002 pasal 20.4.1 (1)

$$\sigma_{ct} = 0,6 \times 35,2 = 21,1 \text{ MPa}$$

- Tegangan tarik : $\sigma_{cu} = \frac{1}{4}\sqrt{f_{ci}}$ SNI 03-2847-2002 pasal 20.4.1 (2)

$$\sigma_{cu} = \frac{1}{4}\sqrt{35,2} = 1,5 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin beton sesaat sesudah kehilangan prategang :

- Tegangan tekan : $\sigma_{ct} = 0,45f_{c'}$ SNI 03-2847-2002 pasal 20.4.2 (1)

$$\sigma_{ct} = 0,45 \times 40 = 18 \text{ MPa}$$

- Tegangan tarik : $\sigma_{cu} = \frac{1}{2}\sqrt{f_{ci}}$ SNI 03-2847-2002 pasal 20.4.2 (3)

$$\sigma_{cu} = \frac{1}{2}\sqrt{40} = 3,2 \text{ MPa}$$

Dimensi penampang :

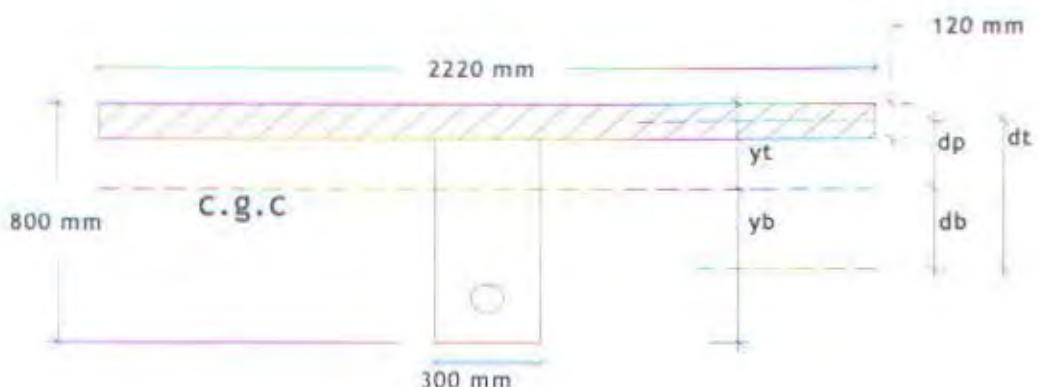
Direncanakan awal penampang ialah 30/80

Nilai lebar efektif (diambil yang terkecil) :

$$be_1 = \frac{1}{4}L = \frac{1}{4} \cdot 12600 = 3150 \text{ mm}$$

$$be_2 = bw + 16t = 300 + (16 \times 120) = 2220 \text{ mm}$$

Diambil $be = 2220 \text{ mm}$



Gb.7.4 Penampang Balok Pratekan

$$Ec \text{ pelat} = 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{30} = 25743 \text{ MPa}$$

$$Ec \text{ balok} = 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{40} = 29725 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{Ec_{balok}}{Ec_{pelat}} = \frac{29725}{25743} = 1,115$$

$$dt = \frac{800 - 120}{2} + \frac{120}{2} = 400 \text{ mm}$$

Luas penampang balok :

$$A_{pelat} = \frac{bext}{n} = \frac{2220 \times 120}{1,115} = 230709,17 \text{ mm}^2$$

$$A_{balok} = 300 \times (800 - 120) = 204000,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = 434709,17 \text{ mm}^2$$

Statis momen pada garis netral pelat :

$$A_{balok} \times dt = A_t \times dp$$

$$dp = \frac{A_{balok} \times dt}{A_t} = \frac{204000 \times 400}{434709,17} = 187,712 \text{ mm}$$

$$db = dt - dp = 400 - 187,712 = 212,288 \text{ mm}$$

$$yt = dp + \frac{t}{2} = 187,712 + \frac{120}{2} = 247,712 \text{ mm}$$

$$yb = h - yt = 800 - 247,712 = 552,288 \text{ mm}$$

$$I_{komp} = \frac{1}{12} bh^3 + A_{balk} db^2 + \frac{1}{12} \frac{be}{n} t^3 + A_{pelat} dp^2$$

$$= \frac{1}{12} x 300x(800-120)^3 + 204000x212,288^2 + \frac{1}{12} \frac{2220}{1,115} 120^3 + 230709,17x187,712^2$$

$$= 2,55 \text{ E}10 \text{ mm}^4$$

$$Wt = \frac{I}{yt} = \frac{2,55E10}{247,712} = 102942126,3 \text{ mm}^3$$

$$Wb = \frac{I}{yb} = \frac{2,55E10}{552,288} = 46171562,66 \text{ mm}^3$$

$$Kt = \frac{Wb}{At} = \frac{46171562,66}{434709,17} = 106,213 \text{ mm}^3$$

$$Kb = \frac{Wt}{At} = \frac{102942126,3}{434709,17} = 236,807 \text{ mm}^3$$

7.2.2.1 Perhitungan daerah limit kabel

Perhitungan balok pratekan lantai 6 :

$F_i = 2500 \text{ KN}$

$F = 2000 \text{ KN}$ (*Lump sum Loss Of Prestress* $\pm 20\%$)

$M_{min} = 207043282,3 \text{ Nmm}$

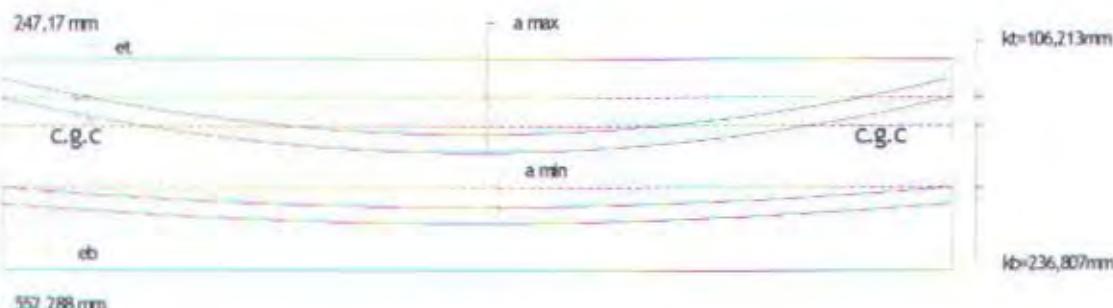
$M_{max} = 416250000 \text{ Nmm}$

$$a_{max} = \frac{M_{max}}{F_i} = \frac{416250000}{2000000} = 208,125 \text{ mm}$$

$$a_{min} = \frac{M_{min}}{F_i} = \frac{207843282,3}{2500000} = 83,137 \text{ mm}$$

$$eb = \frac{\sigma_n AKb}{F_i} = \frac{1,5x434709,17x236,807}{2500000} = 61,765 \text{ mm}$$

$$et = \frac{\sigma_{ts} AKt}{F} = \frac{3,2x434709,17x106,213}{2000000} = 73,875 \text{ mm}$$



Gb. 7.5 Daerah Limit Kabel

Pada perencanaan balok pratekan ini dipakai :

eo lapangan = 300 mm

eo tumpuan = 150 mm

7.2.2.2 Perhitungan kehilangan pratekan

Perhitungan Kehilangan Pratekan Langsung

1. Kehilangan pratekan akibat slip angkur

$$F_i = 2500 \text{ KN}$$

$$A_{ps} = 1975 \text{ mm}^2$$

$$E_{ps} = 27000000 \text{ psi} = 186300 \text{ MPa}$$

$$f_{ps} = \frac{F_i}{A_{ps}} = \frac{2500000}{1975} = 1265,82 \text{ MPa}$$

Karakteristik untuk 7 wire strands yang direncanakan adalah :

$$\mu = 0,2$$

$$K = 0,0016/\text{m}$$

$$g = 0,8 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{8f}{L} = \frac{8 \times 343,02}{12600} = 0,218 \text{ rad}$$

jarak slip angker yang diperhitungkan :

$$x = \sqrt{\frac{E_{ps}g}{f_{ps}\left(\frac{\mu\alpha}{L} + K\right)}} = \sqrt{\frac{186300 \times 0,8}{1265,82 \left(0,20 \times 0,218 \over 12600 + 0,0000016\right)}} = 4823,659 \text{ N}$$

Penurunan tegangan slip angker :

$$\Delta f_{ps} = 2 \cdot f_{ps} \left(\mu \cdot \frac{\alpha}{L} + K \right) \cdot x = 2 \times 1265,82 \left(0,20 \frac{0,218}{12600} + 0,0000016 \right) \times 4823,659$$

$$= 61,795 \text{ N/mm}^2$$

Kehilangan pratekan akibat slip angker :

$$\Delta F = \Delta f_{ps} \times A_{ps} = 61,795 \times 1975 \\ = 122045,125 \text{ N} = 122,045 \text{ kN} \quad (4,88\%)$$

2. Kehilangan pratekan akibat gesekan dan *Wobble effect*

$$F = F_i e^{-(u\alpha + K_L)} = 2500 \times e^{-(0.20 \times 0.218 + 0.0000016 \times 12600)} = 2500 \times e^{-0.06376} \\ = 2345,575 \text{ kN}$$
$$\Delta F = 2500 - 2345,575 = 154,425 \text{ kN} \quad (6,18\%)$$

Perhitungan Kehilangan Pratekan Tak Langsung

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$t = 120 \text{ mm}$$

$$be = 2220 \text{ mm}$$

$$A = 434709,17 \text{ mm}^2$$

$$A_{ps} = 1975 \text{ mm}^2 \quad (\text{VSL grade 270 k, E5 - 22- 20 strands})$$

$$F_{ijm} = 578,2 \text{ ksi} = 2571,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V}{S} = \frac{434709,17}{2(120+680)+300+2220+(2220-300)} = 71,972 \text{ mm} = 2,836 \text{ in}$$

Maka : SCF = 0,89

$$MCF = 0,74$$

$$Ec = 29725 \text{ Mpa} = 4308029 \text{ psi}$$

$$UCR = 95 - 20 \frac{Ec}{10^6} = 95 - 20 \frac{4308029}{10^6} = 8,84 \quad \text{dipakai UCR} = 11$$

$$USH = 27000 - 3000 \frac{Ec}{10^6} = 27000 - 3000 \frac{4308029}{10^6} = 14076 \text{ psi} > 120000 \text{ psi} \\ = 97,12 \text{ Mpa}$$

Tahap I

Mulai dari akhir *curing* atau awal transfer gaya prategang sampai dengan dua hari setelah transfer prategang,

Relaksasi :

$$t_1 = 1/24 \text{ hari} \quad t_2 = 2 \text{ hari}$$

Digunakan tendon prategang tipe VSL grade 270 k, $f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$

$$F_i = 2500 \text{ kN} < F_{ijm} = 2571,8 \text{ kN}$$

$$f_u = \frac{F_i}{A_{ps}} = \frac{2500000}{1975} = 1265,82 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{f_{py}} = \frac{f_u}{0,85 \cdot f_{pu}} = \frac{1265,82}{0,85 \times 1860} = 0,80$$

$$\text{syarat } f_u/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$$

$$0,8 - 0,55 = 0,25 \quad \text{Ok !!!}$$

$$\begin{aligned} RET_1 &= f_{st} \left[\frac{\log 24t_2 - \log 24t_1}{45} \right] \times \left(\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right) \\ &= 1265,82 \left[\frac{\log 24,2 - \log 24,124}{45} \right] \times (0,80 - 0,55) = 11,82 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kehilangan gaya prategang akibat rangkak dan susut relatif kecil untuk waktu yang pendek, sehingga diabaikan. $CR_I = SH_I = 0$

$$\begin{aligned} f_{stI} &= f_{st} - (RET_1 + CR_I + SH_I) \\ &= 1265,82 - (11,82 + 0 + 0) = 1254 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$F_1 = f_{stI} \times A_{ps} \times 0,001 = 1254 \times 1975 \times 0,001 = 2476,65 \text{ kN}$$

$$\% \text{ loss} = \frac{F_i - F_1}{F_i} \times 100\% = \frac{2500 - 2476,65}{2500} \times 100\% = 0,93\%$$

Tahap II

Mulai akhir tahap I sampai dengan 28 hari.

$$t_1 = 2 \text{ hari} \quad t_2 = 28 \text{ hari}$$

$$f_{stI} = 1254 \text{ MPa}$$

$$F_i = f_{stI} \times A_{ps} = 1254 \times 1975 = 2476650 \text{ N} = 2476,65 \text{ kN}$$

Relaksasi

$$\frac{f_{stI}}{f_{py}} = \frac{f_{stI}}{0,85 \cdot f_{pu}} = \frac{1254}{0,85 \times 1860} = 0,79$$

$$\text{syarat } f_{stI}/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$$

$$0,79 - 0,55 = 0,24 \quad (\text{memenuhi syarat!})$$

$$RET_2 = f_{st} \left[\frac{\log 24t_2 - \log 24t_1}{45} \right] \times \left(\frac{f_u}{f_{py}} - 0,55 \right)$$

$$= 1254 \left[\frac{\log 24.28 - \log 24.2}{45} \right] \times (0.79 - 0.55) = 7,67 \text{ MPa}$$

Rangkak

$$PCR_2 = AUC_{(28 \text{ hari})} - AUC_{(2 \text{ hari})} = 0,34 - 0,15 = 0,19$$

$$fc_2 = \frac{F_i}{At} + \frac{F_i e^2}{I} - \frac{M_{max} e}{I}$$
$$= \frac{2476650}{434709,17} + \frac{2476650 \times 300^2}{2,55E+10} - \frac{207043282,3 \times 300}{2,55E+10} = 12,003 \text{ MPa}$$

$$Ec = 29725 \text{ MPa} = 4308029 \text{ psi}$$

$$UCR_2 = 90 - \frac{20 \times Ec}{10^6} = 90 - \frac{20 \times 4308029}{10^6} = 3,84 \text{ psi} \geq 11 \text{ psi}$$

maka dipakai $UCR_2 = 11 \text{ psi} = 0,076 \text{ MPa}$

$$CR_2 = UCR_2 \times SCF_2 \times MCF_2 \times PCR_2 \times fc_2$$
$$= 0,076 \times 0,89 \times 0,74 \times 0,19 \times 12,003 = 0,114 \text{ Mpa}$$

Susut

$$PSH_2 = AUS_{(28 \text{ hari})} - AUS_{(2 \text{ hari})} = 0,408 - 0,120 = 0,288$$

$$USH_2 = \frac{3000 \times Ec}{10^6} = \frac{3000 \times 4308029}{10^6}$$
$$= 14075,91 \text{ psi} = 97,12 \text{ MPa}$$

$$SSF_2 = 0,88$$

$$SH_2 = USH_2 \times SSF_2 \times PSH_2 = 97,12 \times 0,88 \times 0,19 = 16,238 \text{ MPa}$$

$$f_{st2} = f_{st1} - (RET_2 + CR_2 + SH_2) = 1254 - (7,67 + 0,114 + 16,238) = 1229,978 \text{ MPa}$$

$$F2 = fst_2 \times Aps \times 0,001 = 1229,978 \times 1975 \times 0,001 = 2429,207 \text{ kN}$$

$$\% loss = \frac{F_i - F2}{F_i} \times 100\% = \frac{2500 - 2429,207}{2500} \times 100\% = 2,83\%$$

Tahap III

Mulai akhir tahap II sampai dengan 56 hari.

$$t_1 = 28 \text{ hari} \quad t_2 = 56 \text{ hari}$$

$$f_{st2} = 1229,997 \text{ MPa}$$

$$F_i = f_{st2} \times Aps = 1229,978 \times 1975 = 2429206,55 \text{ N} = 2429,206 \text{ kN}$$

Relaksasi

$$\frac{f_{st2}}{f_{py}} = \frac{f_{st2}}{0,85 \cdot f_{pu}} = \frac{1229,978}{0,85 \times 1860} = 0,78$$

syarat $f_{st2}/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$

$$0,78 - 0,55 = 0,23 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} RET_3 &= f_{st2} \left[\frac{\log 24t_2 - \log 24t_1}{45} \right] \times \left(\frac{f_n}{f_m} - 0,55 \right) \\ &= 1229,978 \left[\frac{\log 24,56 - \log 24,28}{45} \right] \times (0,78 - 0,55) = 1,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Rangkak

$$PCR_3 = AUC_{(56 \text{ hari})} - AUC_{(28 \text{ hari})} = 0,437 - 0,340 = 0,097$$

$$\begin{aligned} fc_3 &= \frac{F_i}{At} + \frac{F_i e^2}{I} - \frac{M_{\max} \cdot e}{I} \\ &= \frac{2429206}{434709,17} + \frac{2429206 \times 300^2}{2,55E+10} - \frac{207043282,3 \times 300}{2,55E+10} = 11,726 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$SCF_3 = 0,89$$

$$UCR_3 = 0,076 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} CR_3 &= UCR_3 \times SCF_3 \times MCF_3 \times PCR_3 \times fc_3 \\ &= 0,076 \times 0,89 \times 0,74 \times 0,097 \times 11,726 = 0,057 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Susut

$$PSH_3 = AUS_{(56 \text{ hari})} - AUS_{(28 \text{ hari})} = 0,533 - 0,408 = 0,125$$

$$USH_3 = 97,12 \text{ MPa}$$

$$SSF_3 = 0,88$$

$$SH_3 = USH_3 \times SSF_3 \times PSH_3 = 97,12 \times 0,88 \times 0,125 = 10,683 \text{ MPa}$$

$$f_{st3} = f_{st2} - (RET_3 + CR_3 + SH_3) = 1229,978 - (1,89 + 0,057 + 10,683) = 1217,348 \text{ MPa}$$

$$F3 = fst_3 \times Aps \times 0,001 = 1217,348 \times 1975 \times 0,001 = 2404,262 \text{ kN}$$

$$\% loss = \frac{F_1 - F_3}{F_1} \times 100\% = \frac{2500 - 2404,262}{2500} \times 100\% = 3,83\%$$

Tahap IV

Mulai akhir tahap III sampai dengan 365 hari.

$$t_1 = 56 \text{ hari}$$

$$t_2 = 365 \text{ hari}$$

$$f_{st3} = 1217,348 \text{ MPa}$$

$$F_t = f_{st3} \times A_{ps} = 1217,348 \times 1975 = 2404262 \text{ N} = 2404,262 \text{ kN}$$

Relaksasi

$$\frac{f_{st3}}{f_{py}} = \frac{f_{st3}}{0,85 \cdot f_{pu}} = \frac{1217,348}{0,85 \times 1860} = 0,77$$

$$\text{syarat } f_{st3}/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$$

$$0,77 - 0,55 = 0,22 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} RET_4 &= f_{st3} \left[\frac{\log 24J_2 - \log 24J_1}{45} \right] \times \left(\frac{f_{st3}}{f_{py}} - 0,55 \right) \\ &= 1217,348 \left[\frac{\log 24,365 - \log 24,56}{45} \right] \times (0,77 - 0,55) = 4,845 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Rangkak

$$PCR_4 = AUC_{(365 \text{ hari})} - AUC_{(56 \text{ hari})} = 0,74 - 0,437 = 0,303$$

$$\begin{aligned} fc_4 &= \frac{F_t}{At} + \frac{F_t \cdot e^2}{I} - \frac{M_{\min} \cdot e}{I} \\ &= \frac{2404262}{434709,17} + \frac{2404262 \times 300^2}{2,55E+10} - \frac{207043282,3 \times 300}{2,55E+10} = 11,58 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$SCF_4 = 0,89$$

$$UCR_4 = 0,076 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} CR_4 &= UCR_4 \times SCF_4 \times MCF_4 \times PCR_4 \times fc_4 \\ &= 0,076 \times 0,89 \times 0,74 \times 0,303 \times 11,58 = 0,175 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Susut

$$PSH_4 = AUS_{(365 \text{ hari})} - AUS_{(56 \text{ hari})} = 0,86 - 0,530 = 0,330$$

$$USH_4 = 97,12 \text{ MPa}$$

$$SSF_4 = 0,88$$

$$SH_4 = USH_4 \times SSF_4 \times PSH_4 = 97,12 \times 0,88 \times 0,330 = 28,2 \text{ MPa}$$

$$f_{st4} = f_{st3} - (RET_4 + CR_4 + SH_4) = 1217,348 - (4,845 + 0,175 + 28,2) = 1184,128 \text{ MPa}$$

$$F4 = f_{st4} \times A_{ps} \times 0,001 = 1184,128 \times 1975 \times 0,001 = 2338,653 \text{ kN}$$

$$\% loss = \frac{F_t - F4}{F_t} \times 100\% = \frac{2500 - 2338,653}{2500} \times 100\% = 6,45\%$$

Tahap V

Mulai akhir tahap IV sampai dengan 20 tahun.

$$t_1 = 365 \text{ hari} \quad t_2 = 20 \text{ tahun}$$

$$f_{st4} = 1184,128 \text{ MPa}$$

$$F_t = f_{st4} \times A_{py} = 1184,128 \times 1975 = 2338652,8 \text{ N} = 2338,653 \text{ kN}$$

Relaksasi

$$\frac{f_{st4}}{f_{py}} = \frac{f_{st4}}{0,85 \cdot f_{py}} = \frac{1184,128}{0,85 \times 1860} = 0,748$$

$$\text{syarat } f_{st4}/f_{py} - 0,55 \geq 0,05$$

$$0,748 - 0,55 = 0,198 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} RET_5 &= f_{st4} \left[\frac{\log 24t_2 - \log 24t_1}{45} \right] \times \left(\frac{f_{st4}}{f_{py}} - 0,55 \right) \\ &= 1184,128 \left[\frac{\log 247300 - \log 24365}{45} \right] \times (0,748 - 0,55) = 6,778 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Rangkak

$$PCR_5 = AUC_{(7300 \text{ hari})} - AUC_{(365 \text{ hari})} = 1,000 - 0,740 = 0,260$$

$$\begin{aligned} f_{C5} &= \frac{F_t}{At} + \frac{F_t \cdot e^2}{I} - \frac{M_{\min} \cdot e}{I} \\ &= \frac{2338652,8}{434709,17} + \frac{2338652,8 \times 300^2}{2,55E+10} - \frac{207043282,3 \times 300}{2,55E+10} = 11,198 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$SCF_5 = 0,89$$

$$UCR_5 = 0,076 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} CR_5 &= UCR_5 \times SCF_5 \times MCF_5 \times PCR_5 \times f_{C5} \\ &= 0,076 \times 0,89 \times 0,74 \times 0,260 \times 11,198 = 0,145 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Susut

$$PSH_5 = AUS_{(7300 \text{ hari})} - AUS_{(365 \text{ hari})} = 1,000 - 0,860 = 0,140$$

$$USH_5 = 97,12 \text{ MPa}$$

$$SSF_5 = 0,88$$

$$SH_5 = USH_5 \times SSF_5 \times PSH_5 = 97,12 \times 0,88 \times 0,140 = 11,965 \text{ MPa}$$

$$f_{st5} = f_{st4} - (RET_5 + CR_5 + SH_5) = 1184,128 - (6,778 + 0,145 + 11,965) = 1165,24 \text{ MPa}$$

$$F5 = f_{st5} \times Aps \times 0,001 = 1165,24 \times 1975 \times 0,001 = 2301,349 \text{ kN}$$

$$\% loss = \frac{Fi - F5}{Fi} \times 100\% = \frac{2500 - 2301,349}{2500} \times 100\% = 7,94\%$$

Kehilangan tak langsung total seluruh tahap adalah:

$$\Delta F_{\text{tak langsung}} = 2500 - 2301,349 = 198,651 \text{ kN}$$

Maka kehilangan gaya prategang total,

$$\begin{aligned}\Delta F_{\text{total}} &= \Delta F_{\text{langsung}} + \Delta F_{\text{tak langsung}} \\ &= 277,47 + 198,651 = 476,121 \text{ kN}\end{aligned}$$

Prosentase kehilangan gaya prategang:

$$\frac{\Delta F}{Fi} = \frac{476,121}{2500} \times 100\% = 19,04\% \quad (\text{memenuhi syarat!, dibawah perkiraan awal } 20\%)$$

7.2.2.3 Kontrol tegangan

Saat Transfer :

$$\begin{aligned}f_t &= \frac{Fi}{A} - \frac{Fe}{Wt} + \frac{M_{\text{min}}}{Wt} = \frac{2500000}{434709,17} - \frac{2500000 \times 300}{102942126,3} + \frac{207043282,3}{102942126,3} \\ &= 5,75 - 7,28 + 2,01 = 0,48 \text{ MPa} > -1,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_b &= \frac{Fi}{A} + \frac{Fe}{Wh} - \frac{M_{\text{max}}}{Wh} = \frac{2500000}{434709,17} + \frac{2500000 \times 300}{46171562,66} - \frac{207043282,3}{46171562,66} \\ &= 5,75 + 16,24 - 4,48 = 17,5 \text{ MPa} \leq 21,1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Saat Service :

$$\begin{aligned}f_t &= \frac{F}{A} - \frac{Fe}{Wt} + \frac{M_{\text{max}}}{Wt} \\ &= \frac{2000000}{434709,17} - \frac{2000000 \times 300}{102942126,3} + \frac{416250000}{102942126,3} \\ &= 4,6 - 4,04 + 5,82 = 6,38 \text{ MPa} \leq 18 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_b &= \frac{F}{A} + \frac{Fe}{Wh} - \frac{M_{\text{max}}}{Wh} \\ &= \frac{2000000}{434709,17} + \frac{2000000 \times 300}{46171562,66} - \frac{416250000}{46171562,66}\end{aligned}$$

$$= 4,6 + 10,995 - 11,01 = 0,615 \text{ MPa} > -3,2 \text{ MPa}$$

Distribusi Tegangan saat transfer:



Distribusi Tegangan saat service:



Gb.7.6 Diagram Tegangan Saat Transfer dan Saat Service

7.2.2.4 Kontrol kekuatan ultimate

Berkaitan dengan ketentuan untuk perencanaan gempa, kuat lentur rencana penampang beton pratekan harus mempunyai nilai minimum 1,2 kali momen retaknya :

$$Mu \geq 1,2 Mcr$$

Modulus runtuh yang disyaratkan :

$$f_r = 0,7\sqrt{f'c} = 0,7\sqrt{40} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$r^2 = \frac{I}{At} = \frac{2,55E+10}{434709,17} = 58659,908 \text{ mm}^2$$

untuk daerah lapangan :

$$As_{mm} = 0,004 \cdot A_{balok} = 0,004 \times 434709,17 = 1738,837 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lunak 5D25 (As = 1900,663 mm²)

Dan sengkang menggunakan tulangan Ø10 mm

Dipakai selimut beton s' = 50 mm

$$d_{ps} = h + t - s' - \phi - D/2$$

$$= 800 - 120 - 50 - 10 - 25/2 = 609$$

$$Mcr = F \left(e + \frac{r^2}{y_b} \right) + f_r \frac{I}{y_b} = 2000000 \left(300 + \frac{58659,908}{552,288} \right) + 4,43 \cdot \frac{2,55E+10}{552,288}$$

$$= 1016965091 \text{ N.mm}$$

$$1,2 M_{cr} = 1,2 \times 1016965091 = 1220358109 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{b \cdot d_{ps}} = \frac{1975}{2220 \times 609} = 0,0015$$

$$fps = fpu \left[1 - \rho_{ps} \frac{fpu}{fc'} \right] = 1860 \left[1 - 0,0015 \frac{1860}{40} \right] = 1731,986 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot fps}{0,85 \cdot fc' \cdot be} = \frac{1975 \times 1731,986}{0,85 \times 40 \times 2220} = 45,319 \text{ mm}$$

$$x = \frac{45,319}{0,85} = 53,316 \text{ mm} < 120 \text{ mm (Balok T palsu)}$$

Tinggi efektif penampang :

$$d = \frac{A_{ps} \cdot fps \cdot d_{ps} + As \cdot fy \cdot do}{A_{ps} \cdot fps + As \cdot fy} = \frac{1975 \times 1731,986 \times 609 + 1900,663 \times 390 \times 680}{1975 \times 1731,986 + 1900,663 \times 390} = 619,127 \text{ mm}$$

Momen nominal penampang di tengah bentang :

$$M_n = C \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$C = 0,85 \cdot fc' \cdot be \cdot a = 0,85 \times 40 \times 2220 \times 45,319 = 3420678,12 \text{ N}$$

$$M_n = 3420678,12 \times \left(619,127 - \frac{45,319}{2} \right) = 2040323327 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 2040323327 = 1632258661 \text{ Nmm} > 1220358109 \text{ Nmm} \quad \text{OK!}$$

Untuk daerah tumpuan :

$$As_{min} = 0,004 \cdot A_{balok} = 0,004 \times 434709,17 = 1738,837 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lunak 5D25 (As = 1900,663 mm²)

Dan sengkang menggunakan tulangan Ø10 mm

Dipakai selimut beton s' = 50 mm

$$M_{cr} = F \left(e + \frac{r^2}{y_i} \right) + fr \cdot \frac{I}{y_i} = 2000000 \left(150 + \frac{58659,908}{247,712} \right) + 4,43 \cdot \frac{2,55E+10}{247,712}$$

$$= 1229647397 \text{ Nmm}$$

$$1,2 M_{cr} = 1,2 \times 1229647397 = 1475576876 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{be \cdot d_{ps}} = \frac{1975}{300 \times 800} = 0,0082$$

$$fps = fpu \left[1 - \rho_{ps} \frac{fpu}{fc'} \right] = 1860 \left[1 - 0,0082 \frac{1860}{40} \right] = 1151,256 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{Aps \cdot fps}{0,85 \cdot fc' \cdot be} = \frac{1975 \times 1151,256}{0,85 \times 40 \times 300} = 222,9 \text{ mm}$$

$$x = \frac{222,9}{0,85} = 262,25 \text{ mm} > 120 \text{ mm (Balok T asli)}$$

Tinggi efektif penampang :

$$d = \frac{Aps \cdot fps \cdot dps + As \cdot fy \cdot do}{Aps \cdot fps + As \cdot fy} = \frac{1975 \times 1151,256 \times 800 + 1900,663 \times 390 \times 680}{1975 \times 1151,256 + 1900,663 \times 390} = 769,76 \text{ mm}$$

Momen nominal penampang di tengah bentang :

$$Mn = C_1 \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_2 \left(d - \frac{t}{2} \right)$$

$$C_1 = 0,85 \cdot fc' \cdot bw \cdot a = 0,85 \times 40 \times 300 \times 222,9 = 2273580 \text{ N}$$

$$C_2 = 0,85 \cdot fc' \cdot (be - bw) \cdot t = 0,85 \times 40 \times (2220 - 300) \times 222,9 = 14550912 \text{ N}$$

$$Mn = 2273580 \left(769,76 - \frac{222,9}{2} \right) + 14550912 \left(769,76 - \frac{120}{2} \right) = 1,182 \times 10^10 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \times 1,182 \times 10^10 = 9459500601 \text{ Nmm} > 1475576876 \text{ Nmm} \quad \text{OK!}$$

7.2.2.5 Penulangan geser

$$F = 2000000 \text{ N}$$

$$Vud = 117836,54 \text{ N}$$

$$Vul = 13136,28 \text{ N}$$

$$Mud = 141219998 \text{ Nmm}$$

$$Mul = 17241334,8 \text{ Nmm}$$

$$bw = 300 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$Ac = 240000 \text{ mm}^2$$

Kekuatan geser pada daerah tumpuan :

Diperhitungkan pada jarak $x = 0,5h = 0,5 \times 800 = 400 \text{ mm}$

$$p' = \frac{8 \cdot F \cdot f}{I^2} = \frac{8 \times 2000000 \times 300}{12600^2} = 30,23 \text{ N/mm}$$

$$V_p' = \frac{p' \cdot L}{2} = \frac{30,23 \times 12600}{2} = 190476,191 \text{ N}$$

$$V_{ug} = V_{uD} + V_{uL} = 117836,54 + 13136,28 = 130972,82 \text{ N}$$

Karena $V_p' > V_{ug}$, maka :

$$Vu = V_p' - V_{ug} = 190476,191 - 130972,82 = 59503,371 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0,3(\sqrt{f'c} + f_{pc})b_u.d + V_p$$

$$f_{pc} = \frac{F}{Ac} = \frac{2000000}{240000} = 8,33 \text{ MPa}$$

$$dps = 150 + \frac{h}{2} = 150 + \frac{800}{2} = 550 \text{ mm}$$

$$V_p = \frac{\frac{1}{2}L - x}{\frac{1}{2}L} V_p' = \frac{6300 - 400}{6300} \cdot 190476,191 = 178382,465 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0,3(\sqrt{f'c} + f_{pc})b_u.d + V_p = 0,3(\sqrt{40} + 8,33)300.550 + 178382,465 \\ = 903782,953 \text{ N}$$

$$Vu_{(400)} = \frac{6300 - 400}{6300} \times 59503,371 = 55725,379 \text{ N}$$

$$\frac{Vu_{(450)}}{\phi} = \frac{55725,379}{0,6} = 92875,632 \text{ N} < 903782,953 \text{ N}$$

Tulangan geser dipasang praktis ϕ 10 – 150

Kekuatan geser pada daerah lapangan :

Diperhitungkan pada jarak x = 5000 mm

$$Vd = \frac{6300 - 5000}{6300} x Vu_d = \frac{6300 - 5000}{6300} x 117836,54 = 24315,477 \text{ N}$$

$$Vi = \frac{6300 - 5000}{6300} x Vu_l = \frac{6300 - 5000}{6300} x 13136,28 = 2710,661 \text{ N}$$

$$M_{max} = 416250000 \text{ Nmm}$$

$$Kt = \frac{l}{Ac.yb} = \frac{2,55E + 10}{240000 \times 552,288} = 192,203 \text{ mm}$$

$$fr = 0,5 \sqrt{fc'} = 0,5 \sqrt{40} = 3,16 \text{ Mpa}$$

$$fd = \frac{M_{max}}{I} = \frac{416250000}{2,55E + 10} = 9,015 \text{ MPa}$$
$$Yb = 552,288$$

$$Mcr = (e + Kt)F + (fr - fd) \frac{l}{Yb} = (300 + 192,203)x2000000 + (3,16 - 9,015)x \frac{2,55E+10}{552,288}$$

$$= 714071500,6 \text{ Nmm}$$

$$Vu_{ct} = \frac{\sqrt{f'c}}{20} \cdot b_w \cdot d + Vu_D + \frac{Vi \times Mcr}{Mt_{max}} > 0,14 \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

$$= \frac{\sqrt{40}}{20} \cdot 300,680 + 117836,54 + \frac{13136,28 \times 714071500,6}{416250000} = 204882,123 \text{ N}$$

$$0,14 \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d = 0,14 \sqrt{40} \cdot 300,680 = 180629,3 \text{ N}$$

$$Vu_{(5000)} = \frac{6300 - 5000}{6300} \times 59503,371 = 12278,473 \text{ N}$$

$$\frac{Vu_{(5000)}}{\phi} = \frac{12278,473}{0,6} = 20464,122 \text{ N} < 204882,123 \text{ N}$$

Tulangan geser dipasang praktis ϕ 10 – 300

7.2.2.6 Kontrol lendutan

$$Fi = 2500000 \text{ N}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$EI = 29725 \times 2,55E+10 = 7,58E+14$$

$$qD = 1043,3 \text{ kg/m} = 10,433 \text{ N/mm}$$

$$qL = 250 \text{ kg/m} = 2,5 \text{ N/mm}$$

Lendutan pada saat transfer gaya prategang :

1. Akibat beban merata tendon =

$$P' = \frac{8 \cdot Fi \cdot f}{l^2} = \frac{8 \times 2500000 \times 300}{12600^2} = 37,79 \text{ N/mm}$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times P' \times L^4}{384 \times EI} = \frac{5 \times 37,79 \times 12600^4}{384 \times 29725 \times 2,55E+10} = 16,362 \text{ mm} \quad (\text{keatas!})$$

2. Akibat berat sendiri balok dan pelat :

$$\Delta_2 = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times EI} = \frac{5 \times 10,433 \times 12600^4}{384 \times 29725 \times 2,55E+10} = 4,517 \text{ mm} \quad (\text{kebawah!})$$

2. Akibat eksentrisitas tendon :

$$\Delta_3 = \frac{F \times e \times L^2}{8 \times EI} = \frac{2500000 \times 300 \times 12600^2}{8 \times 29725 \times 2,55E+10} = 19,636 \text{ mm} \quad (\text{kebawah!})$$

$$\Delta_{total} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 16,362 - 4,517 - 19,636 = 7,791 \text{ mm (kebawah!)}$$

Lendutan setelah service :

Untuk menghitung lendutan jangka panjang, PCI memberikan pedoman sebagai berikut:

Tabel 7.1 Pedoman Lendutan Jangka Panjang Menurut PCI

	Tanpa Lapisan Atas Komposit	Dengan Lapisan Atas Komposit
Saat transfer		
1. Komponen lendutan (kebawah) digunakan untuk lendutan elastik akibat berat komponen struktur saat transfer.	1,85	1,85
2. Komponen lendutan (ke atas) digunakan untuk lendutan elastik akibat gaya prategang akibat transfer.	1,8	1,8
Saat service		
1. Komponen lendutan (ke bawah) digunakan untuk lendutan pada (1) di atas.	2,7	2,4
2. Komponen lendutan (ke atas) digunakan untuk lendutan ke atas pada (2) diatas.	2,45	2,2
3. Lendutan (ke bawah) digunakan pada lendutan elastik hanya akibat beban mati.	3	3
4. Lendutan (ke bawah) digunakan pada lendutan elastik yang disebabkan lapisan atas komposit.	-	2,3

1. Akibat beban merata tendon =

$$\Delta_1 = 16,362 \times 2,2 = 35,996 \text{ mm (keatas!)}$$

2. Akibat berat sendiri balok dan pelat :

$$\Delta_2 = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times EI} + \frac{5 \times 10,433 \times 12600^4}{384 \times 29725 \times 2,55E + 10} = 4,517 \text{ mm (kebawah!)}$$

2. Akibat eksentrisitas tendon :

$$\Delta_3 = 19,636 \times 2,4 = 47,126 \text{ mm (kebawah!)}$$

$$\Delta_{total} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 35,996 - 4,517 - 47,126 = 15,647 \text{ mm (kebawah!)}$$

Lendutan ijin :

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{480} = \frac{12600}{480} = 26,25 \text{ mm} > \Delta_{total} = 15,647 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

7.3 PERENCANAAN KOLOM

7.3.1 Umum

Perancangan kolom meliputi penulangan lentur kolom, kontrol terhadap *triaksial bending* kolom dengan *Bressler Reciprocal Method* dan penulangan geser kolom.

Elemen kolom dilaksanakan Metode cor setempat dengan mutu beton yang sama dengan elemen beton. Gaya dalam yang bekerja dihitung dengan *software SAP 2000*. Pedoman peraturan perencanaan yang dipakai adalah SNI 03 – 2847 – 2002, *Reinforced Concrete Design* oleh Chu-Kia Wang serta grafik bantu interaksi M-N empat sisi dari Laboratorium Konstruksi Jurusan Teknik Sipil ITS.

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai *beamn column*, dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsungan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya factor tekuk akibat pengaruh kelangsungan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar : $M_o = P.\Delta$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu factor pembesaran yang akan diuraikan sebagai berikut.

7.3.2 Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai balok di ujung-ujungnya yang dikaitkan dengan suatu factor tekuk (k) yang besarnya :

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (*unbraced*)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (*braced*)

Factor 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 :

$$\psi(A/B) = \frac{\sum(EIc/Lc)kolom}{\sum(EIb/Lb)balok}$$

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 ψA dan ψB yang disesuaikan apakah kolom yang direncanakan tergolong *braced frame* atau *unbraced frame*.

7.3.3 Pembatasan Tulangan 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 (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 12.9 (1)).

Faktor reduksi yang dipakai harus sama dengan 0,65 baik untuk komponen struktur dengan tulangan spiral maupun dengan memakai sengkang ikat , kecuali bila harga $0,1f'c.Ag$ terhitung lebih besar dari ϕP_n , harga faktor reduksi bisa ditingkatkan secara linier menjadi 0,8.

Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya rangkak (*creep*) yang terjadi pada beton. Pertimbangan lainnya adalah untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan.

Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 6 buah untuk sengkang pengikat spiral.

7.3.3.1 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 perancangan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Suatu komponen struktur tekan dikatakan pendek apabila perbandingan kelangsungan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k L_n$) terhadap radius girasi (r) :

$$\frac{k \cdot L \cdot n}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

dimana :

- $M_2 > M_1$ (braced frame)
- Nilai $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1 \rightarrow \frac{k \cdot L \cdot n}{r} < 22$ (*unbraced frame*)
- Nilai r dapat diambil sebesar $\sqrt{\gamma_A}$ atau
 $r = 0,3 h$ dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi
 $r = 0,25 d$ untuk kolom bulat (d = diameter kolom)

bila $\frac{M_1}{M_2} > 0$; *single curvature*

bila $\frac{M_1}{M_2} < 0$; *double curvature*

7.3.3.2 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.

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 .

SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 12.12 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2, \dots \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 12.12 (3)}$$

dengan :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\lambda_u)^2}$$

bila tidak menggunakan perhitungan yang lebih akurat, EI dalam persamaan diatas boleh diambil sebesar.

$$EI = \frac{(0,2E_c I_s + E_s I_{se})}{1 + \beta_d}$$

atau secara lebih konservatif

$$EI = \frac{0,4E_c I_s}{1 + \beta_d}$$

dimana :

M_c = momen terfaktor yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti pada struktur, Nmm

M_2 = momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen struktur tekan, selalu bernilai positif, Nmm .

$$Cm = 0,6 + 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) > 0,4$$

7.3.4 Penulangan Lentur Kolom

Dari perhitungan pembesaran momen untuk kolom panjang diatas, maka penulangan lentur kolom dapat dicari dengan bantuan diagram interaksi M-N non dimensi dari Grafik dan Table Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002.

Tahapan-tahapan penulangan lentur kolom :

1. Tetapkan apakah kolom termasuk *braced* atau *unbraced*. Dalam hal ini jenis kolom adalah *ubraced* karena tidak terdapat *shearwall* dan geser langsung ditahan oleh rangka utama. Tetapkan apakah kolom termasuk kolom pendek atau kolom panjang. Seperti telah dijelaskan diatas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen, dan sebaliknya. Peninjauan

kolom pendek atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.

2. 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:

$$\phi \cdot M_{nx} = M_{ux} + M_{uy} \cdot \frac{b}{h} \cdot \frac{1 - \beta}{\beta} \quad \text{untuk } M_{ux} > M_{uy}$$

$$\phi \cdot M_{ny} = M_{uy} + M_{ux} \cdot \frac{b}{h} \cdot \frac{1 - \beta}{\beta} \quad \text{untuk } M_{ux} < M_{uy}$$

Harga β berkisar antara 0,55 sampai dengan 0,65 dan 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 :

$$K_y = \frac{P_u}{A_g} \quad \dots \dots \dots \text{untuk sumbu ordinat (y)}$$

$$K_x = \frac{M_u}{A_g \cdot h} \quad \dots \dots \dots \text{untuk sumbu absis (x)}$$

nilai P_n diperoleh dari hasil analisa SAP 2000, sedangkan M_n diperoleh dari rumus di atas. Besarnya ρ pelu diperoleh dengan menarik garis sejajar sumbu x sebesar K_x yang dipotong dengan garis sejajar sumbu y sebesar K_y . Diagram interaksi kolom dapat dilihat pada lampiran.

3. Memilih jumlah tulangan sesuai dengan A_{perlu} , dimana perumusannya

$$A_{perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot h \text{ yang nantinya akan menghasilkan } A_{ada}$$

4. Pengontrolan membandingkan P_n penampang dengan P_n yang terjadi

P_n penampang > P_n yang terjadi kolom kuat

P_n penampang < P_n yang terjadi kolom tidak kuat

Contoh perhitungan kolom pada lantai 1

- Gaya-gaya yang bekerja pada kolom (dari output SAP 2000) :
 - $P_u = 741918,8 \text{ N}$

- $M_{2b}(x) = 14303,5 \text{ Nm}$
- $M_{2b}(y) = 200933,7 \text{ Nm}$
- $M_{2s}(x) = 91452,7 \text{ Nm}$
- $M_{2s}(y) = 341839,4 \text{ Nm}$
- Data-data perancangan :
 - Dimensi kolom = $600 \times 600 \text{ mm}^2$
 - Tinggi kolom = 3300 mm
 - Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
 - Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
 - Decking = 40 mm
 - Tulangan utama = $\varnothing 25$
 - Beugel = $\varnothing 10$
 - Jenis kolom = unbraced (tanpa pengaku)
 - $d' = 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2}.25 = 537,5 \text{ mm}$

Perhitungan factor tekuk (k)

$$Ec = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

EI balok (ukuran $300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$)

$$Ig = \frac{1}{12} \cdot 300 \times 400^3 = 1,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{balok}} &= \frac{0,5 \cdot Ec \cdot Ig}{(1 + \beta_d)} \\ &= \frac{0,5 \times 25742,96 \times 1,6 \cdot 10^9}{(1 + 0,65)} = 1,248 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

EI kolom (ukuran $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$)

$$Ig = \frac{1}{12} \cdot 600 \times 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{Ec \cdot Ig}{2,5 \cdot (1 + \beta_d)} \\ &= \frac{25742,96 \times 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5 \cdot (1 + 0,65)} = 6,74 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

Faktor jepitan atas

$$\Psi_A = \frac{\sum (EIc/Lc) \text{kolom}}{\sum (EIb/Lb) \text{balok}} = \frac{2 \times 6,74 \cdot 10^{13} / 3300}{4 \times 1,248 \cdot 10^{13} / 4000} = 3,273$$

Faktor jepitan bawah

$$\Psi_B = 0 \text{ (secara teoritis)}$$

Tetapi *Structural Stability Research Council* menyarankan bahwa untuk tujuan praktik Ψ_B tidak boleh diambil kurang dari 1, sehingga nilai $\Psi_B = 1$

Kontrol kelangsingan

Dalam perancangan ini tipe kolom yang dipakai adalah tanpa pengaku lateral (*unbraced*)

Jari-jari girasi (r) = $0,3 \cdot h = 0,3 \times 600 = 180$, dari nomogram $k = 1,45$

$$\text{Nilai kelangsingan} = \frac{k \cdot L_u}{r} = \frac{1,45 \times 3300}{180} = 26,583 > 22$$

Kolom termasuk Kolom Panjang, sehingga dalam menentukan tulangan lentur perlu untuk memakai memakai pembesaran momen.

Perhitungan pembesaran momen

Untuk unbraced nilai $C_m = 1$

$$P_c = \frac{\pi^2 x EI}{(kxL_n)^2} = P_c = \frac{\pi^2 \times 6,74 \times 10^{13}}{(1,45 \times 3300)^2} = 29053,319 \text{ KN}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_c} \right)}$$

$$\delta_b = \frac{1}{1 - \left(\frac{741,9188}{0,65 \times 29053,319} \right)} = 1,041 \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum P_u}{\sum \phi \cdot P_c} \right)} = \delta_s = \frac{1}{1 - \left(\frac{27260,926}{0,65 \times 48 \times 29503,319} \right)} = 1,031 \geq$$

$$M_{cx} = \delta_b \cdot M_{2b}(x) + \delta_s \cdot M_{2s}(x)$$

$$= 1,041 \times 14303,5 + 1,031 \times 91452,7 = 109177,677 \text{ Nm}$$



$$\begin{aligned} Mcy &= \delta_{b,} M_{2b}(y) + \delta_{s,} M_{2s}(y) \\ &= 1,041 \times 200933,7 + 1,031 \times 341839,4 = 561608,403 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Perhitungan momen ekuivalen

$$\phi.Mnx = Mcx + Mcy \cdot \frac{b}{h} \cdot \frac{1-\beta}{\beta}$$

$$\phi.Mnx = 109177,677 + (561608,403 \cdot 1 \cdot \frac{1-0,65}{0,65}) = 411582,202 \text{ Nm}$$

$$\phi.Mny = Mcy + Mcx \cdot \frac{b}{h} \cdot \frac{1-\beta}{\beta}$$

$$\phi.Mny = 561608,403 + (109177,677 \cdot 1 \cdot \frac{1-0,65}{0,65}) = 620396,383 \text{ Nm} \text{ (menentukan)}$$

Perhitungan luas tulangan lentur

$$Ky = \frac{Pu}{Ag} = \frac{741918,8}{600^2} = 2,061$$

$$Kx = \frac{Mu}{Ag.h} = \frac{620396,383 \times 10^3}{600^2 \times 600} = 2,872$$

Dari diagram interaksi M-N F 400-30-0,8-4 diperoleh $\rho = 2 \%$

Sehingga didapat $As_{\text{perlu}} = \rho \times Ag = 0,02 \times 600 \times 600 = 7200 \text{ mm}^2$

Dipasang tulangan 16 D 25 ($As = 7853,982 \text{ mm}^2$)

$$\rho_{\text{akmal}} = \frac{7853,982}{600 \times 600} = 2,182 \%$$

7.3.5 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 e/h untuk masing-masing arah momen. Momen yang digunakan ialah momen yang dihasilkan dari langkah-langkah perencanaan tulangan lentur kolom.

2. Dari harga e/h untuk masing-masing arah momen dan ρ yang digunakan, lalu titik pertemuannya diproyeksikan sejajar sumbu x untuk memperoleh harga $\frac{\phi.P_n}{A_g}$. 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 biaxial*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{ob}} \geq P_{n_{ads}}$$

dimana :

P_{nx} = gaya aksial nominal arah x

P_{ny} = gaya aksial nominal arah y

P_{ob} = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

$$= 0,8 \phi [0,85f_c'(A_g - A_s) + f_y.A_s] \dots . SNI 03 - 2847 - 2002 pers 19$$

dengan harga e_x/h , e_y/h dan ρ yang telah terpasang, maka nilai P_{ox} dan P_{oy} dapat dicari dengan diagram interaksi M-N dengan rumus :

$$P_{n_x} = \frac{k_x.A_g}{0,65}$$

$$P_{n_y} = \frac{k_y.A_g}{0,65}$$

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 Biaxial Bending Moment dengan Bressler Resiprocal Method :

Perhitungan P_{ob} :

$$\begin{aligned} P_{ob} &= 0,8 \phi [0,85f_c'(A_g - A_s) + f_y.A_s] \\ &= 0,8 \times 0,65 [0,85 \times 30(600^2 - 7853,982) + (390 \times 7853,982)] \\ &= 6262243,748 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan P_{nx} :

$$\frac{M_{ux}}{A_g.h} = \frac{411582,202 \times 10^3}{600^2 \times 600} = 1,905$$

Dari diagram F 400-30-0,8-4 dengan $\rho = 2,182\%$ diperoleh :

$$kx = \frac{\phi \cdot P_{nx}}{0,65} = 17,5$$

$$P_{ny} = \frac{kx \cdot Ag}{0,65} = \frac{17,5 \times 600^2}{0,65} = 9692307,692 \text{ N}$$

Perhitungan P_{ny} :

$$\frac{Muy}{Ag \cdot h} = \frac{620396,383 \cdot 10^3}{600^2 \times 600} = 2,872$$

Dari diagram F 400-30-0,8-4 dengan $\rho = 2,182\%$ diperoleh :

$$ky = \frac{\phi \cdot P_{ny}}{0,65} = 2$$

$$P_{ny} = \frac{ky \cdot Ag}{0,65} = \frac{2 \times 600^2}{0,65} = 1107692,308 \text{ N}$$

Maka didapat :

$$\begin{aligned} \frac{1}{Pnb} &= \frac{1}{Pnx} + \frac{1}{Pny} - \frac{1}{Pob} \\ &= \frac{1}{9692307,692} + \frac{1}{1107692,308} - \frac{1}{6262243,748} \end{aligned}$$

$$Pnb = 1857898,136 \text{ N}$$

$$Pu = 741918,8 \text{ N}$$

$$Pn = \frac{Pu}{\phi} = \frac{741918,8}{0,65} = 1141413,538 \text{ N}$$

$$Pnb > Pn \dots \dots \text{(Ok)}$$

7.3.6 Penulangan Geser dan Torsi Kolom

Penulangan geser dan torsi 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 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 $d/5$, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang dan 300 mm.
- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- Pada daerah ujung sejajar d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton ($\varnothing V_c$) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam SNI 03-2947-2002 pasal 13.4.
- 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 sub bab penulangan geser-torsi pada perancangan balok.

Contoh perhitungan diambil kolom pada lantai 1 :

$$\begin{aligned}- \text{Nu} &= 741918,8 \text{ N} \\- \text{Vu} &= 18692,6 \text{ N} \\- b_w &= 600 \text{ mm} \\- \varnothing \text{ utama} &= 25 \text{ mm} \\- \varnothing \text{ sengkang} &= 10 \text{ mm} \\- d &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 537,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sumbangan kekuatan geser beton :

$$\begin{aligned}V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \times b_w \times d \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \\&= 2 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 600 \times 537,5 \left(1 + \frac{741918,8}{14 \cdot 600^2} \right) = 675476,965 \text{ N} \\ \varnothing V_c &= 0,6 \times 675476,965 = 405286,179 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \varnothing \cdot V_c = 202643,09 \text{ N} > V_u = 18692,6 \text{ N}$$

Karena $V_u < \frac{1}{2} \cdot \varnothing \cdot V_c$, maka dipasang sengkang minimum sebesar :

$$s = \frac{2 \cdot A_t \cdot 3 \cdot f_y}{b_w} = \frac{157 \times 3 \times 390}{600} = 306,15 \text{ mm}$$

$$s \text{ maksimum} \leq 0,5 \cdot h = 0,5 \times 600 = 300 \text{ mm}$$

$$\leq 10 \cdot d_b = 10 \times 25 = 250 \text{ mm}$$

$$\leq 200 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan sengkang $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

Kondisi ini berlaku untuk daerah tumpuan maupun daerah lapangan.

7.3.7 Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5.2 sebagai berikut :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_b \cdot f_y}{\sqrt{f_{c'}}} \text{ tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0,06 \cdot d_b \cdot f_y$$

Dimana : A_b = luas satu batang tulangan (mm^2)

f_y = tegangan leleh tulangan (MPa)

$f_{c'}$ = tegangan leleh beton (MPa)

d_b = diameter batang tulangan (mm)

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor-faktor yang berlaku untuk :

- Tulangan berada 300 mm diatas dasar 1,4
- Memakai $f_y > 400 \text{ MPa}$ $[2 \cdot (400/f_y)]$
- Tulangan yang dililit spiral dengan diameter $> 5 \text{ mm}$ dan jarak lilitan $< 100 \text{ mm}$ 0,75

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

Contoh perhitungan :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot (\frac{\pi}{4} \cdot 3,14 \cdot 25^2) \cdot 390}{\sqrt{30}} = 698,689 \text{ mm}$$

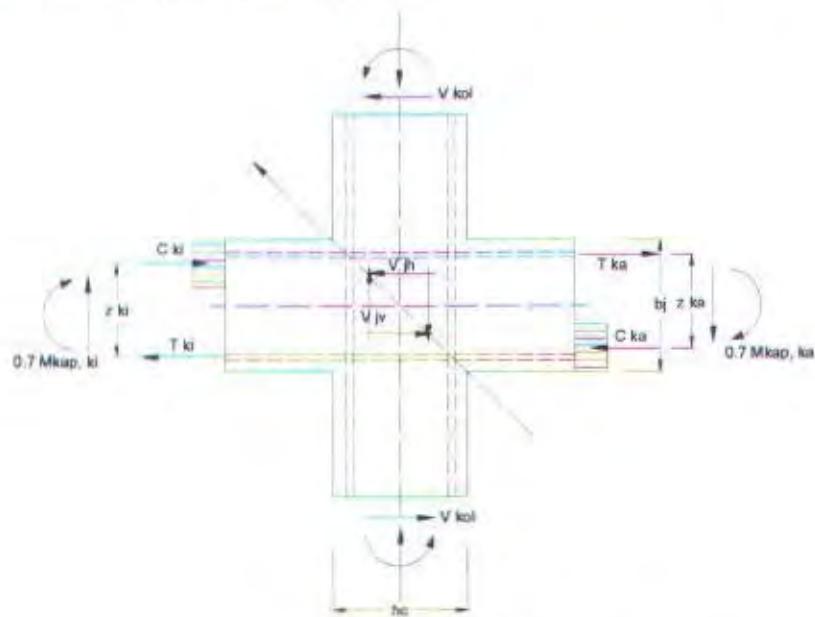
Tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0,06 \cdot 25 \cdot 390 = 585 \text{ mm}$

Dipakai $L_{db} = 700 \text{ mm}$

7.3.8 Sambungan Balok Kolom (Beam Column Joint)

7.3.8.1 Umum

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.14.6 ayat 1.1 , gaya didalam tulangan balok longitudinal pada sisi muka joint harus ditentukan dengan asumsi bahwa tegangan didalam tulangan tarik lentur adalah $1.25 f_y$ dan factor reduksi kekuatan sesuai dengan ketentuan dalam pasal 13.2.3. Momen lentur dan gaya geser kolom serta geser horizontal V_{jh} dan gaya vertical V_{jv} yang melewati inti join harus dievaluasi dengan analisis rasional yang memperhitungkan seluruh pengaruh dari gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada join yang ditinjau.



Gb. 7.7 Gaya-gaya Pada Beam Column Joint

7.3.8.2 Perhitungan Momen Kapasitas

Dalam menghitung momen kapasitas balok pratekan, diambil nilai yang terbesar yaitu balok induk dengan dimensi 30/80 dengan tulangan lentur 4 D 25. Dalam hal ini, tulangan lentur 4 D 25 dipasang pada bagian tumpuan (tarik) dan tumpuan (tekan).

Data :

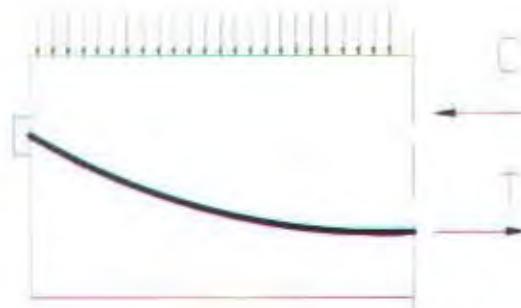
$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$d = 4 \text{ cm}$$

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

$$\begin{aligned}f_y &= 390 \text{ MPa} \\E_s &= 2 \times 10^5 \text{ MPa} \\\beta &= 0.85 \text{ (untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa)}\end{aligned}$$



Gb. 7.8 Momen Penahan Internal Pada Balok Beton Pratekan

Perhitungan :

Dalam Hal ini momen nominal ialah gaya prategang pada saat service, asumi ini berdasar pada konsep : "Prategang sebagai Kombinasi Baja mutu tinggi dengan beton" (TY Lin, Ned H B).

$$M_n = F \times e_0 = 2000000 \text{ N} \times 150 \text{ mm}$$

$$M_n = 300000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{kap} = \phi M_n \dots (\phi = 1.25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ MPa})$$

$$M_{kap} = 1.25 \times 3 \times 10^8 = 3,75 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

7.3.8.3 Perhitungan Beam Column Joint

Data :

$$z_{ka} = e = 150 \text{ mm}$$

$$h_c = 600 \text{ mm}$$

$$M_{kap,ka} = 3,75 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$N_{uk} = 193482,78 \text{ N}$$

$$l_{ka} = 12600 \text{ mm}$$

$$l_{ka'} = 12000 \text{ mm}$$

$$h_{k,a} = 800 \text{ mm}$$

$$h_{k,b} = 0 \text{ mm}$$

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} + V_{kol}$$

Dengan :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{z_{ki}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki'}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka'}} M_{kap,ka} \right)}{0,5(h_{k,a} + h_{k,b})}$$

$$V_{jh} = (b_j / h_c) V_{jv}$$

Dimana :

b_j = lebar efektif joint (mm)

h_c = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm)

Bila $b_k > b$:

1. $b_j = h_c$
 2. $b_j = b + 0,5 h_c$
- } Diambil yang terkecil

$$v_{jh} = V_{jh} / (b_j \times h_c) \leq 1,5 \sqrt{f'_c} \text{ N/mm}^2$$

$$V_{sh} + V_{ch} = V_{jh}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 f'_c \times b_j \times h_c}$$

$$A_{jh} = V_{sh} / f_y$$

Perhitungan :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{z_{ki}} = 0,7 \frac{3,75 \cdot 10^8}{150} = 1400000 \text{ N}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 1400000 \text{ N}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{12600}{12000} 1400000 \right)}{0,5(3300)} = 623 \text{ N}$$

$$V_{jh} = 1400000 + 1400000 + 623 = 2800623 \text{ N}$$

Tegangan Geser Horisontal Nominal Dalam Joint

$$\begin{aligned} b_j &= 600 \\ b_j &= 300 + 0,5 \times 600 = 600 \end{aligned} \quad \left. \right\} \text{Diambil yang terkecil} = 600 \text{ mm}$$

$$V_{jh} = (b_j / h_c) V_{jv}$$

$$V_{jb} = (h_c / b_j) V_{jh} = (600 / 600) 2800623 \text{ N} = 2800623 \text{ N}$$

$$V_{jh} = 2800623 / (600 \times 600) \leq 1.5 \sqrt{f'_c} \text{ N/mm}^2$$

$$V_{jh} = 7,79 \leq 8.103 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$$

Geser Yang Dipikul Oleh Beton :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_s} \right) - 0.1 f'_c \times b_j \times h_c}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \left\{ \sqrt{\left(\frac{193482,78}{600^2} \right) - 0.1 \times 30} \right\} \times 600 \times 600 = 116949,75 \text{ N}$$

Tulangan Geser Horisontal Dalam Memikul Gaya Geser rencana Joint

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch} = 2800623 - 116949,75 = 2683673,25 \text{ N}$$

$$A_{jh} = V_{sh} / f_y = 2683673,25 / 370 = 7253,2 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser D 19 ($A_t = 283,5 \text{ mm}^2$)

$$7253,2 / (2 \times A_t) = 7253,2 / (2 \times 283,5) = 14,8 \sim 15 \text{ lapis}$$

Jadi dipasang tulangan geser D19 – 50 mm

Perhitungan tulangan akibat kantilever pada balok pratekan

$$\begin{aligned} M_{SAP} &= 20704,3 \text{ kgm} \\ &= 20704,3 \times 10^4 \text{ N mm} \end{aligned}$$

Tulangan tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D 25

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$d_x = 800 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 737,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + (0,5 \times 25) = 62,5 \text{ mm}$$

Diasumsikan $\delta = 0,5$ SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.3 (2.2)

$$R_n = \frac{(1-\delta)Mu}{0,8 \times b \times dx^2} = \frac{(1-0,5) \times 2,07043 \times 10^8}{0,8 \times 300 \times 737,5^2} = 0,793 \text{ MPa}$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 0,739}{390}} \right) = 0,00192$$

$$\rho' = \frac{\delta.Mu}{\phi.fy(dx-d').b.d} = \frac{0,5 \times 2,07043 \times 10^8}{0,8 \cdot 390(737,5 - 62,5) \cdot 300 \cdot 737,5} = 0,00222$$

$$\rho - \rho' \delta + \rho' = 0,00414$$

ternyata ($\rho_{\min} = 0,0036 < \rho < (\rho_{\max} = 0,025)$)

maka digunakan $\rho = 0,00414$

$$As_{\text{perlu}} = \rho.b.dx$$

$$= 0,00414 \times 300 \times 737,5 = 1915,975 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 D 25 ($As = 1963,495 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan

As_{perlu} Tulangan tekan = 0,5 As_{perlu} Tulangan tarik

$$= 0,5 \times 1915,975$$

$$= 957,988 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 25 ($As = 981,748 \text{ mm}^2$)

Sehingga dapat diambil kesimpulan :

Akibat kontol kekuatan ultimate dan kantilever pada ujung balok pratekan dipasang tulangan pada daerah tumpuan dan lapangan :

1. Tulangan tarik : 7 D 25
2. Tulangan tekan : 4 D 25

Perhitungan tulangan geser

Dari output program SAP 2000 dipergunakan nilai yang paling kritis untuk penulangan geser dan torsi.

• $V_u = 94003,3 \text{ N}$

Direncanakan dengan daktilitas parsial :

Dipakai diameter tulangan geser 10 mm

$$d = 800 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 737,5 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

• Kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \quad \text{bw} \quad d \dots \dots \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 pasal 13.3 (1.1)}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 300 \times 737.5 = 202383,485 \text{ N}$$

$$\mathcal{O}V_C = 0.6 \times 202383.485 = 121430.1 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \times \text{OVc} = 60715,05 \text{ N}$$

$$Vu > \partial Vc$$

94003.3 N > 64083.541 N, maka

Dipakai tulangan geser minimum..... SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5(5.3)

$$s = \frac{3 \cdot Av \cdot fy}{bw} \text{ dimana:}$$

Av = Luas tulangan geser D 10

$$s = \frac{3,157,083.90}{300} = 612,612 \text{ mm}$$

Pada lokasi disepanjang d dari muka kolom spasi maksimum (tumpuan tulangan geser tidak boleh melebihi nilai dari (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5(5.3)) :

- $\frac{d}{2} = \frac{737,5}{2} = 368,75 \text{ mm}$
 - $10 \times \text{diameter tulangan lateral} = 10 \times 22 = 220 \text{ mm}$
 - $24 \times \text{diameter tulangan geser} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
 - 300 mm

Pada lokasi diluar jarak d dari muka kolom, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5(5.3)):

- $\frac{d}{2} = \frac{737,5}{2} = 368,75 \text{ mm}$
 - 600 mm

Dari pembatasan diatas diambil tulangan geser :

Pada tumpuan digunakan ø 10 - 150

Pada lapangan digunakan ϕ 10 – 200

BAB VIII
PERENCANAAN SAMBUNGAN

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 UMUM

Dalam bab ini akan diuraikan kriteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan. Penggunaan sambungan basah 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. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam 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 kontruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *serviceability*, kekuatan dan produksi. Factor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

Berdasarkan UBC 1997 Section 1916.6.2.2, jarak masukan (coakan) minimum sebagai tempat bertumpunya balok atau pelat pracetak terhadap elemen pendukungnya terhitung dari ujung balok atau pelat ke tepi elemen pendukungnya harus diambil sebesar :

- $d = 1/180 L_n$, dimana L_n = bentang bersih elemen pracetak

Tetapi tidak boleh lebih kurang dari :

- Untuk pelat solid / pelat berlubang $\rightarrow d = 2$ in atau 51 mm
- Untuk balok $\rightarrow d = 3$ in atau 76 mm

8.2 KRITERIA PERENCANAAN SAMBUNGAN

Kriteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain, karena ada perbedaan criteria 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.

- **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.

- **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 lelah awal terhadap lelah 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 dan beton. Pada perhitungan kali ini menggunakan daktilitas parsial.

- **Daya Tahan**

Sambungan perlu diawasi dan dipelihara. Sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan tindakan perlindungan dengan beton atau dengan cat (*galvanis*). Daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, spelling beton dan yang paling sering diakibatkan oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

- **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 di atas *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.

- **Perubahan Volume**

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkap, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak ataupun perletakannya ditarik pergerakannya. Tegangan ini harus dimasukkan oleh desain dan akan lebih baik bila sambungan diijinkan untuk berpidah tempat untuk mengurangi besarnya tegangan tersebut.

- **Kesederhanaan Sambungan**

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis.

Kriteria penyederhanaan sambungan adalah :

- Memakai bahan-bahan standar
- Menggunakan detail yang sama (berulang)
- Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya.
- Mempersiapkan cara-cara pergantian.

- **Kesederhanaan Pemasangan**

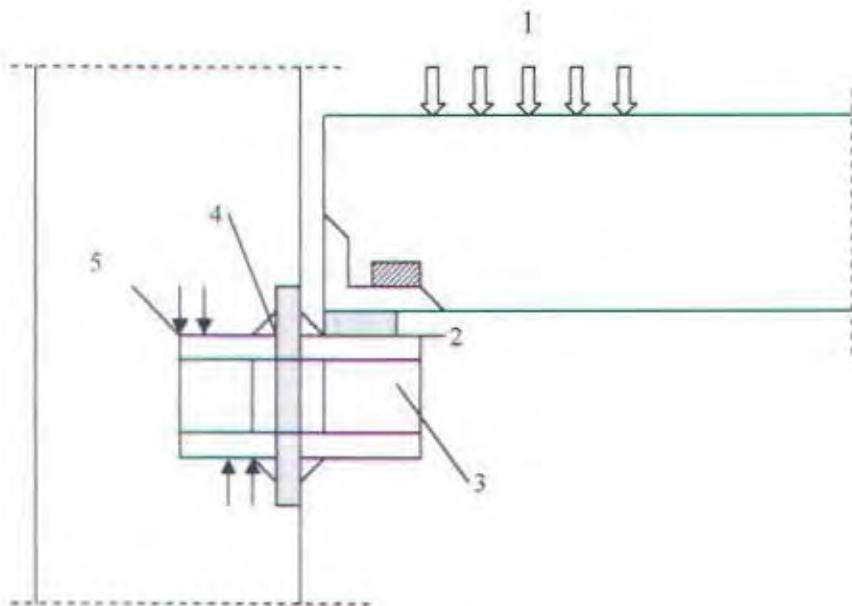
Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan pencapaian tujuan penerapan konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan type sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin dalam kemudahan pemasangan.

8.3 KONSEP DESAIN SAMBUNGAN

8.3.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam.

Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti gambar 8.1. dimana pemindahan beban diteruskan kekolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



Gb 8.1. Mekanisme Pemindahan Beban

1. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertical dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.

4. Gaya geser vertical 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:

1. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
2. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
3. Baja siku di ujung balok ke *aunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

8.3.2 Stabilitas dan Keseimbangan

Adapun permasalahan utama pada struktur beton pracetak biasanya disebabkan oleh kesalahan perencanaan dalam menghitung stabilitas dan keseimbangan dari struktur dan komponen-komponennya, bukan hanya pada kedudukan akhir tetapi juga selama fase pelaksanaan konstruksi.

Sebagai contoh pada balok induk, karena eksentrisitas beban pada balok terjadi torsi dan balok cenderung berputar pada perletakan. Jadi perencanaan perlu untuk memperhitungkan kondisi pada saat pemasangan balok tersebut.

Pada kenyataannya struktur balok pracetak, diinginkan agar stabilitas lateral diciptakan oleh *shearwall* atau *bracing* atau dapat juga oleh portal tahan momen. Gaya lateral didistribusikan ke setiap bagian struktur lateral melalui aksi diafragma dari pelat lantai.

8.3.3 Klasifikasi Sistem dan Sambungannya

System pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan :

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.

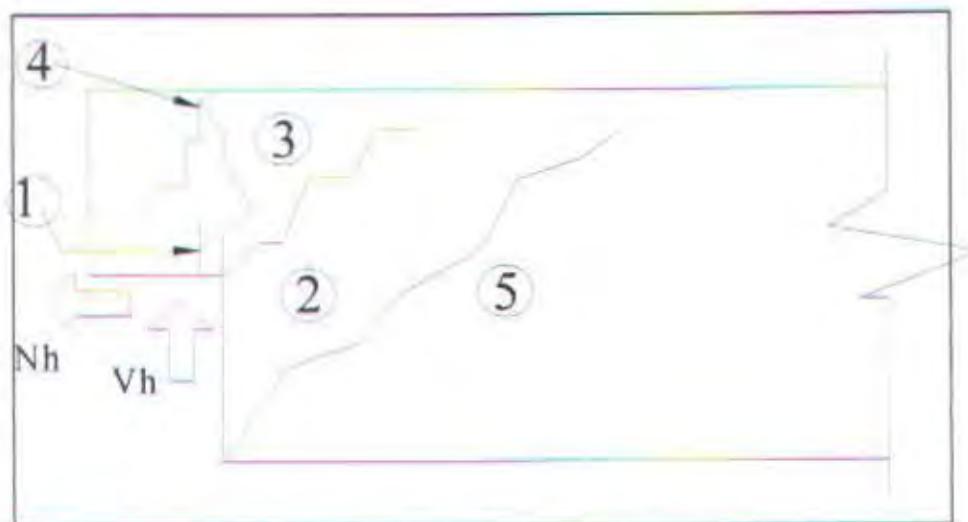
- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemencar energi.
- Lokasi sendi plastis

2. Jenis alat penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint digROUT.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint tidak digROUT.
- Sambungan-sambungan mekanik

8.3.4 Pola-pola Kehancuran

Sebagian perencanaan 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 8.2



Gb 8.2 Model – Model Keruntuhan Gedung

PCI Design Hanbook 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 antar tonjolan dengan bagian utama balok
4. tarik diagonal pada ujung akhir
5. perletakan pada ujung atau tonjolan

Dalam tugas akhir ini, penulis merencanakan system balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian kekuatan penyambungan sebelum komposit sehingga mencapai kekuatan yang benar – benar monolith.

8.4 PERTIMBANGAN DALAM PERANCANGAN

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 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 dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungnya harus mampu berotasi bolak-balik secara plastis tanpa mengurangi kekuatan momen dan kapasitas geser dari joint tersebut.

System sambungan terjadi sangat kompleks dan sedikit sekali penelitian dilakukan dalam hal ini. Keadaan ini cenderung dihindari oleh para desainer dan letak joint dengan lokasi sendi plastis berusaha dipisahkan.

Dari segi penggerjaan dan pelaksanaan beton pracetak, peletakan lokasi joint yang sama dengan lokasi sendi plastis sangatlah ekonomis sebab elemen-elemen tunggal dan berbentuk lurus dan pengangkutannya 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 mengakibatkan 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*). Efektifitas 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 variasinya sama seperti yang digunakan untuk komponen-komponen lain yang sama yaitu sendi plastis dengan komponen pracetak lain.

Agar mekanisme yang diharapkan dapat tercapai maka kapasitas momen kolom gabung harus lebih besar 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 *mechaical 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 *in elastis* bila terjadi cukup banyak sendi-sendi plastis pada struktur. Pengaruh ragam yang lebih tinggi dapat menggeser letak *inflection point* pada analisa elastis. Gaya geser yang cukup besar dapat ditransferkan lewat *shear keys*.

8.5 PENGGUNAAN TOPPING BETON

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan.

Tujuan utamanya adalah :

1. untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kaku.
2. agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.

- meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm.

Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui $5,50 \text{ kg/cm}^2$. Bila tegangan geser tersebut dilampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit, melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut.

Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friction concept*).

$$A_{vt} = \frac{V_n}{f_y \mu} \geq A_{vt \min}$$

dimana :

A_{vt} = luas tulangan geser friksi

V_n = luas geser nominal $< 0,2 f_c A_c$ (Newton)
 $< 5,5 A_c$ (Newton)

A_c = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

f_y = kuat leleh tulangan

μ = koefisien friksi (1)

$A_{vt \min} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu 400 Mpa

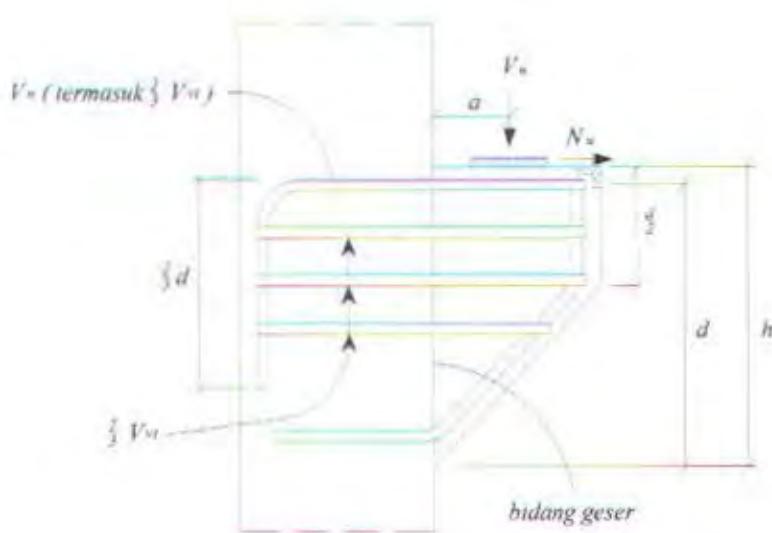
$= 0,018 \frac{400}{f_y} A_c$ untuk tulangan $f_y > 400$ Mpa diukur pada teg. leleh 0,35%

= dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014 A_c

8.6 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM

8.6.1 Perencanaan corbel kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar 8.3 berikut ini:



Gb 8.3 Sistem Penulangan Konsol Pendek

Ketentuan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.9 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi efektif a/d tidak lebih besar daripada satu, dan memikul gaya tarik horizontal N_{uc} yang tidak lebih besar daripada V_u . Jarak d harus diukur pada muka tumpuan
2. Tinggi konsol pada tepi luar daerah tumpuan tidak boleh kurang daripada $0,5d$
3. Penampang pada muka tumpuan harus direncanakan untuk memikul secara bersamaan suatu geser V_u suatu momen $V_u a + N_{uc}(h - d)$, dan suatu gaya tarik horizontal N_{uc}
 - 1) Didalam semua perhitungan perencanaan yang sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.9, faktor reduksi kekuatan ϕ harus diambil sebesar 0,75
 - 2) Perencanaan tulangan geser friksi A_{vf} untuk memikul geser V_u harus memenuhi ketentuan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.7:
 - (1) Untuk beton normal, kuat geser V_u tidak boleh diambil lebih besar daripada $0,2f_c b_w d$ ataupun $5,5b_w d$ dalam newton

- (2) Untuk beton ringan total atau beton ringan pasir, kuat geser V_u tidak boleh diambil melebihi $0,2 \cdot 0,007 \frac{a}{d} f'_c b_w d$ ataupun $5,5 \cdot 1,9 \frac{a}{d} b_w d$ dalam newton
- (3) Tulangan A_f untuk menahan momen $[V_u a + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 12.2 dan pasal 12.3
- (4) Tulangan A_n untuk menahan gaya tarik N_{uc} harus ditentukan dari $N_{uc} \leq OA_n f_y$. Gaya tarik N_u tidak boleh diambil kurang daripada $0,2V_u$ kecuali bila digunakan suatu cara khusus untuk mencegah terjadinya gaya tarik. Gaya tarik N_{uc} harus dianggap sebagai suatu beban hidup walaupun gaya tarik tersebut timbul akibat rangkak, susut, atau perubahan suhu
- (5) Luas tulangan tarik utama A_s harus diambil sama dengan nilai terbesar dari $(A_f + A_n)$ atau $\frac{2A_{vf}}{3} + A_n$
4. Sengkang tertutup atau sengkang ikat yang sejajar dengan A_{sl} dengan luas total A_h yang tidak kurang daripada $0,5(A_s + A_n)$, harus disebarluaskan secara merata dalam rentang batas duapertiga dari tinggi efektif konsol, dan dipasang bersebelahan dengan A_s
5. Rasio $\rho = \frac{A_s}{bd}$ tidak boleh diambil kurang daripada $0,04 \frac{f'_c}{f_y}$
6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkurkan dengan salah satu cara berikut :
- Dengan las struktural pada suatu tulangan transversal yang diameternya minimal sama dengan diameter tulangan A_s , las harus direncanakan agar mampu mengembangkan kuat leleh f_y dari batang tulangan A_s
 - Dengan menekuk tulang tarik utama A_s sebesar 180° hingga membentuk suatu loop horizontal atau
 - Dengan cara lain yang mampu memberikan pengangkuran yang baik

7. Luas daerah penumpu beban pada konsol pendek tidak boleh melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , dan tidak pula melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila dipasang)

Contoh Perhitungan

$$V_u = 94003,3 \text{ N}$$

Direncanakan dimensi konsol :

$$b_w = 600 \text{ mm}$$

$$d = 400 \text{ mm}$$

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

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

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$a/d = 250/400 = 0,625 < 1 \dots (\text{OK})$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{94003,3}{0,6} = 156672,17$$

$$0,2.f'_c.b_w.d = 0,2 \times 30 \times 600 \times 400 = 1440000 \text{ N} > V_n$$

$$5,5.b_w.d = 5,5 \times 600 \times 400 = 1320000 \text{ N} > V_n$$

Menentukan luas tulangan geser friksi:

Hubungan konsol dengan kolom monolit, beton normal, maka $\mu = 1,4$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} = \frac{156672,17}{0,65 \times 390 \times 1,4} = 441,45 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas tulangan lentur :

$$N_{uc \min} = 0,2 \cdot V_u = 18800,66 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{Mu}{\phi \cdot f_y x(\text{lengan})} = \frac{Vu \cdot a + Nuc \cdot (h-d)}{\phi \cdot f_y x(\text{lengan})} \\ &= \frac{94003,3 \times 250 + 18800,66(450-400)}{0,65 \times 390 \times 0,85 \times 400} = 283,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_n = \frac{Nuc}{\phi \cdot f_y} = \frac{18800,66}{0,65 \times 390} = 74,16 \text{ mm}^2$$

Menentukan luas tulangan pokok A_s :

$$A_s = [2/3 (A_{vf}) + A_n] = [2/3 (441,45) + 74,16] = 368,46 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_f + A_n = 283,57 + 74,16 = 357,73 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{min}} = 0,04 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot b \cdot d = 0,04 \times \frac{30}{390} 600 \times 400 = 738,46 \text{ mm}^2$$

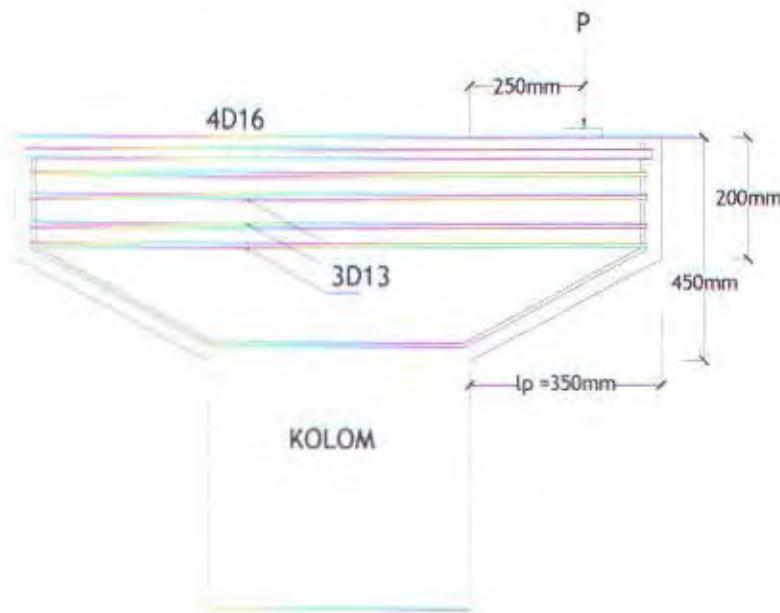
Diambil yang terbesar $A_s = 738,46 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan 4D16 $A_s = 804,248 \text{ mm}^2$

$$A_h = \frac{1}{2} \cdot (A_s - A_n) = 0,5 \times (738,46 - 74,16) = 332,15 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3φ 13 $A_s = 398,197 \text{ mm}^2$

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 266 \text{ mm}$ (vertikal) → dipasang φ 13-100 pada tiap As juga dipasang tulangan rangka φ 13.



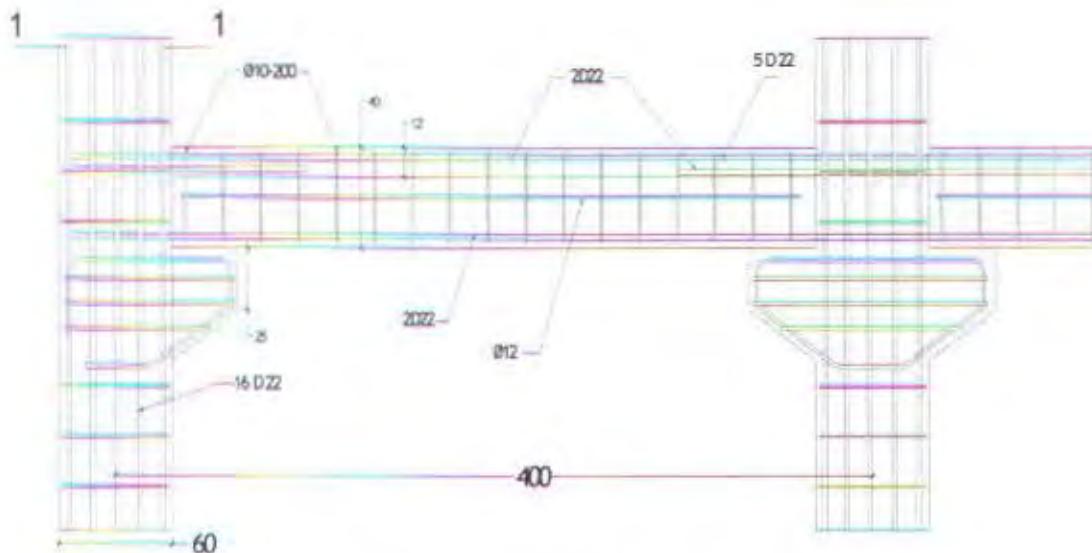
Gb 8.4 Dimensi Konsol Pendek

Menentukan luas pelat landasan

$$V_u = \phi \cdot (0,85) \cdot f_c \cdot Al$$

$$Al = \frac{94003,3}{0,65 \times 0,85 \times 30} = 5671,4 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan → $Al = 600 \times 200 \text{ mm}^2 \rightarrow$ tebal 15



Gb 8.5 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom Cast In Situ

Sistem sambungan basah antara balok dengan kolom pada perencanaan kali ini memanfaatkan panjang penyaluran dari tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Untuk mengantisipasi adanya gaya gempa bolak-balik, maka panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik sehingga pada perencanaan kali ini dihitung dengan dua kondisi, yaitu kondisi tekan dan kondisi tarik.

Panjang Penyaluran Tulangan Deform Dalam Tekan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.5, panjang penyaluran batang tulangan deform yang mengalami tekan ditetapkan menurut ketentuan sebagai berikut :

- $l_d = l_{db} \times A_{s\text{ perlu}} / A_{s\text{ ada}}$
- $l_d \geq 200 \text{ mm}$
- $l_{db} = d_b f_y / (4 \sqrt{f'c})$
- $l_{db} \geq 0.04 d_b f_y$

Perhitungan :

$$D_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{ ada}} = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ perlu}} = 1703,475 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}l_{db} &= 22 \times 390 / (4 \times \sqrt{30}) > 0.04 \times 22 \times 390 \\&= 391,622 \text{ mm} > 343,2 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK} \\l_d &= 391,622 \times (1703,475 / 1900,664) \\&= 350,992 > 200 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Panjang Penyaluran Kait Standar Dalam Tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.5, panjang penyaluran kait dari batang yang mengalami tarik ditetapkan menurut ketentuan sebagai berikut :

- $l_{dh} = l_{hb} \times f_y / 400$
- $l_{dh} \geq 8 db$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{hb} = 100 db / \sqrt{f'c}$
- kait dengan bengkokan 90° → ditambah $12 db$ pada ujung batang bebas

Perhitungan :

$$\begin{aligned}l_{hb} &= 100 \times 22 / \sqrt{30} = 401,663 \text{ mm} \\l_{dh} &= 401,663 \times 390 / 400 > 8 \times 22 \\&= 391,621 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}\end{aligned}$$

panjang batang bebas = $12 \times 22 = 264 \text{ mm}$

Jadi dipasang panjang penyaluran 400 mm dengan tekukan 90° dengan panjang ujung batang bebas 270 mm

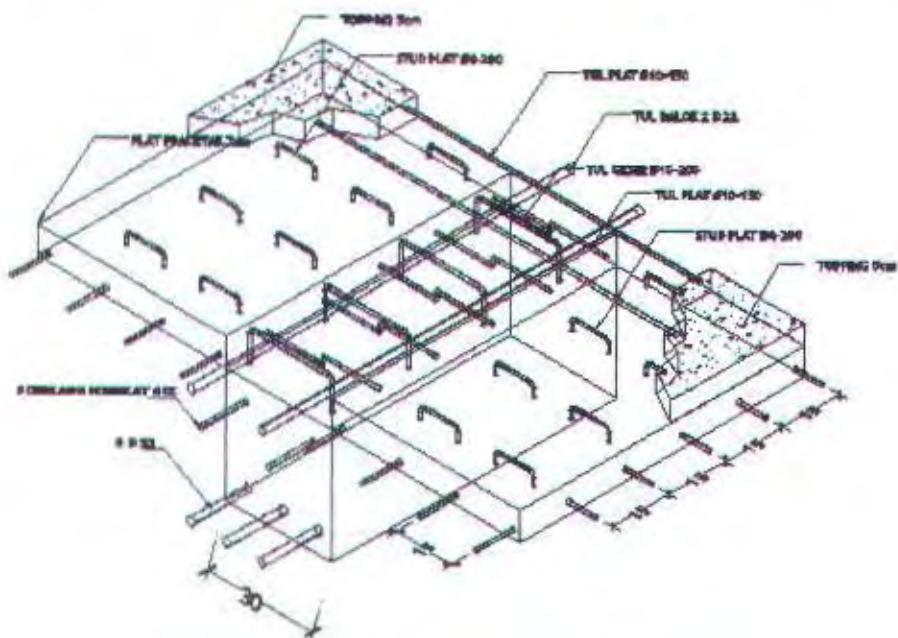
8.7 Perencanaan Sambungan Pelat dengan Balok

Sambungan antara balok dengan pelat pada dasarnya sama, baik dalam kondisi basah ataupun kering. Pada sambungan tersebut hanya mengandalkan panjang penyaluran pada pelat pracetak. Untuk bagian bawah, perilaku monolit akan dijamin dengan adanya panjang penyaluran yang terpasang pada saat pabrikasi, sedangkan pada daerah atas, perilaku monolit akan dijamin dengan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus diatas balok.

Dari hasil perhitungan diatas, akhirnya perencana mengambil alternative sambungan basah dengan tidak menambahkan tulangan pada sambungan karena pelat dapat cukup kuat bertumpu pada balok memanfaatkan tulangan stud pada balok, karena system sambungan yang dilakukan secara basah memiliki beberapa keunggulan

dibandingkan system sambungan yang dilakukan secara kering. Beberapa keunggulan system sambungan basah dengan sambungan kering antara lain :

- a. Dari segi kekuatan, sambungan basah tidak kalah dibanding sambungan kering
 - b. Dari segi pelaksanaan, sambungan basah lebih sederhana dan mudah dilaksanakan dilapangan
 - c. Dari segi biaya, sambungan basah lebih murah dibandingkan dengan sambungan kering.



Gb 8.6 Sambungan Pelat Pracetak dengan balok pracetak

BAB IX
PERENCANAAN PONDASI

BAB IX

PERENCANAAN PONDASI

9.1 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, dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi caisson dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung Hotel Pasific Balikpapan 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.

9.2 DATA TANAH

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

Perencanaan pondasi pada gedung hotel ini sesuai dengan penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil sondir boring dan hasil uji SPT

9.3 KRITERIA DESIGN

9.3.1 Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai 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*).
- Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 9.1 WIKA PILE CLASSIFICATION

Pile Diameter (mm)	Thick (mm)	Class	PC Wire		Area of Steel (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Effective Prestress (kg/cm ²)	Allowable Axial(T)	Bending Moment	
			D (mm)	Numbh						Crack (tm)	Ult (tm)
400	75	C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9	18

9.3.2 Tahapan Perencanaan

1. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja (axial, horizontal dan momen) akibat dari *upper struktur*.
2. Perhitungan daya dukung tanah dasar.
3. Perhitungan jumlah tiang dalam satu *poer* / kelompok.
4. Perencanaan *Poer*
5. Perencanaan *Sloof*.

9.4 DAYA DUKUNG TANAH

9.4.1 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_l). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai

sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri, dan
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

9.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test (SPT)* menurut Luciano Decourt (1982)

- $Qu = Qp + Qs$

Dimana :

- $Qp = qp \cdot Ap = (Np \cdot K) \cdot Ap$

Dengan :

Np = Harga rata-rata didekat ujung tiang

= $(N1 + N2 + N3) / 3$

K = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m^2 , untuk tanah lempung

= 20 t/m^2 , untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m^2 , untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m^2 , untuk tanah pasir

Ap = Luas penampang ujung tiang

qp = tegangan di ujung tiang

- $Qs = qs \cdot As = \left(\frac{Ns}{3} \right) + 1 \cdot As$

Dengan :

qs = tegangan akibat frotttement 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 :

$$SF = \text{safety factor} = 2$$

$$N' = \text{harga SPT di lapangan}$$

$$N = \text{harga SPT setelah dikoreksi} = 15 + [(N' - 15)/2]$$

9.4.3 Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Disaat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah group, daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari group tiang tersebut. Dari problema ini, dapat dibedakan dua fenomena sebagai berikut :

1. Pengaruh group disaat pelaksanaan pemancangan tiang-tiang
2. Pengaruh group akibat sebuah beban yang bekerja

Pada kasus tiang dipancang dalam tanah kohesif dan jenuh air, kenaikan tegangan air pori dapat menurunkan *shear resistance* dari tanah disekitarnya hingga 15 sampai dengan 30 % (BROMS).

Untuk pulih ke kekuatan semula, memerlukan waktu yang bervariasi tergantung dari jenis tanah dan cara eksekusi tiang pondasinya. Beberapa variasi waktu tersebut adalah :

Tabel 9.2 Variasi Waktu Untuk Pulih ke Kekuatan Semula

Type Tanah Type Pondasi	Pasir padat	Lau dan pasir Lepas jenuh air	Lempung
Tiang dibor	1 bulan	1 bulan	1 bulan
Tiang pancang	8 hari	20 hari	1 bulan

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan di sekeliling tiang untuk tanah yang padat. Namun untuk kondisi tanah didominasi oleh pasir lepas atau dengan tingkat kepadatan sedang, pemancangan dapat menaikkan kepadatan disekitar tiang bila jarak antar tiang ≤ 7 s/d 8 diameter.

Untuk daya dukung batas, pengaruh dari sebuah group tiang pondasi tidak perlu diperhitungkan bila jarak as ke as antar tiang adalah ≥ 3 diameter. Sebaliknya, jarak minimum antar tiang dalam group adalah 2 s/d 2.5 diameter tiang.

Untuk kasus daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi C_e .

$$Q_{L \text{ (group)}} = Q_{L \text{ (1 tiang)}} \times n \times C_e$$

dengan n = jumlah tiang dalam group

Untuk menghitung koefisien efisiensi C_e , digunakan cara *Converse – Labarre*

$$C_e = 1 - \frac{\operatorname{arc} \tan \left(\frac{\phi}{s} \right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

dimana:

ϕ : diameter tiang pondasi

s : jarak as ke as antar tiang dalam group

m : jumlah baris tiang dalam group

n : jumlah kolom tiang dalam group

9.4.4 Repartisi Beban-Beban Diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

dimana :

P_v = Beban vertikal ekivalen

V = Beban vertical dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

M_x = momen terhadap sumbu x

M_y = momen terhadap sumbu y

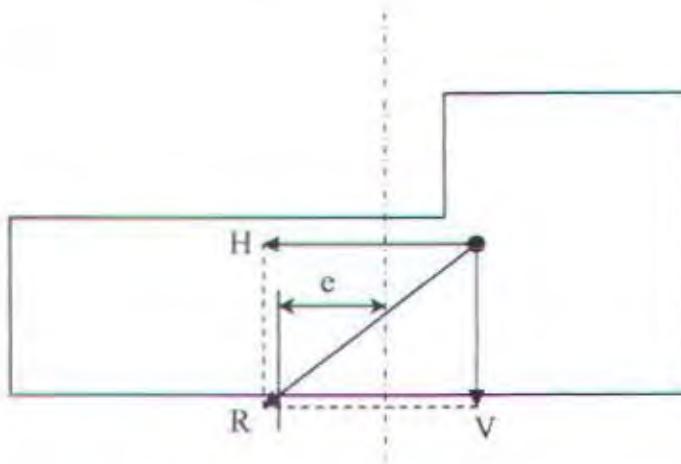
x_{\max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

y_{\max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.



Gb. 9.1 Repartisi Beban-beban Diatas Kelompok Tiang Pondasi

9.4.5 Daya Dukung Tiang Akibat Gaya Horizontal

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen ini kemudian harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horizontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Untuk Beton 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 :

$$L_2 = 2,2 L_1$$

$$L_1 = f + 1,5 D$$

$$f = \frac{H}{9.Cr.D}$$

$$Cr = 0,5.Cu$$

Dimana :

L_2 = kedalaman dimana momen lentur adalah nol

L_1 = kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum

f = panjang daerah perlawanan

C_u = harga kohesi tanah

Untuk single pile $\rightarrow D$ = diameter tiang

Untuk group pile $\rightarrow D$ = lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban

Apabila $L_{tiang} > L_2$ maka tiang dianggap sebagai tiang panjang

9.5 PERHITUNGAN PONDASI POER TYPE P1

Data-data perhitungan pondasi tiang pancang (data beban nominal):

$$P = 46231 \text{ kg}$$

$$M_x = 33525 \text{ kgm}$$

$$M_y = 16168 \text{ kgm}$$

$$H_x = 6244 \text{ kg}$$

$$H_y = 13738 \text{ kg}$$

9.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

$$N_p = \frac{30 + 19 + 27}{3} = 25,33$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa} \text{ (lanau berlempung)}$$

$$A_p = 1257 \text{ cm}^2 = 0,1257 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_p = q_p \cdot A_p &= (N_p \cdot K) \cdot A_p \\ &= (25,33 \times 20) \times 0,1257 \\ &= 63,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$N_s = \frac{10 + 11,5 + 19}{3} = 13,5$$

$$A_s = \text{keliling} \times \text{panjang tiang yang terbenam}$$

$$= 1,257 \times 20 = 25,14 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_s = q_s \cdot A_s &= \left(\frac{N_s}{3} \right) + 1 \cdot A_s \\ &= \left[\left(\frac{13,5}{3} \right) + 1 \right] \times 25,14 = 138,27 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 63,68 + 138,27 = 201,95 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_u}{S_f}$$
$$= \frac{201,95}{2} = 100,975 \text{ ton} < P_{\text{ijin tiang WIKA type 400C}} = 102,62 \text{ ton}$$

9.5.2 Daya Dukung Tiang Kelompok

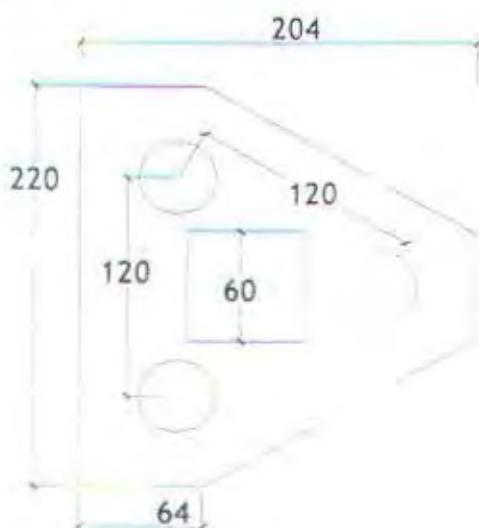
Dalam buku "Daya Dukung Pondasi Dalam" Oleh Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi BAB IX halaman 43, tertulis jarak minimum antar tiang dalam group (as ke as) adalah 2 s/d 2.5 diameter tiang dan harus \leq 3 diameter tiang. Jika jarak dari as ke as tiang pancang \geq 3, maka pengaruh dari sebuah group tiang pondasi tidak perlu diperhitungkan. Berdasarkan hal tersebut, penulis merencanakan jarak dari as ke as tiang pancang, S adalah 120 cm

$2B = 2 \times 40 = 80 \text{ cm}$ (jarak minimum) $< 120 \text{ cm}$ (jarak pakai)

$2.5B = 2.5 \times 40 = 100 \text{ cm}$ (jarak minimum) $> 120 \text{ cm}$ (jarak pakai)

$3B = 3 \times 40 = 120 \text{ cm}$ (jarak maksimum) = 120 cm (jarak pakai)

Jadi $S = 120 \text{ cm}$ memenuhi persyaratan diatas.



Gb. 9.2 Rencana Penempatan Tiang Pancang Type P1

Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Perhitungan Koefisien C_e

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan}\left(\frac{h}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan}\left(\frac{40}{120}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) = 0.928$$

$$Q_{L \text{ (group)}} = Q_{L \text{ (tiang)}} \times n \times C_e$$

$$Q_{L \text{ (group)}} = 100975 \times 3 \times 0.928 = 281114.4 \text{ kg}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

a. reaksi kolom	= 46231 kg
b. berat poer = $[(2,2 \times 0,64) + (0,5 \times (2,2 + 0,6) \times 1,4)] \times 0,8 \times 2400$	= 6466,56 kg +
Berat total	= 52697,56 kg
52697,56 kg < 281114,4 kg [Q _L (group)]OK!

➤ Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok (Beban_{eq} 1 Tiang Pancang)

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

$$P_v = \frac{52697,56}{3} + \frac{33525 \times 0,6}{(0,6^2 + 0,6^2)} + \frac{16168 \times 0,69}{(0,35^2 + 0,69^2)} = 64140,039 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimum yang diterima oleh satu buah tiang pancang yang dikelompokkan dengan kepala poer adalah :

$$P_v = 64140,039 \text{ kg} < Q_{ijin} = 100975 \times 0,928 = 93704,8 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

$$P_v = 64140,039 \text{ kg} < P_{ijin \text{ tiang}} = 100975 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

9.5.3 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Agar tiang pancang mampu menerima beban lateral yang terjadi, maka kekuatan tiang pancang tersebut harus dikontrol terhadap beban lateral yang terjadi.

Dari spesifikasi data tiang pancang dan data beban lateral yang terjadi, didapatkan :

- Bending Momen (Crack) = 17 tm
- Bending Momen (Ultimate) = 34 tm
- H_x = 6244 kg = 6,244 ton
- H_y = 13738 kg = 13,738 ton

$$- H_o = \sqrt{6,244^2 + 13,738^2} = 15,09 \text{ ton}$$

Checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga C_r , yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$C_r = 0,5 C_u$$

C_u = kekuatan kohesi tanah

Harga C_u diperoleh dari hasil test triaksial

$$\text{Sehingga } C_r = 0,5 \times 0,92 = 0,46 \text{ kg/cm}^2 = 4,6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Dalam 1 titik terdapat 3 tiang sehingga harga } H_o = \frac{15,09}{3} = 5,03 \text{ ton}$$

Sehingga kategori tiang dapat dihitung :

$$f = \frac{H_o}{9 \times C_r \times D} = \frac{5,03}{9 \times 4,6 \times 0,4} = 0,304 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 0,304 + (1,5 \times 0,4) = 0,904 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 L_1 = 2,2 \times 0,904 = 1,989 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 20 m > 1,989 m ; jadi tiang termasuk kategori tiang panjang.

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$\begin{aligned} H_{o \text{ tiang}} &= 9 \times C_u \times D \times (L_1 - 1,5 D) \\ &= 9 \times 4,6 \times 0,4 \times (0,904 - (1,5 \times 0,4)) \\ &= 5,044 \text{ ton} > H_{o \text{ terjadi}} = 5,03 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{\text{ult yang terjadi}} &= H_o \times (1,5 D + 0,5 F) \\ &= 5,03 \times ((1,5 \times 0,4) + (0,5 \times 0,304)) \\ &= 3,783 \text{ ton.m} < M_{\text{ult tiang}} = 34 \text{ ton.m} \dots \dots \dots \text{OK!} \\ &< M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton.m} \dots \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

9.5.4 Perhitungan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser *ponds* pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

9.5.4.1 Data-data perancangan poer

$$- P_u = 46231 \text{ kg} = 46,231 \text{ ton}$$

- Jumlah tiang pancang = 3
- Dimensi kolom = 600 x 600 mm
- Sedangkan untuk data-data dari poer adalah sebagai berikut
 - Tebal poer = 0.80 m
 - Mutu beton (f_c') = 30 MPa
 - Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 - Diameter tulangan 22 mm ($A_v = 380,133 \text{ mm}^2$)
 - Selimut beton = 50 mm

$$\text{Tinggi efektif (d)} : d_x = 800 - 50 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 717 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 739 \text{ mm}$$

9.5.4.2 Kontrol Geser Ponds

Pada pelat atau pondasi telapak, kuat geser terhadap beban terpusat ditentukan oleh kondisi aksi balok dan aksi dua arah. Perencanaan pondasi tersebut harus memenuhi ketentuan pasal 13.4.11 butir 1-2 SNI 03-2847-2002, yaitu aksi dua arah dari pondasi telapak, dengan suatu penampang kritis yang tegak lurus terhadap bidang pelat dan terletak sedemikian hingga perimeter, b_o penampang adalah minimum, tetapi tidak perlu lebih dekat dari $d/2$ terhadap perimeter beban terpusat atau daerah reaksi.

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini ditegaskan pada SNI 03-2847-2002 pasal 13.4.11 butir 2-1. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$\phi \cdot Vc = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_o \times d$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\Omega Vc = \Omega \times \frac{1}{2} \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

βc = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi

$$= \frac{600}{600} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

- Keliling penampang kritis

$$bo = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$bo = 2(600 + 717) + 2(600 + 717) = 5268 \text{ mm}$$

- Batas geser pons

$$\phi Vc = 0,6 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 5268 \times 717 = 6206500,633 \text{ N} = 620,65 \text{ ton}$$

$$\Phi Vc = 0,6 \times \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 5268 \times 717 = 4137667,089 \text{ N} = 413,767 \text{ ton}$$

$$Pu = 46,231 \text{ ton} < \Phi Vc = 413,767 \text{ ton}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds

- Perhitungan geser pons akibat tiang pancang

$$bo = \pi(\phi pile + h/2)$$

$$= \pi(400 + 800/2) = 2513,274 \text{ mm}$$

$$\phi Vc = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bo \cdot d$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 2513,274 \times 400 = 1101261,49 \text{ N}$$

$$Pu = 46,231 \text{ ton} < 110,126 \text{ ton}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser

9.5.4.3 Penulangan poer

Penulangan lentur

Pada penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang (gaya perlawanan tanah) sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

Perhitungan :

$$q_u = [2400 \times (1,19) \times 0,8] = 2284,8 \text{ kg/m}$$

$$P_u = Q_{L(1 \text{ luang})} \times SF$$

$$\begin{aligned} &= 100975 \times 2 = 201950 \text{ kg} \\ \text{Mu} &= [201950 \times (0,69)] - [\frac{1}{2} \times 2284,8 \times 1,19^2] \\ &= 137727,747 \text{ kgm} = 137727,747 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Penulangan lentur arah x

$$\frac{\text{Mu}}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{137727,747 \times 10^4}{(1190) \times 717^2 \times 30} = 0,0506$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,068$

$$\begin{aligned} \rho &= \omega \times f'_c / f_y \\ \rho &= 0,068 \times 30 / 390 = 0,00525 > \rho_{\min} \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} = 0,0036 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00525 \times 1190 \times 717 = 4482,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D22 – 100 ($A_s = 4523,579 \text{ mm}^2$) arah lebar 1190 mm

Untuk tulangan atas (tekan), A_s' :

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 A_s \\ A_s' &= 0,5 \times 4482,82 = 2241,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D22 – 200 ($A_s' = 2261,79 \text{ mm}^2$) arah lebar 1190 mm

Penulangan lentur arah y

$$\frac{\text{Mu}}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{137727,747 \times 10^4}{(1190) \times 739^2 \times 30} = 0,0485$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,065$

$$\begin{aligned} \rho &= \omega \times f'_c / f_y \\ \rho &= 0,065 \times 30 / 390 = 0,00501 > \rho_{\min} \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} = 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= p \cdot b \cdot d \\ &= 0,00501 \times 1190 \times 739 = 4403,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D22 – 100 ($As = 4523,579 \text{ mm}^2$) arah lebar 1190 mm

Untuk tulangan atas (tekan), As' :

$$\begin{aligned} As' &= 0,5 As \\ As' &= 0,5 \times 4403,84 = 2201,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D22 – 200 ($As' = 2261,79 \text{ mm}^2$) arah lebar 1190 mm

9.5.5 Perencanaan Sloof

Pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam dua arah yang pada umumnya saling tegak lurus oleh unsur-unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10 % dari beban vertical maksimum pada pembebanan gempa pada salah satu pondasi yang dihubungkan.

Untuk menghubungkan dua pondasi dalam dua arah yang pada umumnya saling tegak lurus, maka digunakan unsur penghubung berupa *sloof*. *Sloof* berfungsi untuk menghubungkan beban atau mendistribusikan beban yang diterima oleh sebuah pondasi ke pondasi yang lain. Selain itu *sloof* juga berfungsi untuk menahan beban dinding.

Adapun beban-beban yang diterima sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik (pada sloof) yang berasal dari 10 % beban aksial kolom.

9.5.5.1 Dimensi Sloof

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu $P_u = 46231 \text{ kg}$

Penentuan dimensi dari *sloof* dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

Data perencanaan :

- $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 390 \text{ MPa}$
- $b = 400 \text{ mm}$

- $h = 600 \text{ mm}$
- Decking = 50 mm
- Tulangan utama = $\phi 19$
- Tulangan sengkang = $\phi 10$
- $d = 600 - 50 - 10 - (1/2 \times 19) = 530,5 \text{ mm}$

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ MPa}$$

$$f_{rada} = \frac{10\% \times P_u}{\phi \times b \times h} = \frac{0.1 \times 46231}{0.8 \times 400 \times 600} = 0,0241 \text{ MPa} < f_r = 3,7813 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

9.5.5.2 Penulangan Sloof

Kombinasi Lentur dan Aksial Tarik :

Beban akibat lentur :

- Berat sloof = $0,4 \times 0,6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$
- Berat dinding = $4,2 \times 250 = 1050 \text{ kg/m}$

$$q_{ult} = 1,2 \times (576 + 1050) = 1951,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_{ult} \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1951,2 \times 2,16^2 \\ &= 1137,94 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\frac{Mu}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{1137,94 \times 10^4}{(400) \times 530,5^2 \times 30} = 0,0034$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,004$

$$\rho = \omega \times f'_c / f_y$$

$$\rho = 0,004 \times 30 / 390 = 0,0003 < \rho_{min} \rightarrow \text{pakai } \rho_{min} \dots \text{OK!}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$AS_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0036 \times 400 \times 530,5 = 763,92 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lentur 3 D 19 ($As = 850,6 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan tekan, As' :

$$As' = 0,5 As$$

$$As' = 0,5 \times 763,92 = 381,96 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 19 ($A_s = 567,1 \text{ mm}^2$)

Penulangan Geser :

Geser yang terjadi :

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ = \frac{1}{2} \times 1951,2 \text{ kg/m} \times 2,16 = 2107,296 \text{ kg} = 21072,96 \text{ N}$$

$$Vc_{\max} = \phi \cdot \gamma'_s \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ = 0,6 \times \gamma'_s \times \sqrt{30} \times 400 \times 530,5 = 464906,907 \text{ N} > V_u$$

$$\phi \cdot Vc = \phi \cdot \gamma'_s \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \\ = 0,6 \times \gamma'_s \times \sqrt{30} \times 400 \times 530,5 \left(1 + \frac{46,231}{14 \times 400 \times 600} \right) = 116228,326 \text{ N} > V_u$$

Dipasang tulangan praktis $\varnothing 10 - 200$

9.5.5.3 Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak

Dalam kondisi ini beton dan tulangan bersama-sama memikul gaya tarik. Jika tegangan beton yang terjadi telah melampaui tegangan retak (f_r), maka beton akan mengalami retak.

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 25742,9602 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{25742,9602} = 7,769$$

$$A_s = A_s' = 381,96 \text{ mm}^2$$

$$A_t = A_g + (n-1) \cdot A_s$$

$$= (400 \times 600) + (7,769-1) \times 381,96 = 242585,487 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{\frac{1}{2} \cdot h} = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 400 \times 600^2 = 24000000 \text{ mm}^3$$

$$f = \frac{N_u}{A_t} + \frac{M_u}{W}$$

$$= \frac{4623,2}{242585,487} + \frac{5487750}{24000000} = 0,248 \text{ MPa}$$

$f < f_r = 3,83 \text{ MPa}$ (beton belum retak).....OK!

9.5.5.4 Kontrol Sloof Setelah Beton Retak

Pada kondisi ini yang menerima gaya tarik adalah tulangan baja saja, sedangkan beton sudah tidak menerima gaya tarik lagi. Dan tegangan yang terjadi harus dibawah tegangan tarik ijin dari tulangan yang digunakan.

$$f_t \text{ ijin} = 0,75 \times f_y = 0,75 \times 390 = 292,5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= h/2 - d_c - \phi \text{ sengkang} - 0,5 D_{\text{tulangan utama}} \\ &= 600/2 - 50 - 0,5 \times 19 = 240,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$W_s = 2 \cdot A_s \cdot d_1 = 2 \times 381,96 \times 240,5 = 183722,76 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{N_u}{A_s} + \frac{M_u}{W_s} \\ &= \frac{4623,2}{381,96} + \frac{5487750}{183722,76} = 41,974 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$f_t < f_t \text{ ijin}$ (tulangan cukup kuat untuk menerima gaya tarik) OK!

9.6 PERHITUNGAN PONDASI TIANG PANCANG TYPE P2

Data-data perhitungan pondasi tiang pancang (data beban nominal):

$$P = 18640 \text{ kg}$$

$$M_x = 33525 \text{ kgm}$$

$$M_y = 16168 \text{ kgm}$$

$$H_x = 6244 \text{ kg}$$

$$H_y = 13738 \text{ kg}$$

9.6.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

$$N_p = \frac{30 + 19 + 27}{3} = 25,33$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa} \quad (\text{lanau berlempung})$$

$$A_p = 1257 \text{ cm}^2 = 0,1257 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \\ &= (25,33 \times 20) \times 0,1257 \\ &= 63,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$N_s = \frac{10 + 11,5 + 19}{3} = 13,5$$

$A_s = \text{keliling} \times \text{panjang tiang yang terbenam}$

$$= 1,257 \times 20 = 25,14 \text{ m}^2$$

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} \right) + 1 \cdot A_s$$

$$= \left[\left(\frac{13,5}{3} \right) + 1 \right] \times 25,14 = 138,27 \text{ ton}$$

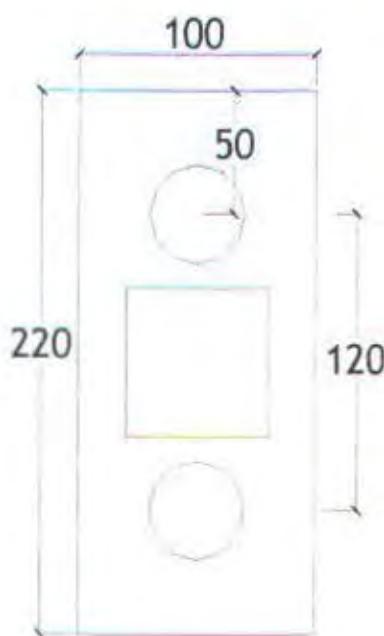
$Q_u = Q_p + Q_s$

$$= 63,68 + 138,27 = 201,95 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ijin tiang}} = \frac{Q_u}{Sf}$$

$$= \frac{201,95}{2} = 100,975 \text{ ton} < P_{\text{ijin tiang WIKA type 400C}} = 102,62 \text{ ton}$$

9.6.2 Daya Dukung Tiang Kelompok



Gb. 9.3 Rencana Penempatan Tiang Pancang Type P2

$$2B = 2 \times 40 = 80 \text{ cm} \text{ (jarak minimum)} < 120 \text{ cm} \text{ (jarak pakai)}$$

$$2.5B = 2.5 \times 40 = 100 \text{ cm} \text{ (jarak minimum)} \leq 120 \text{ cm} \text{ (jarak pakai)}$$

$$3B = 3 \times 40 = 120 \text{ cm} \text{ (jarak maksimum)} = 120 \text{ cm} \text{ (jarak pakai)}$$

Jadi $S = 120 \text{ cm}$ memenuhi persyaratan diatas.

➤ **Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok**

Perhitungan Koefisien Ce

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$Ce = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$Ce = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{40}{120}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{1}\right) = 0,398$$

$$Q_{t, \text{(group)}} = Q_{t, \text{(1 tiang)}} \times n \times C_e$$

$$Q_{t, \text{(group)}} = 100975 \times 2 \times 0,398 = 80376,1 \text{ kg}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

a. reaksi kolom = 16840 kg

b. berat poer = 1 x 2,2 x 0,8 x 2400 = 4224 kg +

Berat total = 21064 kg

$$21064 \text{ kg} < 80376,1 \text{ kg } [Q_{t, \text{(group)}}] \dots \dots \dots \text{OK!}$$

➤ **Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok (Beban_{eq} 1 Tiang Pancang)**

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2}$$

$$P_v = \frac{21064}{2} + \frac{33525 \times 0}{0^2} + \frac{16168 \times 0,6}{(0,6^2 + 0,6^2)} = 24005,333 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimum yang diterima oleh satu buah tiang pancang yang dikelompokkan dengan kepala poer adalah :

$$P_v = 24005,333 \text{ kg} < Q_{ijin} = 100975 \times 0,398 = 40188,05 \text{ kg} \dots \dots \text{OK!}$$

$$P_v = 24005,333 \text{ kg} < P_{ijin \text{ tiang}} = 100975 \text{ kg} \dots \dots \text{OK!}$$

9.6.3 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral

Agar tiang pancang mampu menerima beban lateral yang terjadi, maka kekuatan tiang pancang tersebut harus dikontrol terhadap beban lateral yang terjadi.

Dari spesifikasi data tiang pancang dan data beban lateral yang terjadi, didapatkan :

- Bending Momen (Crack) = 17 tm

- Bending Momen (Ultimate) = 34 tm
- $H_x = 6244 \text{ kg} = 6,244 \text{ ton}$
- $H_y = 13738 \text{ kg} = 13,738 \text{ ton}$
- $H_o = \sqrt{6,244^2 + 13,738^2} = 15,09 \text{ ton}$

Checking tiang panjang atau tiang pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga C_r , yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$C_r = 0,5 C_u$$

C_u = kekuatan kohesi tanah

Harga C_u diperoleh dari hasil test triaksial

$$\text{Sehingga } C_r = 0,5 \times 0,92 = 0,46 \text{ kg/cm}^2 = 4,6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Dalam 1 titik terdapat 2 tiang sehingga harga } H_o = \frac{15,09}{2} = 7,545 \text{ ton}$$

Sehingga kategori tiang dapat dihitung :

$$f = \frac{H_o}{9 \times C_r \times D} = \frac{7,545}{9 \times 4,6 \times 0,4} = 0,456 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 0,456 + (1,5 \times 0,4) = 1,056 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 L_1 = 2,2 \times 1,056 = 3,313 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 20 m > 3,313 m ; jadi tiang termasuk kategori tiang panjang.

- Untuk tiang pancang yang ujungnya tertahan (restraint pile) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$\begin{aligned} H_{o, \text{tiang}} &= 9 \times C_u \times D \times (L_1 - 1,5 D) \\ &= 9 \times 4,6 \times 0,4 \times (1,056 - (1,5 \times 0,4)) \\ &= 7,55 \text{ ton} > H_{o, \text{terjadi}} = 7,545 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{\text{ult yang terjadi}} &= H_o \times (1,5 D + 0,5 F) \\ &= 7,55 \times ((1,5 \times 0,4) + (0,5 \times 0,456)) \\ &= 6,251 \text{ ton.m} < M_{\text{ult tiang}} = 34 \text{ ton.m} \dots \dots \dots \text{OK!} \\ &< M_{\text{crack}} = 17 \text{ ton.m} \dots \dots \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

9.6.4 Perhitungan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser *ponds* pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

9.6.4.1 Data-data perancangan poer

- $P_u = 16840 \text{ kg} = 16,84 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang = 2
- Dimensi kolom = $600 \times 600 \text{ mm}$
- Sedangkan untuk data-data dari poer adalah sebagai berikut
 - Tebal poer = 0.80 m
 - Mutu beton (f'_c) = 30 MPa
 - Mutu baja (f_y) = 390 MPa
 - Diameter tulangan 22 mm ($A_v = 380,133 \text{ mm}^2$)
 - Selimut beton = 50 mm

Tinggi efektif (d) : $d_x = 800 - 50 - 22 - \frac{1}{2}.22 = 717 \text{ mm}$

$$d_y = 800 - 50 - \frac{1}{2}.22 = 739 \text{ mm}$$

9.6.4.2 Kontrol Geser Ponds

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini ditegaskan pada SNI 03-2847-2002 pasal 13.4.11 butir 2-1. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$\phi.V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_o \times d$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\Omega V_c = \Omega \times \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

dimana :

βc = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi

$$= \frac{600}{600} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

- Keliling penampang kritis

$$bo = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$bo = 2(600 + 717) + 2(600 + 717) = 5268 \text{ mm}$$

- Batas geser pons

$$\phi Vc = 0,6 \left(1 + \frac{2}{1}\right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 5268 \times 717 = 6206500,633 \text{ N} = 620,65 \text{ ton}$$

$$\Phi Vc = 0,6 \times \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \times 5268 \times 717 = 4137667,089 \text{ N} = 413,767 \text{ ton}$$

$$Pu = 16,84 \text{ ton} < \Phi Vc = 413,767 \text{ ton}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds

- Perhitungan geser pons akibat tiang pancang

$$bo = \pi(\phi pile + h/2)$$

$$= \pi(400 + 800/2) = 2513,274 \text{ mm}$$

$$\phi Vc = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bo \cdot d$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 2513,274 \times 400 = 1101261,49 \text{ N}$$

$$Pu = 16,84 \text{ ton} < 110,126 \text{ ton}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser

9.6.4.3 Penulangan poer

Penulangan lentur

Pada penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang (gaya perlawan tanah) sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

Perhitungan :

$$q_u = [2400 \times (2,2/2) \times 0,8] = 2112 \text{ kg/m}$$

$$P_u = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times SF$$

$$= 100975 \times 2 = 201950 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Mu &= [201950 \times (0,6)] - [\frac{1}{2} \times 2400 \times 1,1^2] \\ &= 119718 \text{ kgm} = 119718 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Penulangan lentur arah x

$$\frac{Mu}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{119718 \times 10^4}{(1100) \times 717^2 \times 30} = 0,0479$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,064$

$$\rho = \omega \times f'_c / f_y$$

$$\rho = 0,064 \times 30 / 390 = 0,00496 > \rho_{\min}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

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

$$= 0,00496 \times 1100 \times 717 = 3915,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D22 - 100 ($A_s = 4181,46 \text{ mm}^2$) arah lebar 1100 mm

Untuk tulangan atas (tekan), A_s' :

$$A_s' = 0,5 A_s$$

$$A_s' = 0,5 \times 3915,25 = 1957,625 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D22 - 200 ($A_s' = 2090,73 \text{ mm}^2$) arah lebar 1100 mm

Penulangan lentur arah y

$$\frac{Mu}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{119718 \times 10^4}{(1100) \times 739^2 \times 30} = 0,0444$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,059$

$$\rho = \omega \times f'_c / f_y$$

$$\rho = 0,059 \times 30 / 390 = 0,0045 > \rho_{\min}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

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

$$= 0,0045 \times 1100 \times 739 = 3690,3 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D22 - 100 ($A_s = 4181,46 \text{ mm}^2$) arah lebar 1100 mm

Untuk tulangan atas (tekan), A_s' :

$$As' = 0.5 As$$

$$As' = 0.5 \times 3690,3 = 1845,15 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D22 – 200 ($As' = 2090,73 \text{ mm}^2$) arah lebar 1100 mm

9.6.5 Perencanaan Sloof

Adapun beban-beban yang diterima sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik (pada sloof) yang berasal dari 10 % beban aksial kolom.

9.6.5.1 Dimensi Sloof

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu $P_u = 41116 \text{ kg}$

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

Data perencanaan :

- $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 390 \text{ MPa}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $h = 600 \text{ mm}$
- Decking = 50 mm
- Tulangan utama = $\phi 19$
- Tulangan sengkang = $\phi 10$
- $d = 600 - 50 - 10 - (1/2 \times 19) = 530,5 \text{ mm}$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ Mpa}$$

$$f_{rada} = \frac{10\% \times P_u}{\phi \times b \times h} = \frac{0,1 \times 18640}{0,8 \times 400 \times 600} = 0,0097 \text{ MPa} < f_r = 3,7813 \text{ MPa} \dots \text{OK!}$$

9.6.5.2 Penulangan Sloof

Kombinasi Lentur dan Aksial Tarik :

Beban akibat lentur :

$$\text{- Berat sloof} = 0.4 \times 0.6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 4,2 \times 250 = 1050 \text{ kg/m}$$

$$q_{ult} = 1,2 \times (576 + 1050) = 1951,2 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 1951,2 \times 2,2^2$$

$$= 1180,476 \text{ kgm}$$

$$\frac{Mu}{b \times d^2 \times f'c} = \frac{1180,476 \times 10^4}{(400) \times 530,5^2 \times 30} = 0,0035$$

Dengan menggunakan tabel momen berfaktor penampang persegi untuk tulangan rangkap $\delta = 0,5$, didapatkan nilai $\omega = 0,004$

$$\rho = \omega \times f'_c / f_y$$

$$\rho = 0,004 \times 30 / 390 = 0,00031 < \rho_{min} \rightarrow \text{pakai } \rho_{min} \dots \text{OK!}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

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

$$= 0,0036 \times 400 \times 530,5 = 763,92 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lentur 3 D 19 ($A_s = 850,6 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan tekan, A_s' :

$$A_s' = 0,5 A_s$$

$$A_s' = 0,5 \times 763,92 = 381,96 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 19 ($A_s' = 567,1 \text{ mm}^2$)

Penulangan Geser :

Geser yang terjadi :

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 1951,2 \text{ kg/m} \times 2,2 = 2146,32 \text{ kg} = 21463,2 \text{ N}$$

$$V_{C_{max}} = \phi \cdot \gamma_3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,6 \times \gamma_3 \times \sqrt{30} \times 400 \times 530,5 = 464906,907 \text{ N} > V_u$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \gamma_3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right)$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 530,5 \left(1 + \frac{18,64}{14 \times 400 \times 600} \right) = 116227,372 N > Vu$$

Dipasang tulangan praktis $\varnothing 10 - 200$

9.6.5.3 Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak

Dalam kondisi ini beton dan tulangan bersama-sama memikul gaya tarik. Jika tegangan beton yang terjadi telah melampaui tegangan retak (f_r), maka beton akan mengalami retak.

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_{c'}} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_{c'}} = 25742,9602 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{25742,9602} = 7,769$$

$$A_s = A_s' = 381,96 \text{ mm}^2$$

$$A_t = A_g + (n-1) \cdot A_s$$

$$= (400 \times 600) + (7,769-1) \times 381,96 = 242585,487 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{\frac{1}{2} \cdot h} = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 400 \times 600^2 = 24000000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{N_u}{A_t} + \frac{M_u}{W} \\ &= \frac{4623,2}{242585,487} + \frac{5487750}{24000000} = 0,248 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$f < f_r = 3,83 \text{ MPa}$ (beton belum retak).....OK!

9.6.5.4 Kontrol Sloof Setelah Beton Retak

Pada kondisi ini yang menerima gaya tarik adalah tulangan baja saja, sedangkan beton sudah tidak menerima gaya tarik lagi. Dan tegangan yang terjadi harus dibawah tegangan tarik ijin dari tulangan yang digunakan.

$$f_t \text{ ijin} = 0,75 \times f_y = 0,75 \times 390 = 292,5 \text{ MPa}$$

$$d_1 = h/2 - d_e - \phi \text{ sengkang} - 0,5 \cdot D_{\text{tulangan utama}}$$

$$= 600/2 - 50 - 0,5 \times 19 = 240,5 \text{ mm}$$

$$W_s = 2 \cdot A_s \cdot d_1 = 2 \times 381,96 \times 240,5 = 183722,76 \text{ mm}^2$$

$$f = \frac{Nu}{As} + \frac{Mu}{Ws}$$
$$= \frac{1864}{381,96} + \frac{5487750}{183722,76} = 34,75 \text{ MPa}$$

$f < f_t$ ijin (tulangan cukup kuat untuk menerima gaya tarik) OK!

BAB X
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan elemen pracetak dapat dibuat mendekati sifat monolit dari pekerjaan yang dilakukan dengan system cor setempat, dengan pemilihan tipe sambungan yang disesuaikan dengan keadaan dari struktur yang direncanakan, misalnya lokasi zone gempa dari gedung yang ditinjau, analisa struktur dari gedung dan yang lainnya.
2. Penggunaan system *Momen Resisting Frame* dalam pada perencanaan struktur dinilai tepat, mengingat kecilnya pengaruh dari gaya lateral yang terjadi sehingga dalam perencanaan tidak diperlukan metoda *Building Frame Sistem* yang memerlukan perhitungan *shear wall*.
3. Pelaksanaan metode pracetak menjadi sesuatu hal yang sangat mungkin untuk diterapkan di Indonesia melihat dari metode pelaksanaannya, namun disini diperlukan keahlian dan ketelitian yang tinggi.
4. Struktur balok pratekan telah direncanakan dengan kemampuan memikul beban-beban luar berdasarkan persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Perencanaan didasarkan pada metode pelaksanaan dilapangan. Perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan dan perilaku komponen struktur pada tahap transfer dan tahap *service*.
5. Kehilangan pratekan adalah factor penting dalam perencanaan balok pratekan , karena dapat mengurangi kekuatan balok pratekan pada khususnya dan dapat mengurangi kekuatan struktur secara keseluruhan. Kehilangan pratekan harus direncanakan dengan batasan yang telah ditentukan.
6. Gaya Pratekan mempengaruhi secara langsung beban yang dipikul oleh kolom. Pengaruh terbesar terdapat pada kolom terbawah yang memikul balok pratekan

tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan penambahan jumlah tulangan lentur-aksial kolom secara gradual berdasarkan penambahan beban akibat gaya pratekan.

7. Struktur gedung yang direncanakan dengan daktilitas parsial secara keseluruhan telah memenuhi persyaratan keamanan struktur, berdasarkan kekuatan dan deformasi yang timbul akibat beban yang bekerja pada struktur tersebut, termasuk didalamnya pengaruh gaya pratekan pada balok-balok pratekan.
8. Pendetailan- pendetailan komponen struktur telah dituangkan dalam gambar.

10.2 SARAN-SARAN

1. Riset dan pengembangan teknologi pracetak perlu ditingkatkan untuk memasyarakatkan sistem pracetak pada jasa konstruksi di Indonesia.
2. 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.
3. Perlu dibuat kerjasama yang terpadu antara produsen elemen struktur pracetak dan pelaku konstruksi di lapangan, untuk menghindari terjadinya stok elemen habis maupun terjadinya terjadinya penumpukan elemen pracetak yang terlalu lama.
4. Diadakannya tinjauan kecepatan pelaksanaan konstruksi tiap lantai dan melakukan analisa biaya pada pelaksanaan konstruksi beton pracetak, karena analisa waktu dan biaya adalah alas an utama diterapkannya metode konstruksi pracetak.
5. Perlu diperhatikan secara khusus tentang metode pelaksanaan pada struktur dengan balok-balok pratekan yang sangat berpengaruh pada analisa dan kekuatan struktur secara keseluruhan, karena pengaruh gaya pratekan cukup besar oleh karena itu komunikasi dan koordinasi yang tepat antara perencana, pelaksana dan pengawas lapangan sangat diperlukan.
6. Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan estetika

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **Peraturan Pembebaan Indonesia Untuk Gedung 1983**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, **Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I.-2**, Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, **Pedoman Perencanaan Bangunan Baja Untuk Gedung**, Direktorat Jendral Cipta Karya.
- International Conference of Building Officials, 1997, **Uniform Building Code**, Whittier, California.
- Chu Kia Wang & C.G.Salmon, 1990, **Desain Beton Bertulang**, Jakarta, Erlangga, Jilid I dan II, Edisi Keempat.
- T. Y. Lin dan H. Burns, **Desain Struktur Beton Prategang**, Erlangga, Jakarta.
- PCI, 1992, **PCI Design Hand-Book Precast and Prestress Concrete**, Chicago, Illinois, Fourth Edition.
- Philip, R. William & Sheppard, A. David, 1980, **Plan Cast Precast and Prestressed Concrete**, a Design Guide, Chicago, Illinois.
- Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, 1999, **Daya Dukung Pondasi Dalam**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan, 2000, **Tabel Grafik dan Diagram Interaksi Untuk Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 1991**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran I

PERENCANAAN PELAT, KOLOM DAN
BALOK

Tabel Luas Tulangan Plat per 1000 mm Lebar (mm²)

Jarak (mm)	Diameter Tulangan (mm)											
	6	8	9	10	12	13	14	15	18	19	20	
50	565.5	1005.3	1272.3	1570.8	2261.9	2654.6	3078.8	4021.2	5089.4	5670.6	6283.2	
55	514.1	913.9	1156.7	1428.0	2056.3	2413.3	2798.9	3655.7	4626.7	5155.1	5712.0	
60	471.2	837.8	1060.3	1309.0	1885.0	2212.2	2565.6	3351.0	4241.2	4725.5	5236.0	
65	435.0	773.3	978.7	1208.3	1740.0	2042.0	2368.3	3093.3	3914.9	4362.0	4833.2	
70	403.9	718.1	908.8	1122.0	1615.7	1896.2	2199.1	2872.3	3635.3	4050.4	4488.0	
75	377.0	670.2	846.2	1047.2	1508.0	1769.8	2052.5	2680.8	3392.9	3780.4	4188.8	
80	351.4	629.3	795.2	981.7	1413.7	1659.2	1924.2	2513.3	3180.9	3544.1	3927.0	
85	332.6	591.4	748.4	924.0	1330.6	1561.6	1811.0	2365.4	2993.8	3335.6	3696.0	
90	314.2	558.5	706.9	872.7	1256.6	1474.8	1710.4	2234.0	2827.4	3150.3	3490.7	
95	297.6	529.1	669.7	826.7	1190.5	1397.2	1620.4	2116.4	2678.6	2984.5	3306.9	
100	282.7	502.7	636.2	785.4	1131.0	1327.3	1539.4	2010.6	2544.7	2835.3	3141.6	
105	269.3	478.7	605.9	748.0	1077.1	1264.1	1466.1	1914.9	2423.5	2700.3	2992.0	
110	257.0	457.0	578.3	714.0	1028.2	1206.7	1399.4	1827.8	2313.4	2577.5	2856.0	
115	245.9	437.1	553.2	683.0	983.5	1154.2	1338.6	1748.4	2212.8	2465.5	2731.8	
120	235.6	418.9	530.1	654.5	942.5	1106.1	1282.8	1675.5	2120.6	2362.7	2618.0	
125	226.2	402.1	508.9	628.3	904.8	1061.1	1231.5	1608.5	2035.8	2268.2	2513.3	
130	217.5	386.7	489.4	604.2	870.0	1021.0	1184.1	1546.6	1957.5	2181.0	2416.6	
135	209.4	372.3	471.2	581.8	837.8	983.2	1140.3	1489.3	1885.0	2100.2	2327.1	
140	202.0	359.0	454.4	561.0	807.8	948.1	1099.6	1436.2	1817.6	2025.2	2244.0	
145	195.0	346.7	438.7	541.7	780.0	915.4	1061.6	1386.6	1755.0	1955.4	2166.6	
150	188.5	335.1	424.1	523.6	754.0	884.9	1026.3	1340.4	1696.5	1890.2	2094.4	
155	182.4	324.3	410.4	506.7	729.7	856.3	993.1	1297.2	1641.7	1829.2	2026.8	
160	176.7	314.2	397.6	490.9	706.9	829.6	962.1	1256.6	1590.4	1772.1	1963.5	
165	171.4	304.6	385.6	476.0	685.4	804.4	933.0	1218.6	1542.2	1718.4	1904.0	
170	166.3	295.7	374.2	462.0	665.3	780.8	905.5	1182.7	1496.9	1667.8	1848.0	
175	161.6	287.2	363.5	448.8	646.3	758.5	879.6	1148.9	1454.1	1620.2	1795.2	
180	157.1	279.3	353.4	436.3	628.3	737.4	855.2	1117.0	1413.7	1575.2	1745.3	
185	152.8	271.7	343.9	424.5	611.3	717.5	832.1	1086.3	1375.5	1532.6	1698.2	
190	148.8	264.6	334.8	413.4	595.2	698.6	810.2	1058.2	1339.3	1492.3	1653.5	
195	145.0	257.8	326.2	402.8	580.0	680.7	789.4	1031.1	1305.0	1454.0	1611.1	
200	141.4	251.3	318.1	392.7	565.5	663.7	769.7	1005.3	1272.3	1417.6	1570.8	
205	137.9	245.2	310.3	383.1	551.7	647.5	750.9	980.8	1241.3	1383.1	1532.5	
210	134.6	239.4	302.9	374.0	538.6	632.1	733.0	957.4	1211.8	1350.1	1496.0	
215	131.5	233.8	295.9	365.3	526.0	617.4	716.0	935.2	1183.6	1318.7	1461.2	
220	128.5	228.5	289.2	357.0	514.1	603.3	699.7	913.9	1156.7	1288.8	1428.0	
225	125.7	223.4	282.7	349.1	502.7	589.9	684.2	893.6	1131.0	1260.1	1396.3	
230	122.9	218.5	276.6	341.5	491.7	577.1	669.3	874.2	1106.4	1232.7	1365.9	
235	120.3	213.9	270.7	334.2	481.3	564.8	655.1	855.6	1082.8	1206.5	1336.8	
240	117.8	209.4	265.1	327.2	471.2	553.1	641.4	837.8	1060.3	1181.4	1309.0	
245	115.4	205.2	259.7	320.6	461.6	541.8	628.3	820.7	1038.6	1157.3	1282.3	
250	113.1	201.1	254.5	314.2	452.4	530.9	615.8	804.2	1017.9	1134.1	1256.6	
255	110.9	197.1	249.5	308.0	443.5	520.5	603.7	788.5	997.9	1111.9	1232.0	
260	108.7	193.3	244.7	302.1	435.0	510.5	592.1	773.3	978.7	1090.5	1208.3	
265	106.7	189.7	240.1	296.4	426.8	500.9	580.9	758.7	960.3	1069.9	1185.5	
270	104.7	186.2	235.6	290.9	418.9	491.6	570.1	744.7	942.5	1050.1	1163.6	
275	102.8	182.8	231.3	285.6	411.3	482.7	559.8	731.1	925.3	1031.0	1142.4	
280	101.0	179.5	227.2	280.5	403.9	474.0	549.8	718.1	908.8	1012.6	1122.0	
285	99.2	176.4	223.2	275.6	396.8	465.7	540.1	705.5	892.9	994.8	1102.3	
290	97.5	173.3	219.4	270.8	390.0	457.7	530.8	693.3	877.5	977.7	1083.3	
295	95.8	170.4	215.7	266.2	383.4	449.9	521.8	681.6	862.6	961.1	1064.9	
300	94.2	167.6	212.1	261.8	377.0	442.4	513.1	670.2	848.2	945.1	1047.2	
305	92.7	164.8	208.5	257.5	370.8	435.2	504.7	659.2	834.3	926.6	1030.0	
310	91.2	162.1	205.2	253.4	364.8	428.2	496.6	648.6	820.9	914.6	1013.4	
315	89.8	159.6	202.0	249.3	359.0	421.4	488.7	638.3	807.8	900.1	997.3	
320	88.4	157.1	198.9	245.4	353.4	414.8	481.1	628.3	795.2	886.0	981.7	

Tabel : Momen Berfaktor Penampang Persegi
Untuk Penampang Bertulangan Rangkap

$\frac{\varphi M_n}{bd^2 f_c}$	w	c	$\frac{\rho f_y}{f_c}$	ρ	$\frac{As}{hd}$	$\delta = As' / As = 0.50$					
0.00	0.0000	0.0008	0.0016	0.0024	0.0032	0.0040	0.0048	0.0056	0.0064	0.0071	
0.01	0.0079	0.0087	0.0095	0.0103	0.0111	0.0118	0.0126	0.0134	0.0142	0.0149	
0.02	0.0157	0.0165	0.0173	0.0180	0.0188	0.0196	0.0203	0.0211	0.0218	0.0226	
0.03	0.0234	0.0241	0.0249	0.0256	0.0264	0.0271	0.0279	0.0286	0.0294	0.0301	
0.04	0.0309	0.0316	0.0324	0.0331	0.0338	0.0346	0.0353	0.0360	0.0368	0.0375	
0.05	0.0382	0.0389	0.0396	0.0403	0.0410	0.0417	0.0424	0.0431	0.0437	0.0444	
0.06	0.0451	0.0458	0.0465	0.0472	0.0479	0.0485	0.0492	0.0499	0.0506	0.0513	
0.07	0.0520	0.0526	0.0533	0.0540	0.0547	0.0554	0.0561	0.0568	0.0574	0.0581	
0.08	0.0588	0.0595	0.0602	0.0609	0.0616	0.0622	0.0629	0.0636	0.0643	0.0650	
0.09	0.0657	0.0663	0.0670	0.0677	0.0684	0.0691	0.0698	0.0705	0.0712	0.0719	
0.10	0.0727	0.0734	0.0741	0.0748	0.0756	0.0763	0.0770	0.0777	0.0785	0.0792	
0.11	0.0799	0.0806	0.0814	0.0821	0.0828	0.0835	0.0843	0.0850	0.0857	0.0865	
0.12	0.0872	0.0879	0.0886	0.0894	0.0901	0.0908	0.0915	0.0923	0.0930	0.0937	
0.13	0.0944	0.0952	0.0959	0.0966	0.0974	0.0981	0.0988	0.0995	0.1003	0.1010	
0.14	0.1017	0.1024	0.1032	0.1039	0.1046	0.1053	0.1061	0.1068	0.1075	0.1082	
0.15	0.1090	0.1097	0.1104	0.1112	0.1119	0.1126	0.1133	0.1141	0.1148	0.1155	
0.16	0.1162	0.1170	0.1177	0.1184	0.1191	0.1199	0.1206	0.1213	0.1221	0.1228	
0.17	0.1235	0.1242	0.1250	0.1257	0.1264	0.1271	0.1279	0.1286	0.1293	0.1300	
0.18	0.1308	0.1315	0.1322	0.1330	0.1337	0.1344	0.1351	0.1359	0.1366	0.1373	
0.19	0.1380	0.1388	0.1395	0.1402	0.1409	0.1417	0.1424	0.1431	0.1438	0.1446	
0.20	0.1453	0.1460	0.1468	0.1475	0.1482	0.1489	0.1497	0.1504	0.1511	0.1518	
0.21	0.1526	0.1533	0.1540	0.1547	0.1555	0.1562	0.1569	0.1577	0.1584	0.1591	
0.22	0.1598	0.1606	0.1613	0.1620	0.1627	0.1635	0.1642	0.1649	0.1656	0.1664	
0.23	0.1671	0.1678	0.1686	0.1693	0.1700	0.1707	0.1715	0.1722	0.1729	0.1736	
0.24	0.1744	0.1751	0.1758	0.1765	0.1773	0.1780	0.1787	0.1794	0.1802	0.1809	
0.25	0.1816	0.1824	0.1831	0.1838	0.1845	0.1853	0.1860	0.1867	0.1874	0.1882	
0.26	0.1889	0.1896	0.1903	0.1911	0.1918	0.1925	0.1933	0.1940	0.1947	0.1954	
0.27	0.1962	0.1969	0.1976	0.1983	0.1991	0.1998	0.2005	0.2012	0.2020	0.2027	
0.28	0.2034	0.2041	0.2049	0.2056	0.2063	0.2071	0.2078	0.2085	0.2092	0.2100	
0.29	0.2107	0.2113	0.2120	0.2127	0.2134	0.2141	0.2148	0.2155	0.2162	0.2168	
0.30	0.2175	0.2182	0.2189	0.2196	0.2203	0.2210	0.2216	0.2223	0.2230	0.2237	
0.31	0.2244	0.2251	0.2258	0.2264	0.2271	0.2278	0.2285	-0.2292	0.2299	0.2305	
0.32	0.2312	0.2319	0.2326	0.2333	0.2339	0.2346	0.2353	0.2360	0.2367	0.2373	
0.33	0.2380	0.2387	0.2394	0.2401	0.2407	0.2414	0.2421	0.2428	0.2434	0.2441	
0.34	0.2448	0.2455	0.2462	0.2468	0.2475	0.2482	0.2489	0.2495	0.2502	0.2509	
0.35	0.2516	0.2522	0.2529	0.2536	0.2542	0.2549	0.2556	0.2563	0.2569	0.2576	
0.36	0.2583	0.2590	0.2596	0.2603	0.2610	0.2616	0.2623	0.2630	0.2636	0.2643	
0.37	0.2650	0.2657	0.2663	0.2670	0.2677	0.2683	0.2690	0.2697	0.2703	0.2710	
0.38	0.2717	0.2723	0.2730	0.2737	0.2743	0.2750	0.2757	0.2763	0.2770	0.2776	
0.39	0.2783	0.2790	0.2796	0.2803	0.2810	0.2816	0.2823	0.2830	0.2836	0.2843	

Made by : Civil Engineering ITS

Satuan

M_n N mm
 t mm
 f_y Mpa

Tabel 13.3.1
Momen di dalam pelat persegi yang menempu pada kempat tepinya
akibat beban terbagi rata

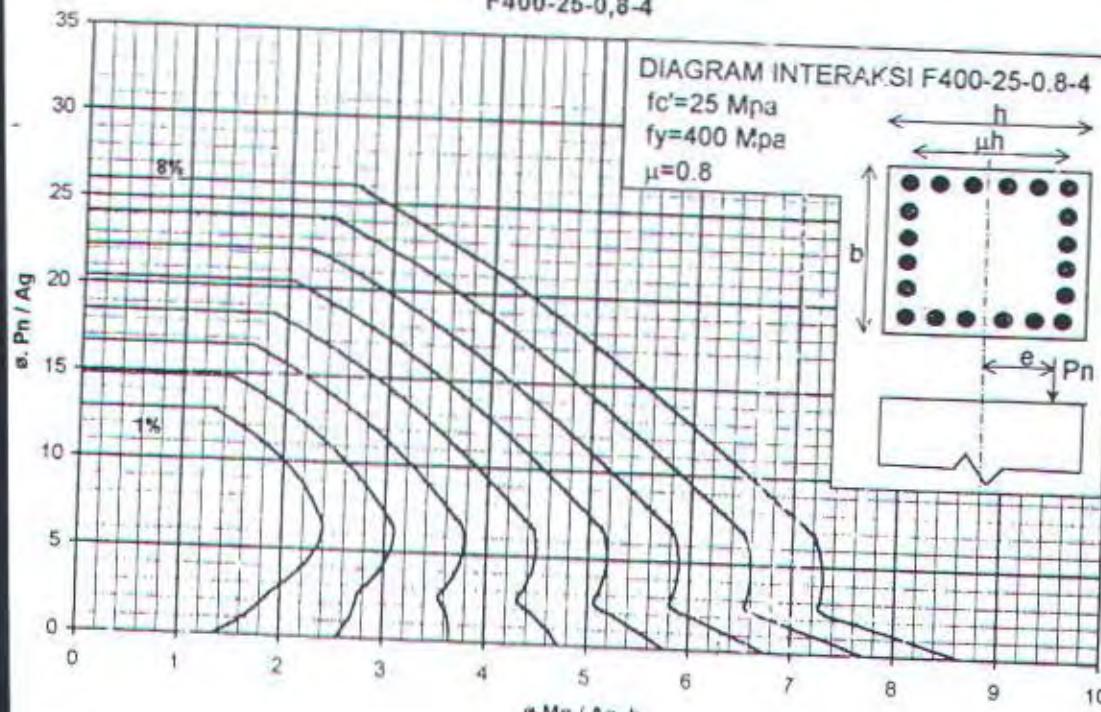
	$\frac{L}{2}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5		
I		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	41	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		M_{ly}	+ 0,001 $q l^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
		M_{tx}	+ 0,001 $q l^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
II		M_{ty}	+ 0,001 $q l^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	11	11	11	10	10	8	8
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	32	39	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	53	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
III		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
		M_{tx}	+ 0,001 $q l^2 X$	28	23	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	113	113	116	118	119	120	122	122	125	125
IV A		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	22	28	34	42	49	53	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
		M_{tx}	+ 0,001 $q l^2 X$	32	34	36	38	39	40	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42
IV B		M_{ly}	+ 0,001 $q l^2 X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
		M_{tx}	+ 0,021 $q l^2 X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
V A		M_{ly}	+ 0,001 $q l^2 X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
		M_{tx}	+ 0,001 $q l^2 X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	61	61	62	63	63
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
V B		M_{tx}	+ 0,001 $q l^2 X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	58	59	60	60	61	61	62	63
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	15	13	13
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
VI I		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
VI II		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	10	10	10	10	10	8
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	60	66	71	74	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VI B		M_{lx}	+ 0,001 $q l^2 X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
		M_{ly}	- 0,001 $q l^2 X$	40	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		M_{tx}	- 0,001 $q l^2 X$	35	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

— Terisik bebas
— Terisik penuh

Tabel 13.3.2
Momen di dalam pelat persegi yang menempu pada kempat tepinya
akibat beban terbagi rata

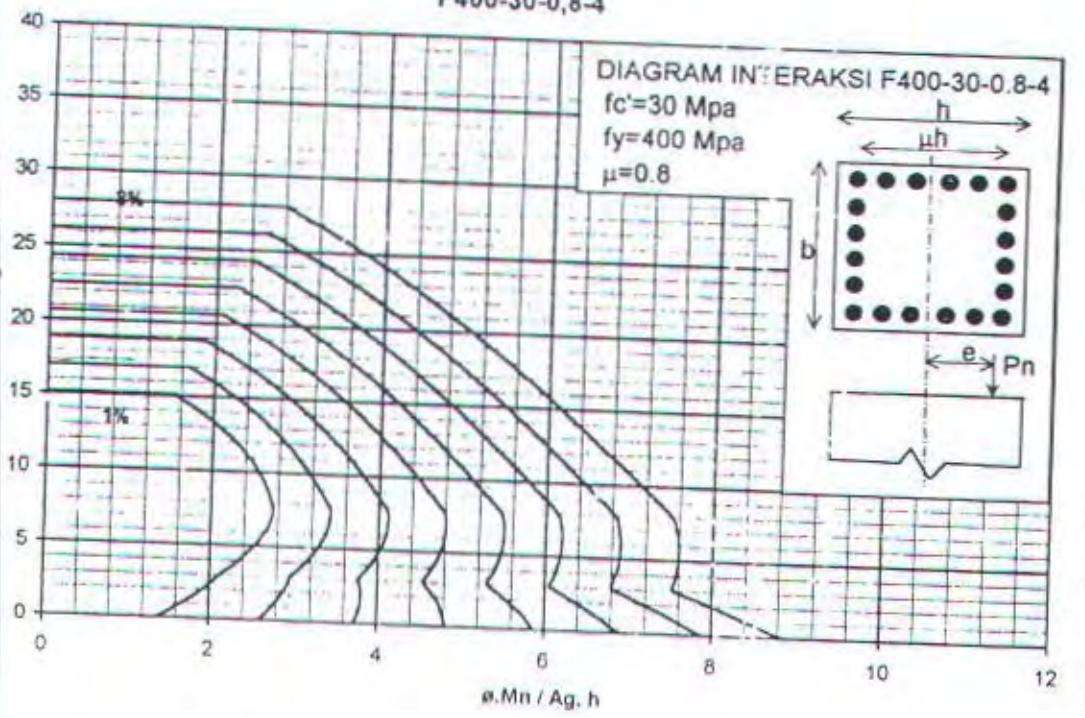
	$\frac{L}{2}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5		
I		$(M_{lx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	36	42	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63
II		$(M_{ly})_-$	+ 0,001 $q l^2 X$	36	37	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34
		$(M_{tx})_-$	+ 0,001 $q l^2 X$	36	37	38	38	37	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	48	53	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
III		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	47	47	47	49
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	47	47	47	49
		$(M_{ly})_-$	+ 0,001 $q l^2 X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	47	47	47	49
IV A		$(M_{lx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	23	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	51	57	62	67	70	73	75	77	79	79	79	79	79	79	79	79	79
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IV B		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	67	63	63	63	63	63	63	63
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	22	28	31	37	42	46	52	56	60	61	61	61	61	61	61	61	61
		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
VA		$(M_{lx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	60	65	69	73	77	79	79	81	83	86	89	90	91	91	92	93	94
		$(M_{ly})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	60	65	69	73	77	79	79	81	83	86	89	90	91	91	92	93	94
		$(M_{tx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	60	65	69	73	77	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
VI A		$(M_{lx})_+$	+ 0,001 $q l^2 X$	38	44	53	59	65	69											

DIAGRAM INTERAKSI
F400-25-0,8-4



F400-25-0.8-4

DIAGRAM INTERAKSI
F400-30-0,8-4



F400-30-0.8-4

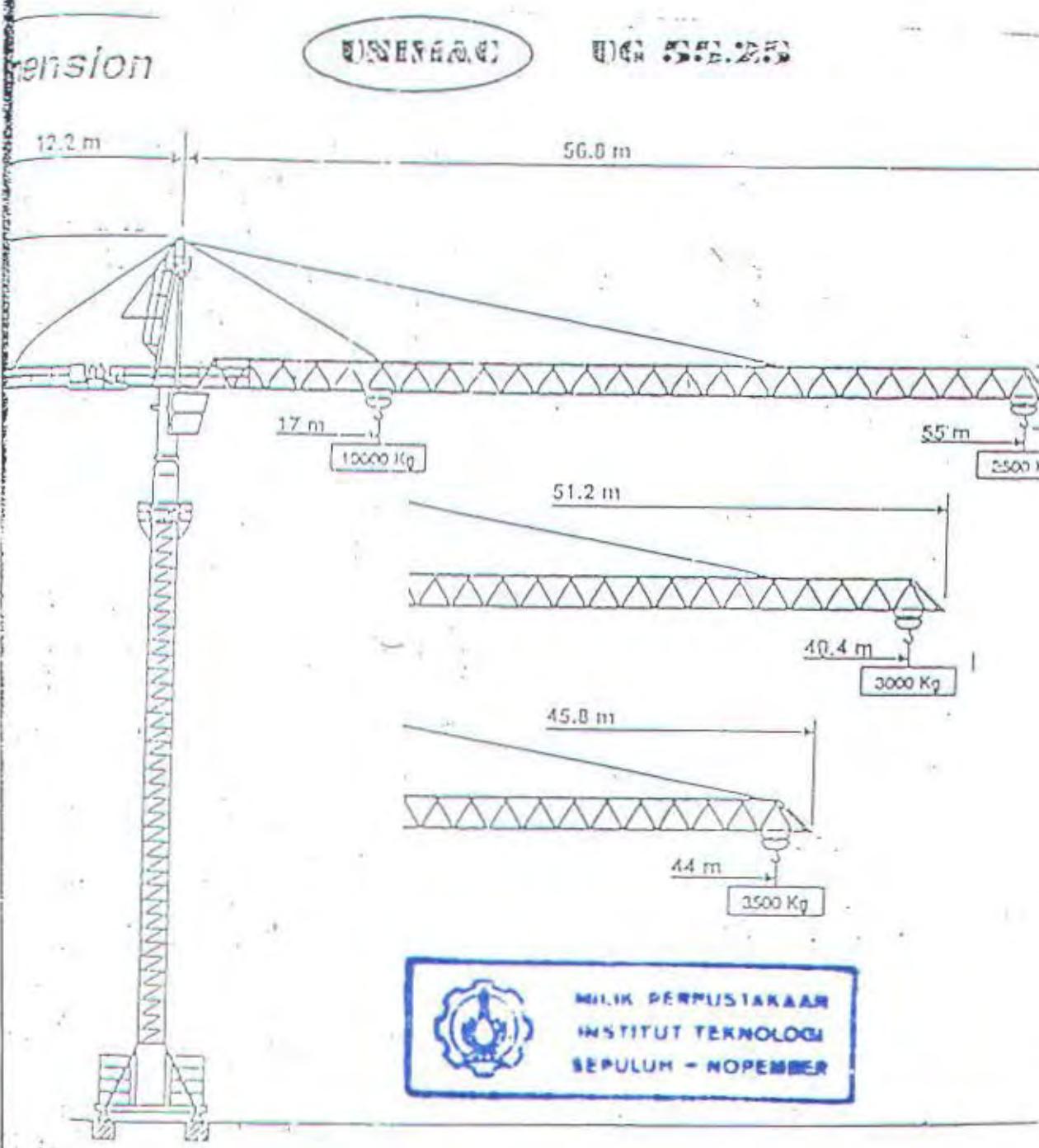
ZPu	M2b (x)	M2b (y)	M2s (x)	M2s (y)	Ψ_{min}	k	k_Lu/r	Perbaikan	Nomor	#Pc	Sb	Sa	Mcx	McY	sMcx	sMcY	Kx	Ky	p (Tabel)	As butuh	Dipasang		As Di				
																					0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
125	431976	1142.48	20000	1141.23	11262	1.4122	2.217009	1.535	28.1417	PERLU	4114670	1.005	1.002	22917.59	313844.97	191911.43	326185.4	0.556	1.51	0.07	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
115	782762	938.53	2200	2272	5700	2.21701	2.217009	1.63	29.8833	PERLU	3874858	1.007	1.004	32271.39	79405.152	75028.012	96782.06	0.798	0.448	0.07	0.02	7200	16	D	23	7853.	0
124		150	135	3140.49	14200	1.67627	1.676275	1.51	27.6833	PERLU	4182794	1.003	1.004	33032.07	143909.61	110521.86	161696.1	0.328	0.749	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
151	1327304	938.55	1499	2777	6560	2.21701	2.217009	1.63	29.8833	PERLU	3874858	1.01	1.007	37448.92	81120.452	81129.163	101285.3	1.065	0.469	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
169		120	570	3703.26	14400	1.67627	1.676275	1.51	27.6833	PERLU	4182794	1.006	1.007	38485.99	150691.3	119627.46	171414.5	0.669	0.794	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
40	1606059	912.32	1120	3090	6789	2.21701	2.217009	1.63	29.8833	PERLU	3874858	1.013	1.009	40411.95	79828.165	83396.344	101588.4	1.393	0.47	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
332		90	95	4248.49	16000	1.67627	1.676275	1.51	27.6833	PERLU	4182794	1.009	1.008	43735.36	162248.52	131099.94	185798.3	1.006	0.86	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
154	2035819	915.44	1330	3460	8625	2.21701	2.217009	1.63	29.8833	PERLU	3874858	1.016	1.011	44285.32	100719.55	98518.93	124565.5	1.713	0.577	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
149		60	150	5064.92	15900	1.67627	1.676275	1.51	27.6833	PERLU	4182794	1.012	1.01	51775.05	202556.04	160843.69	230434.9	1.343	1.067	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
116	2314091	792.62	1100	4946	16300	2.21701	1	1.477	27.0783	PERLU	4276248	1.017	1.011	58084.71	176048.1	152881.84	207325.6	2.012	0.96	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0
148		30	50	9145.27	33973	1.67627	1	1.411	25.8683	PERLU	4476271	1.014	1.011	92752.49	343935.63	277948.6	393879.3	1.679	1.824	0.02	0.02	7200	16	D	25	7853.	0

$f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 390 \text{ Mpa}$
 $\text{deck} = 40 \text{ mm}$
 $Tul \text{ Utama} = 25 \text{ mm}$
 $Tul \text{ Sengkang} = 10 \text{ mm}$
 $\text{Tinggi} = 3300 \text{ mm}$
 $d = 537.5 \text{ mm}$
 $r = 180 \text{ mm}$
 $E_c = 25743 \text{ Mpa}$
 $Ei \text{ bK} = 1.24814E+13 \text{ mm}^4$
 $Ei \text{ Kol} = 3.36999E+13 \text{ mm}^4$
 $i = 1.65$

Sat = kgm											
OM	Pu	Vult	ØVc	0,5 x ØVc		As Min	S max1	S max2	S max3	Tul PAKAI	
erior	20025	805	354684.7109	177342.3555	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
erior	28715	1140	355293.8403	177646.9202	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
rior	11824	946	354109.8581	177054.9291	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	38351	1500	355969.2801	177984.64	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	24069	1562	354968.1769	177484.0884	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	50140	1785	356795.6353	178397.8176	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	36232	2172	355820.7478	177910.3739	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	61654	1952	357602.7142	178801.3571	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	48349	2483	356670.0943	178335.0472	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	72416	1989	358357.0814	179178.5407	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	
erior	60446	2732	357518.0389	178759.0195	0,5 s Vc > Vu	306.305	300	250	200	Ø10-200	

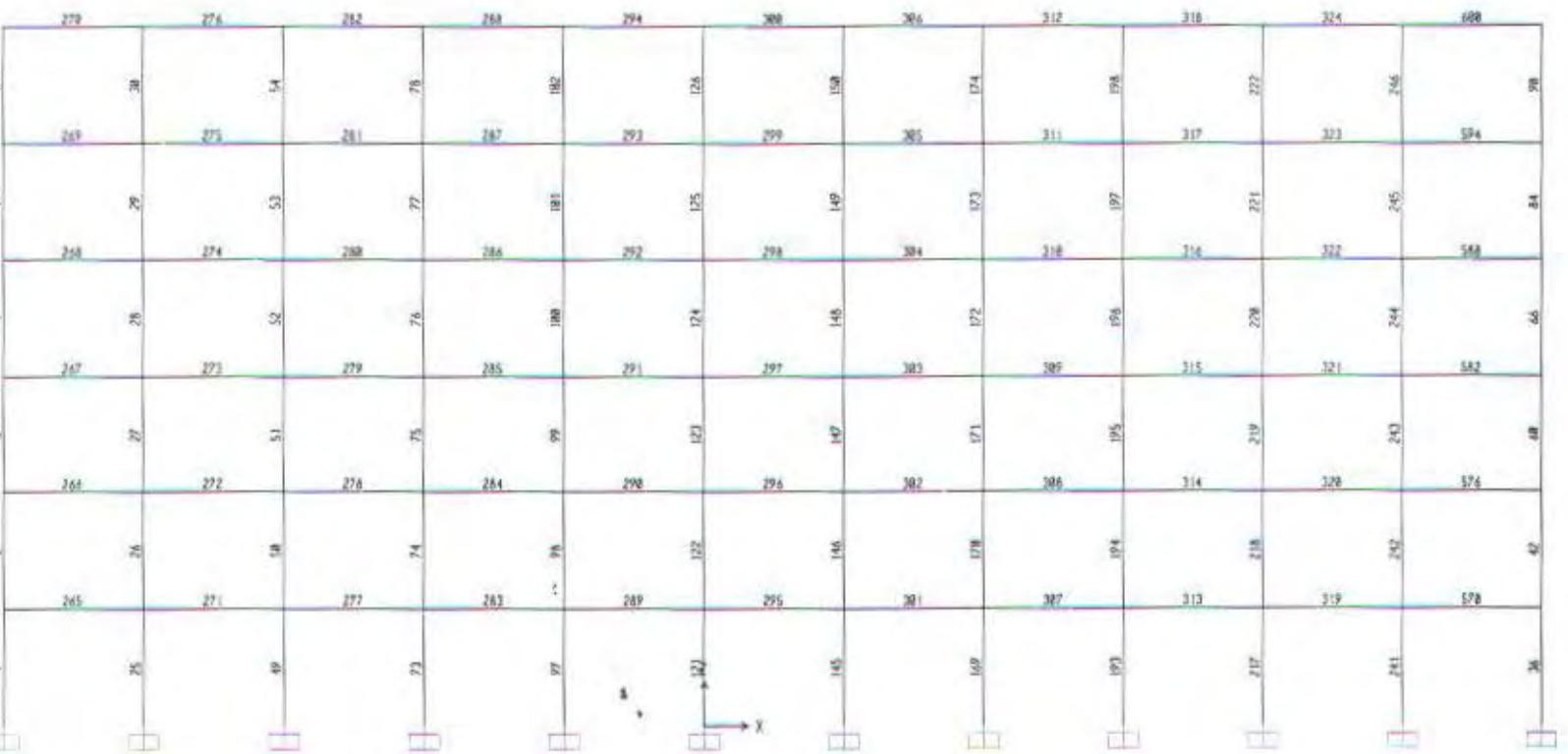
	Mean	SD	Median	Min	Max	N
Age	30.0	8.0	29.0	18.0	50.0	100
Years of education	12.0	3.0	12.0	8.0	20.0	100

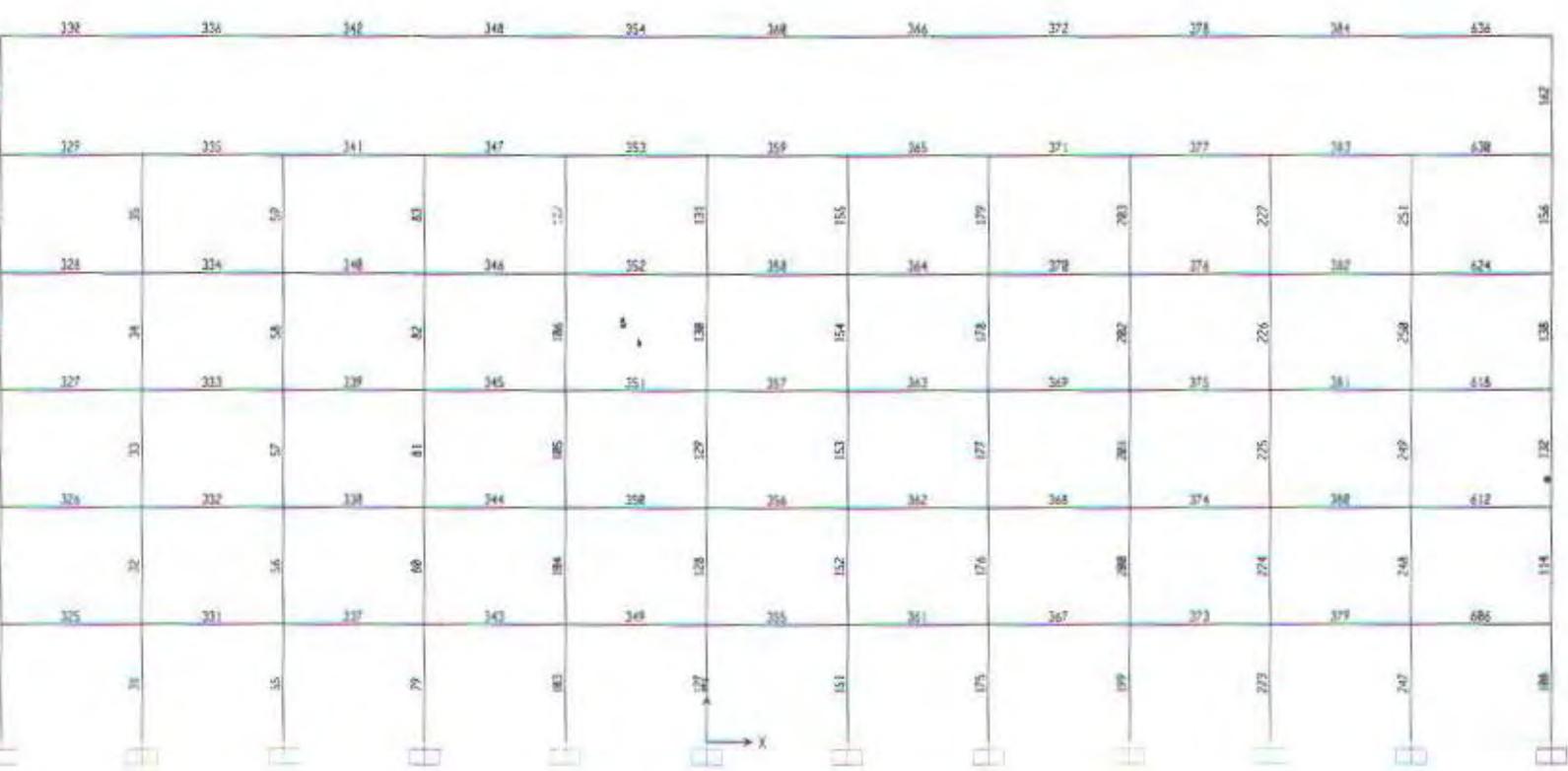
SPESIFIKASI CRANE



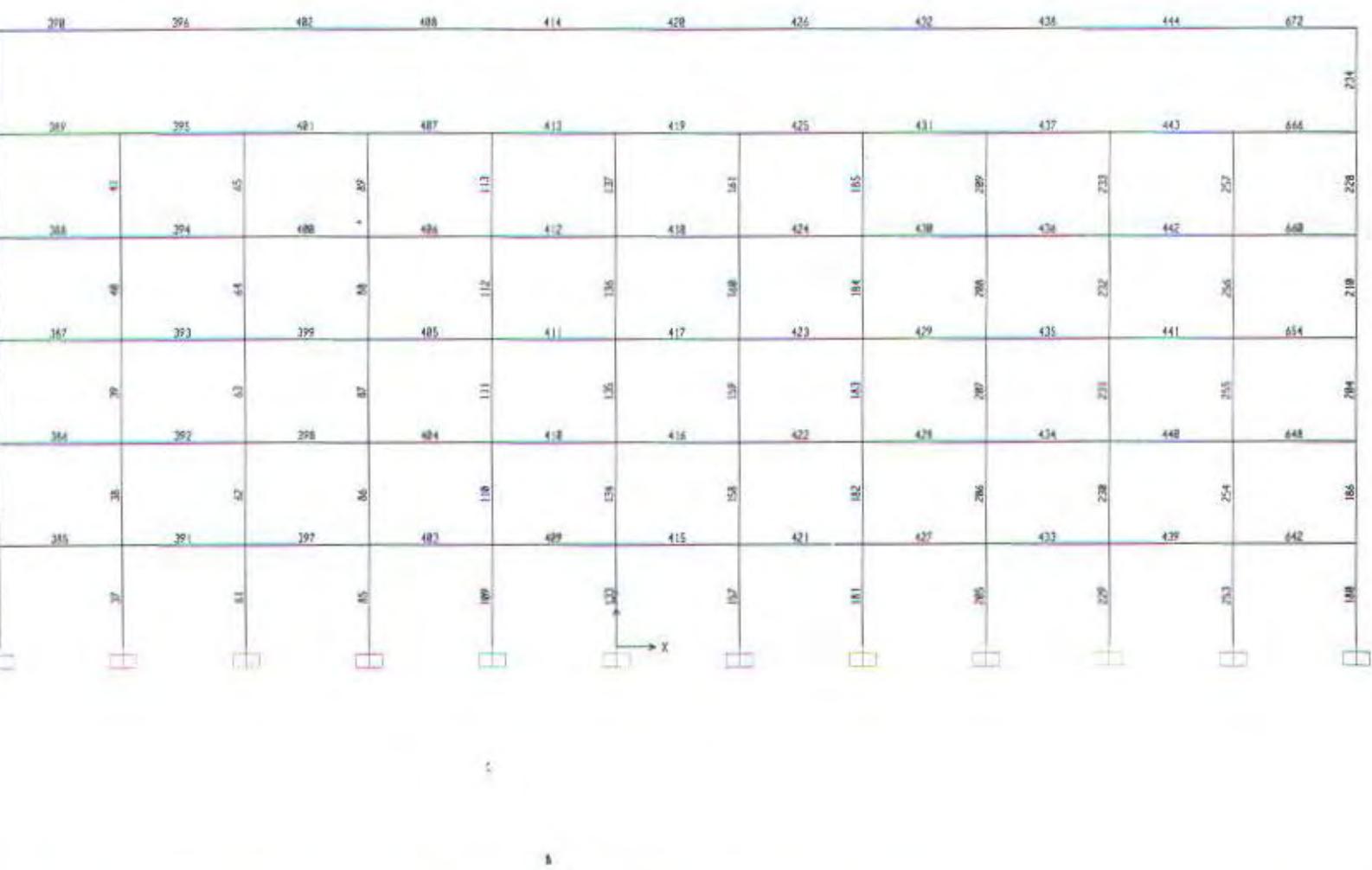
Lampiran II

ANALISA STRUKTUR UTAMA

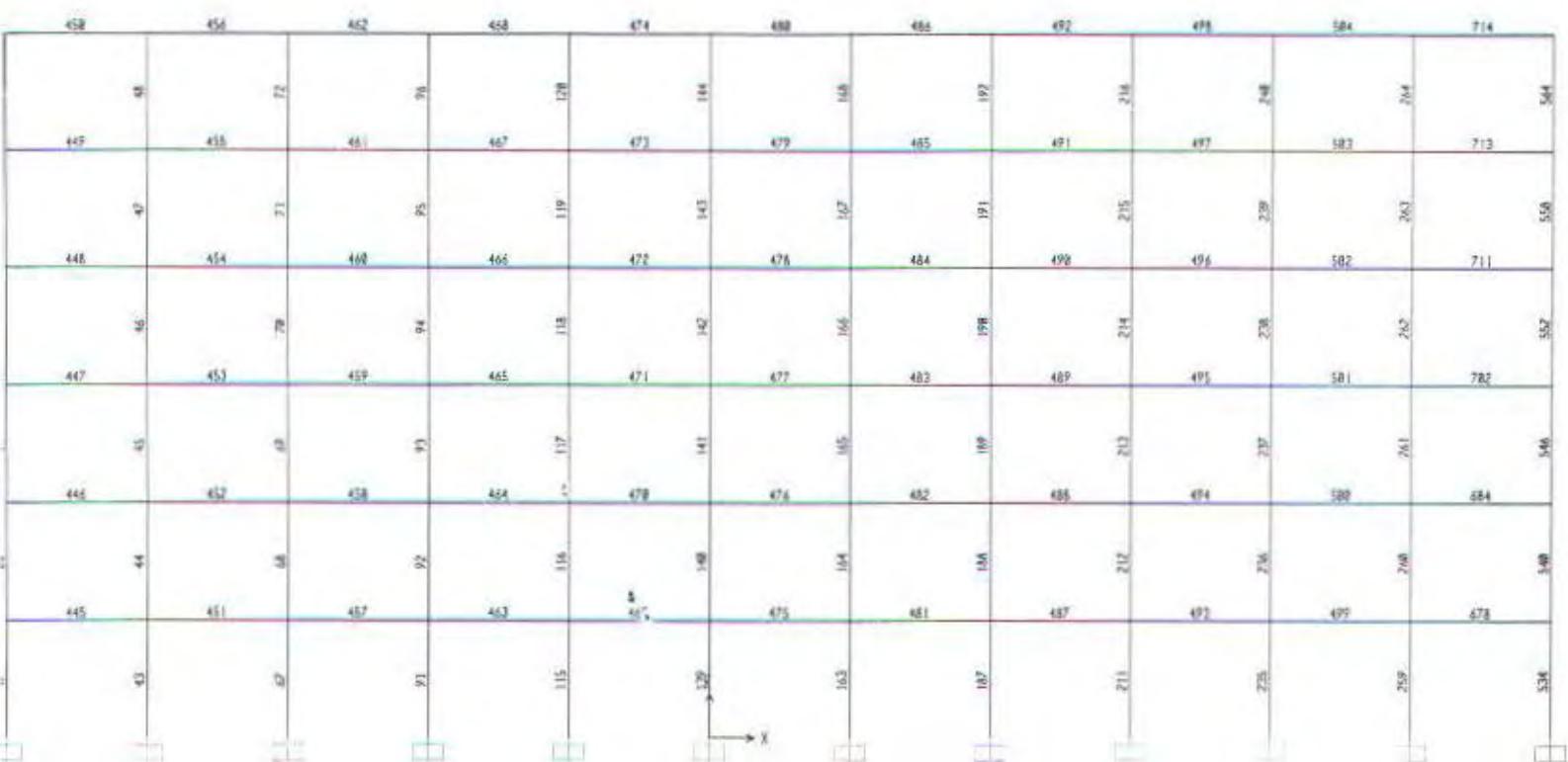




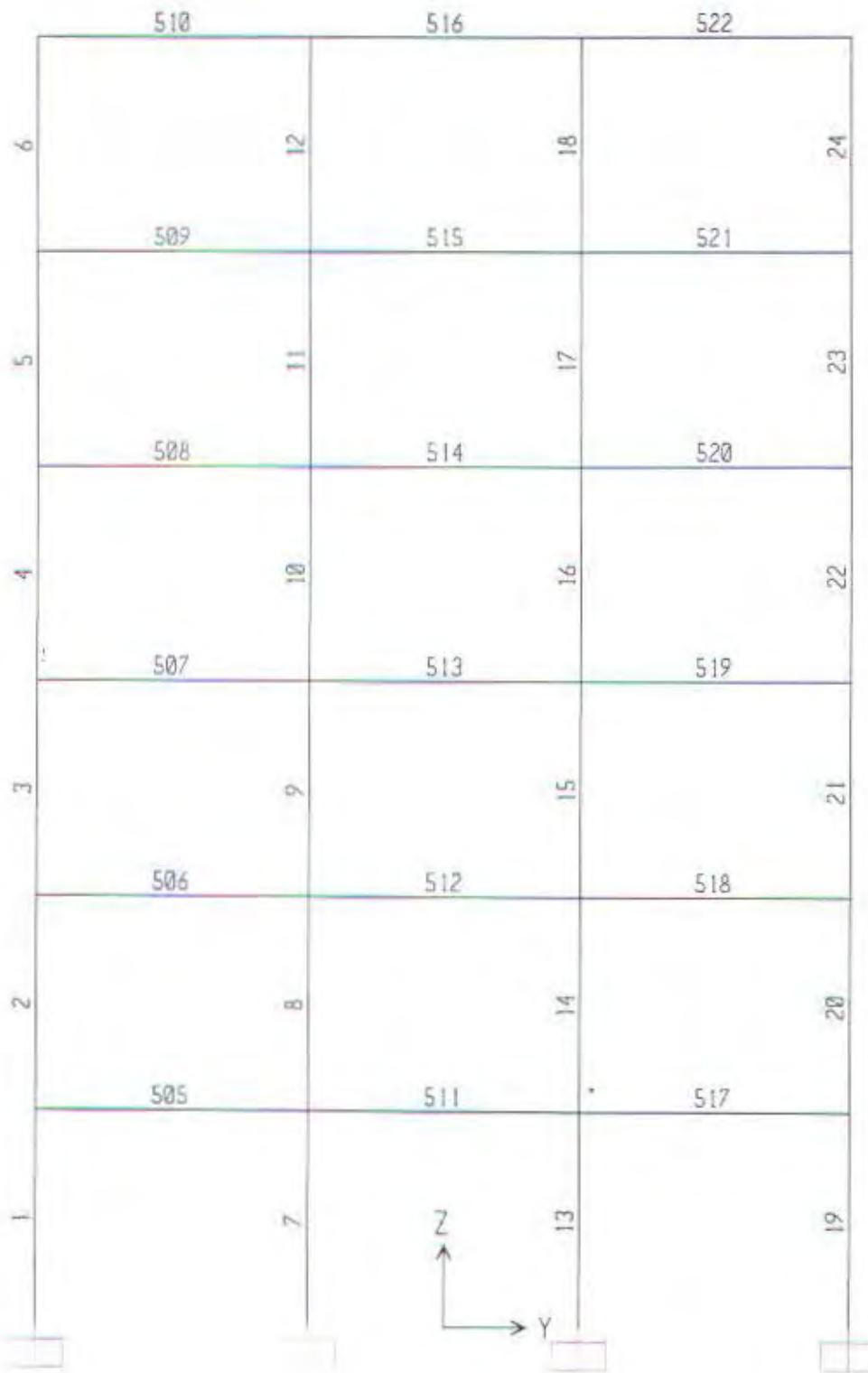
0.3 - File:SKALA GEMPA BENAR - X-Z Plane @ Y=-2.1 - Kgf, m, C Units

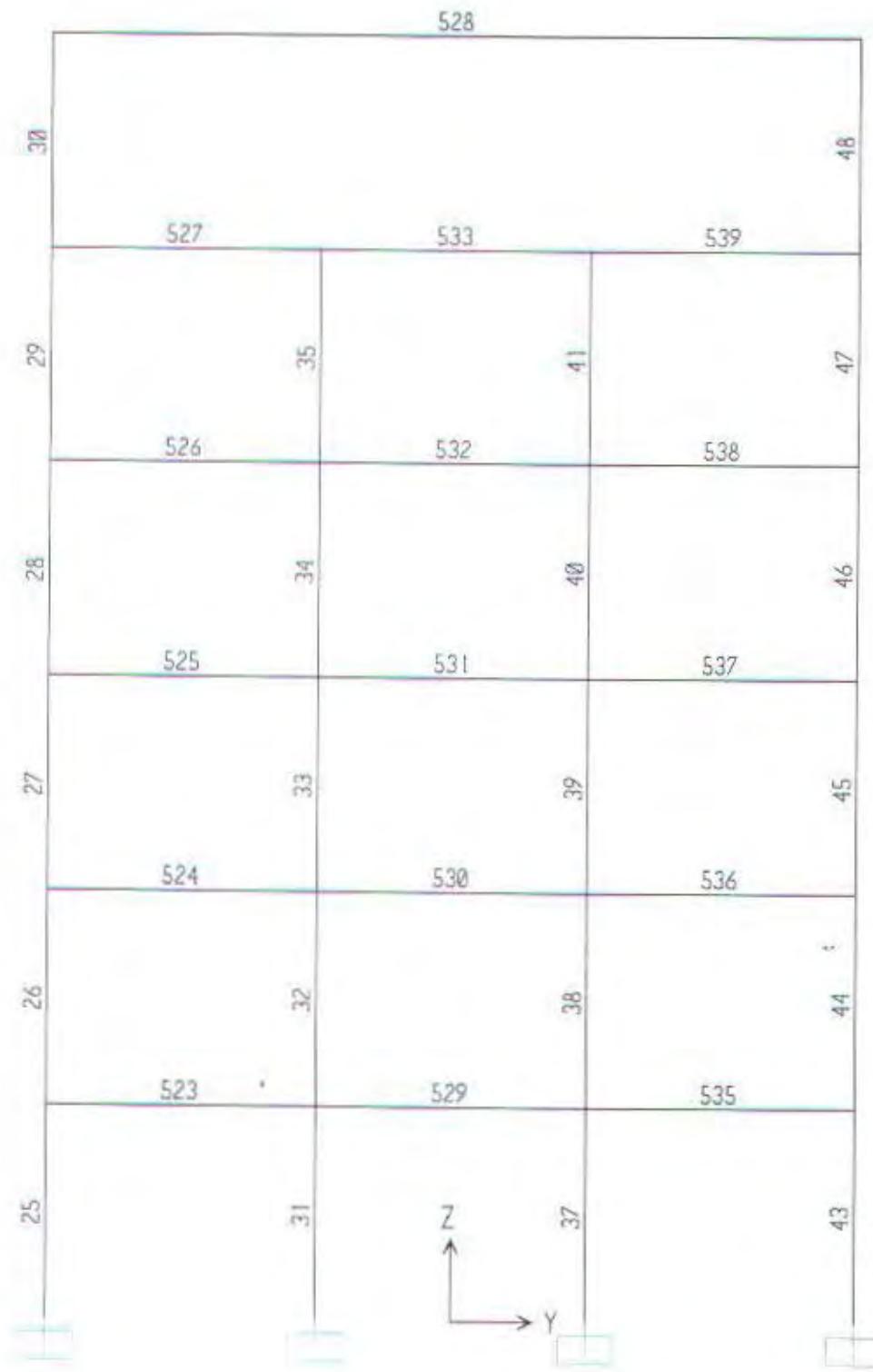


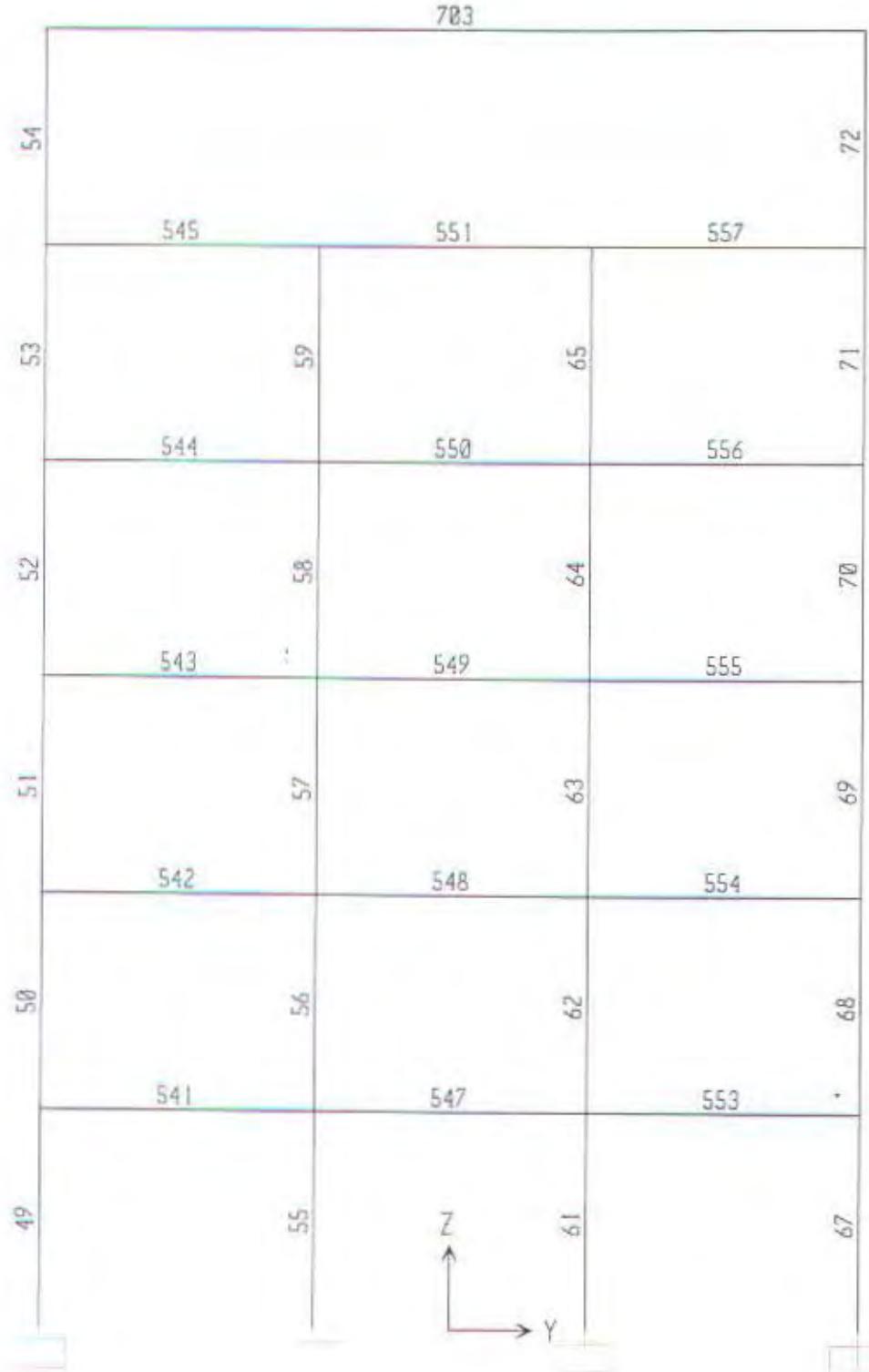
0.3 - File SKALA GEMPA BENAR - X-Z Plane @ Y=2.1 - Kgf, m, C Units

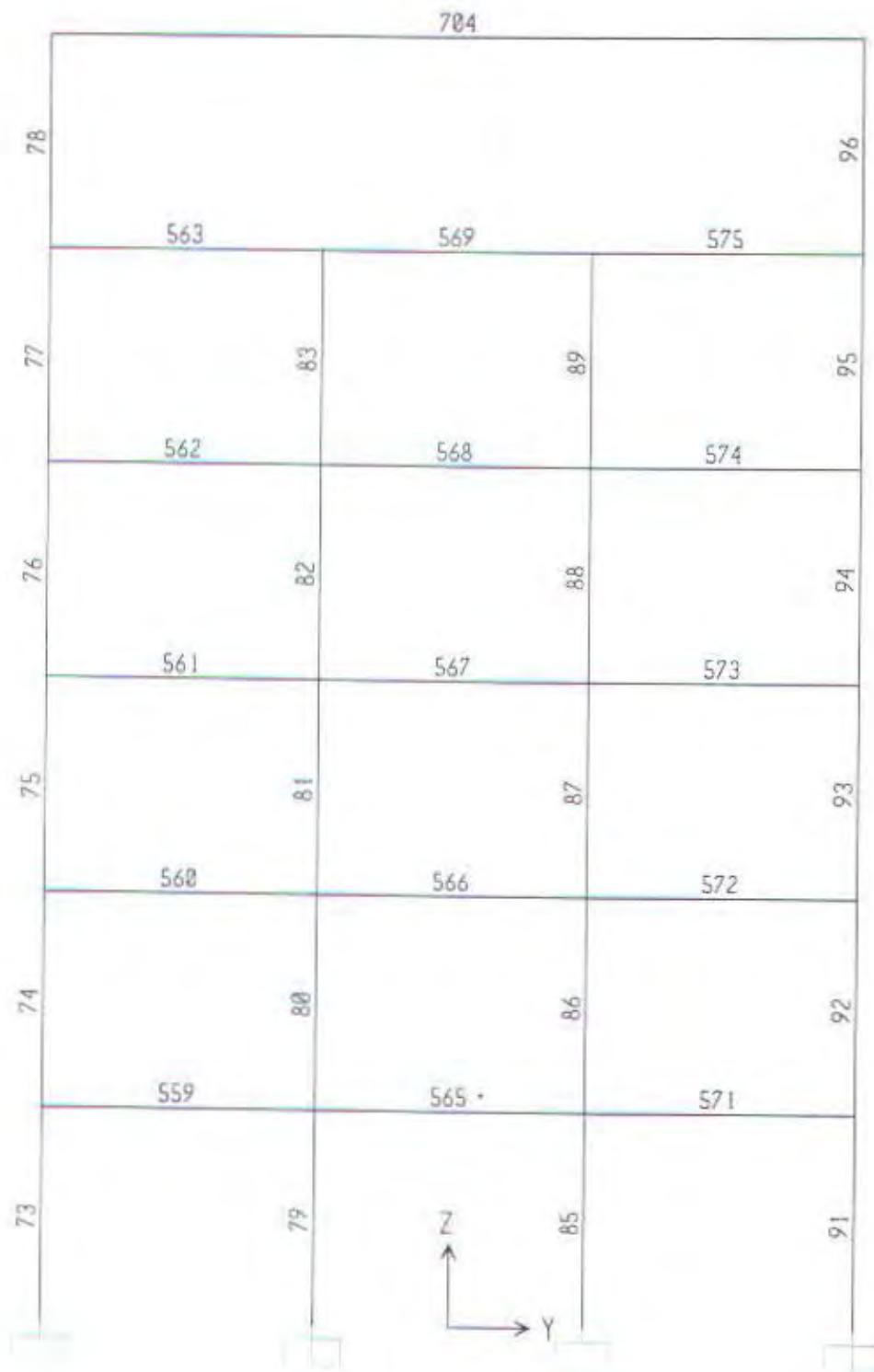


0.3 - File: SKALA GEMPA BENAR - X-Z Plane @ Y=6.3 - Kgf, m, C Units

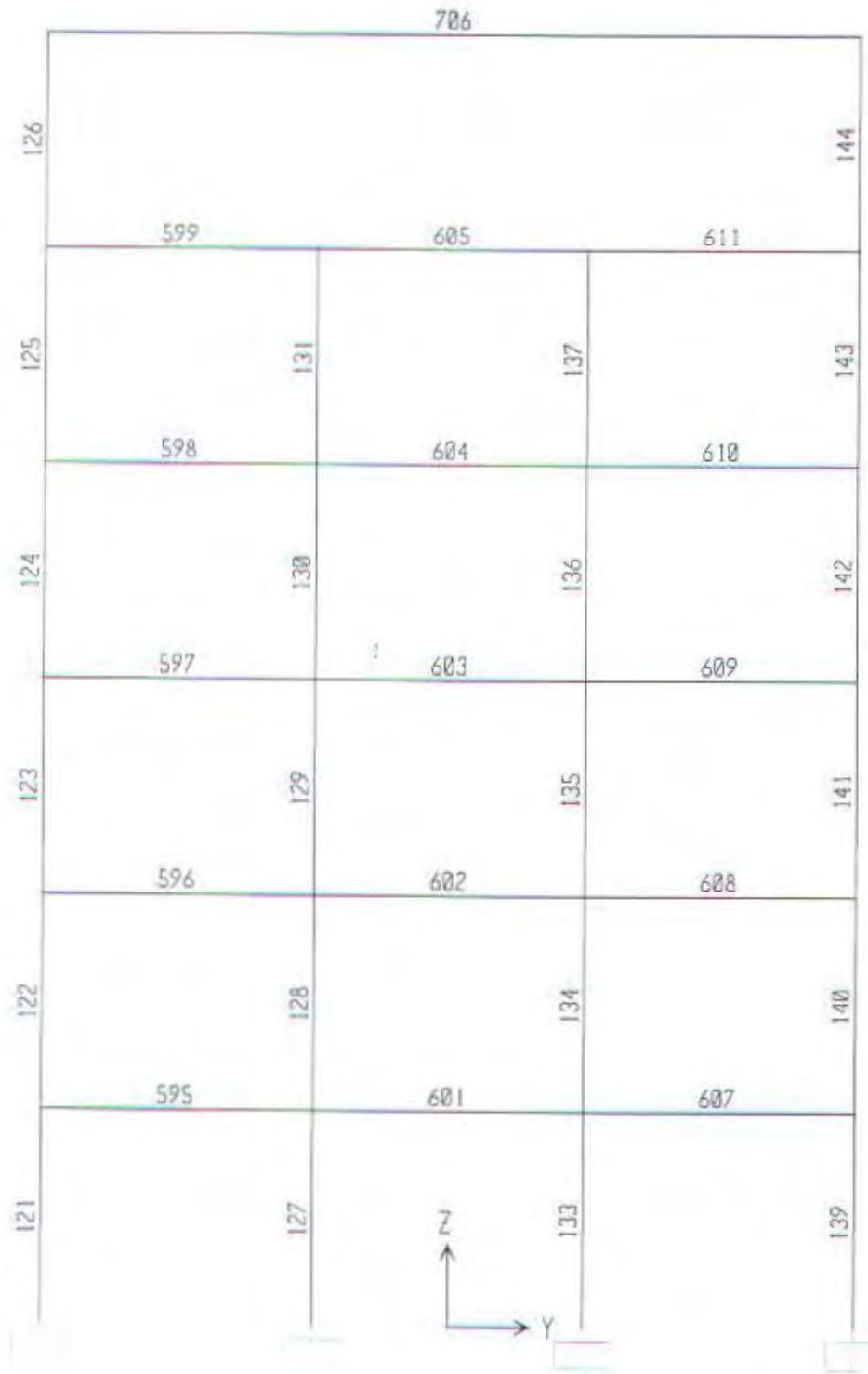


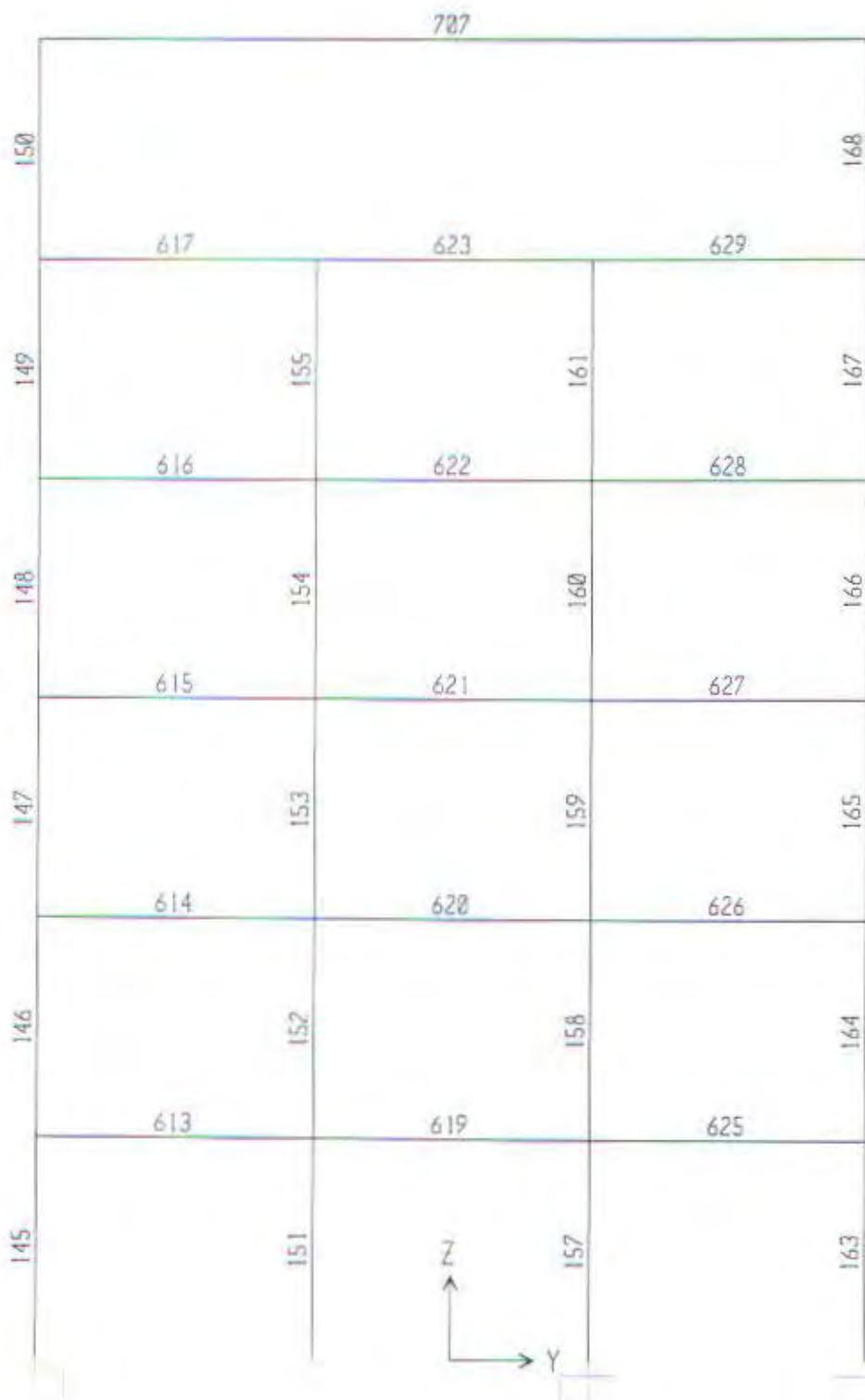


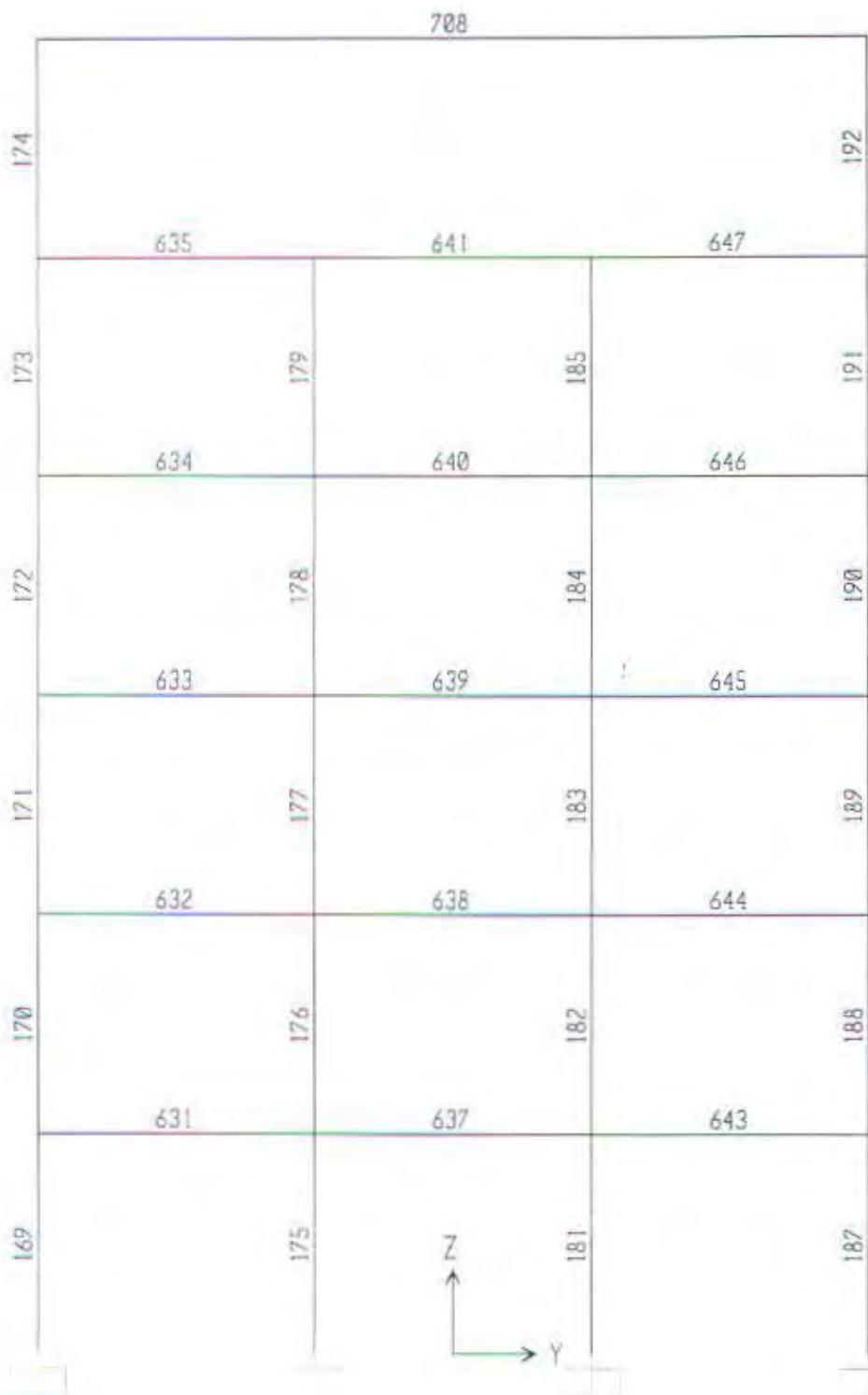


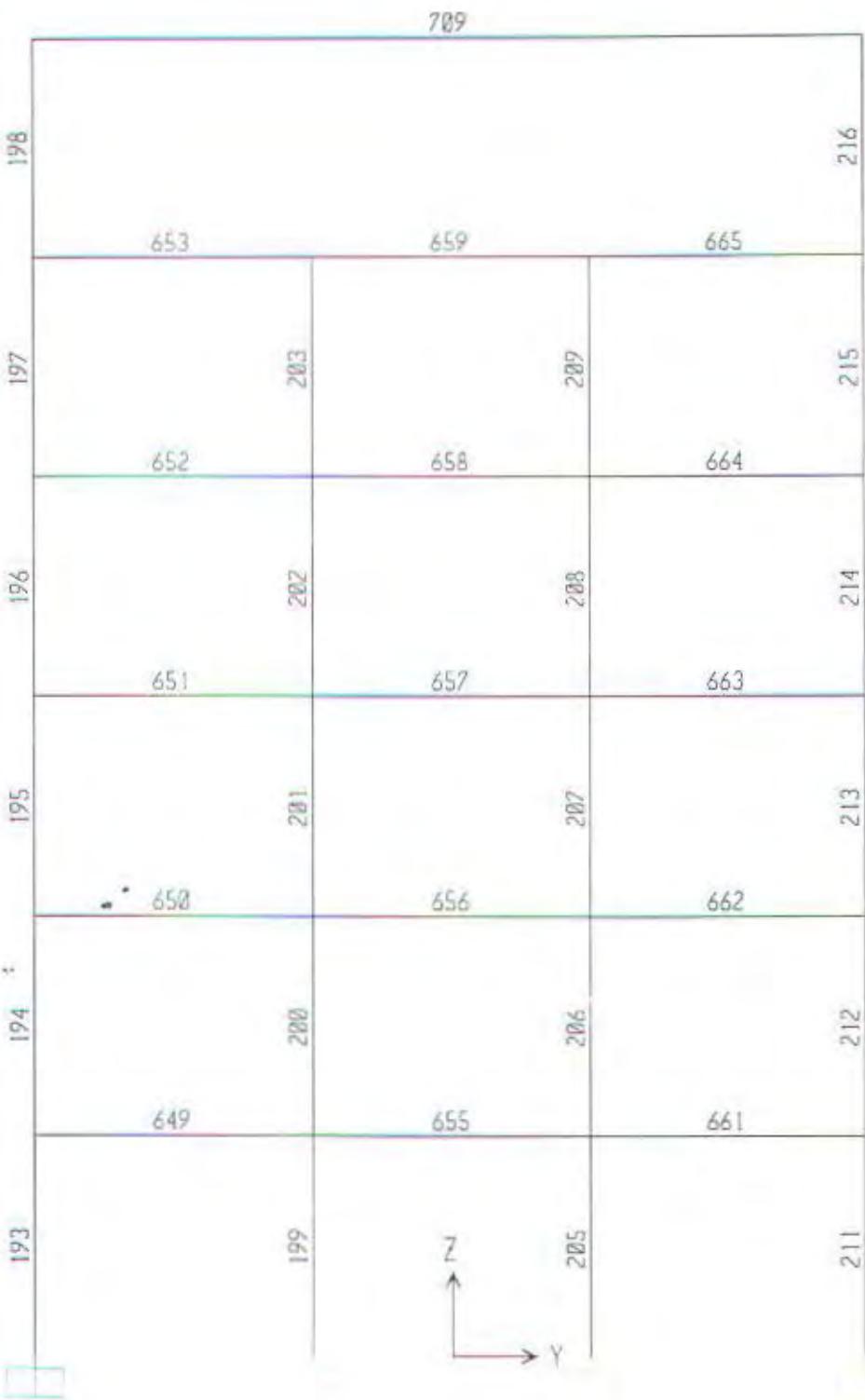


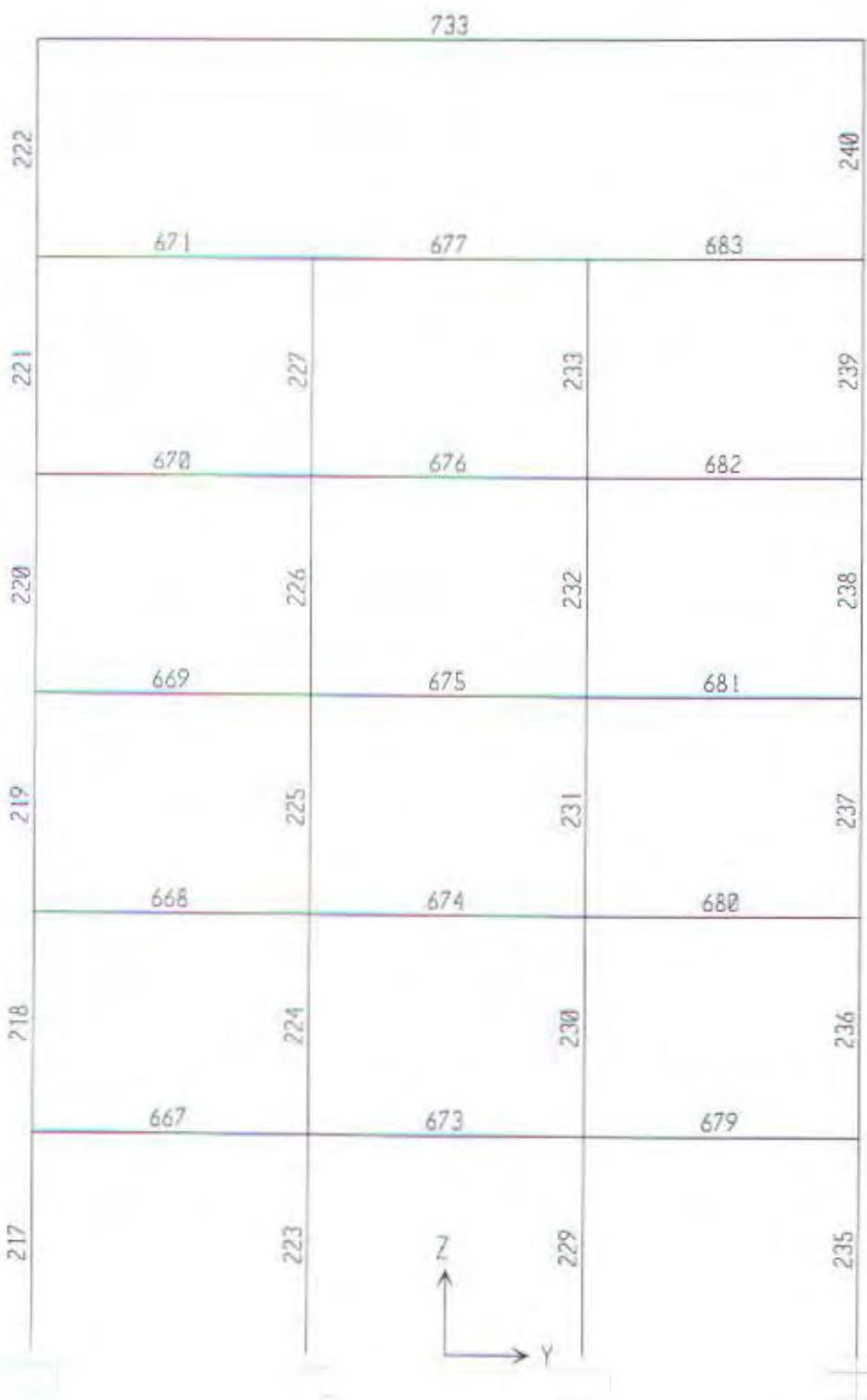


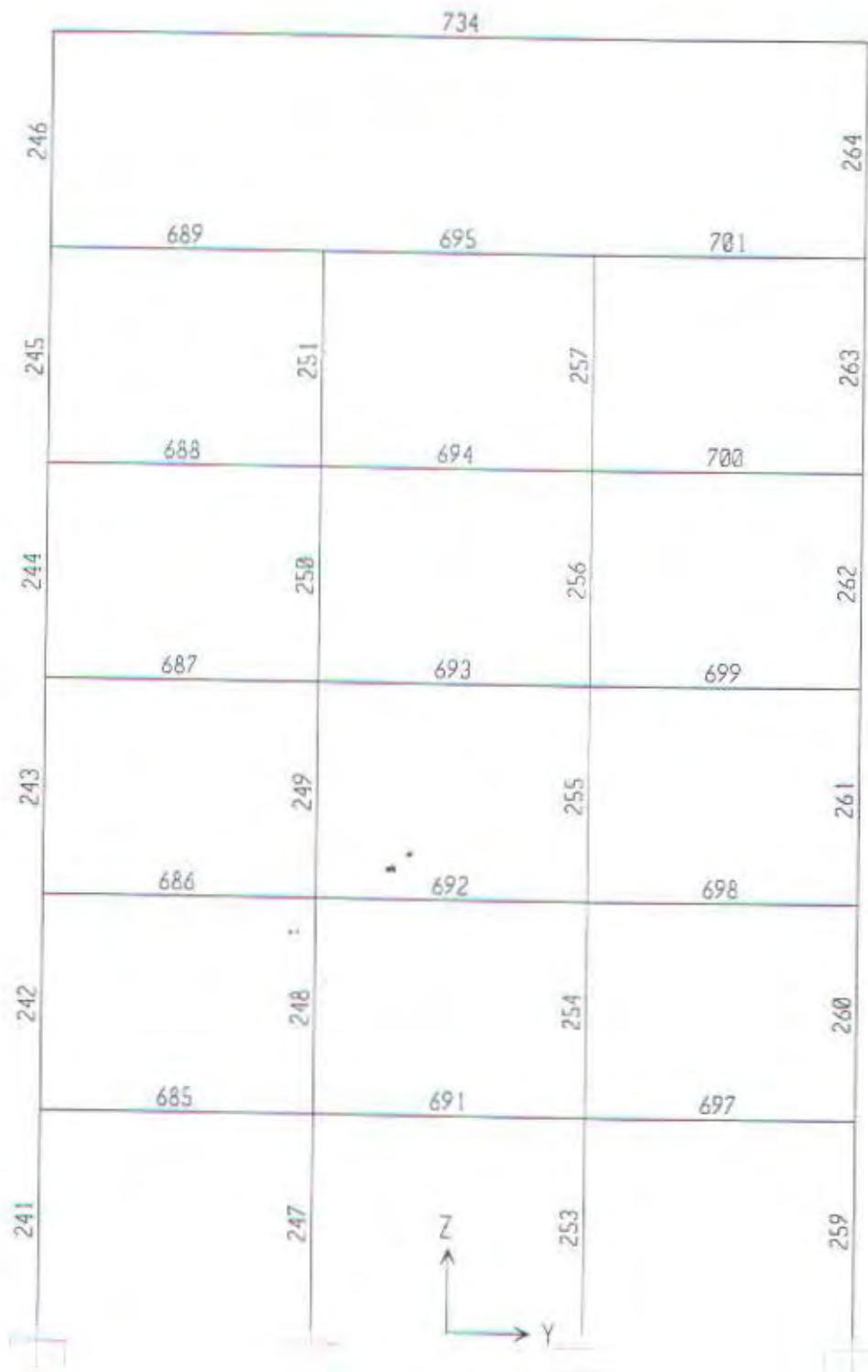


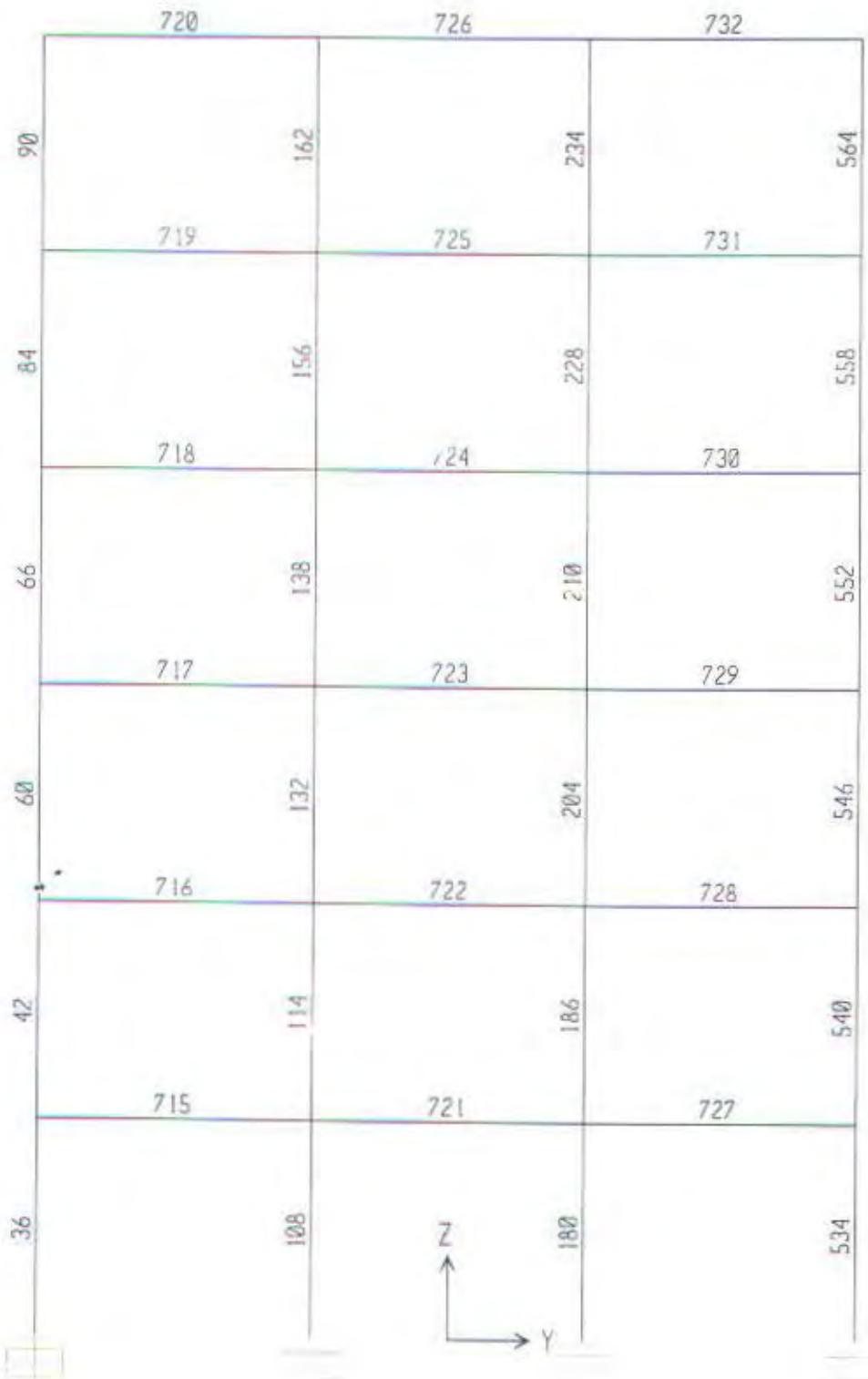


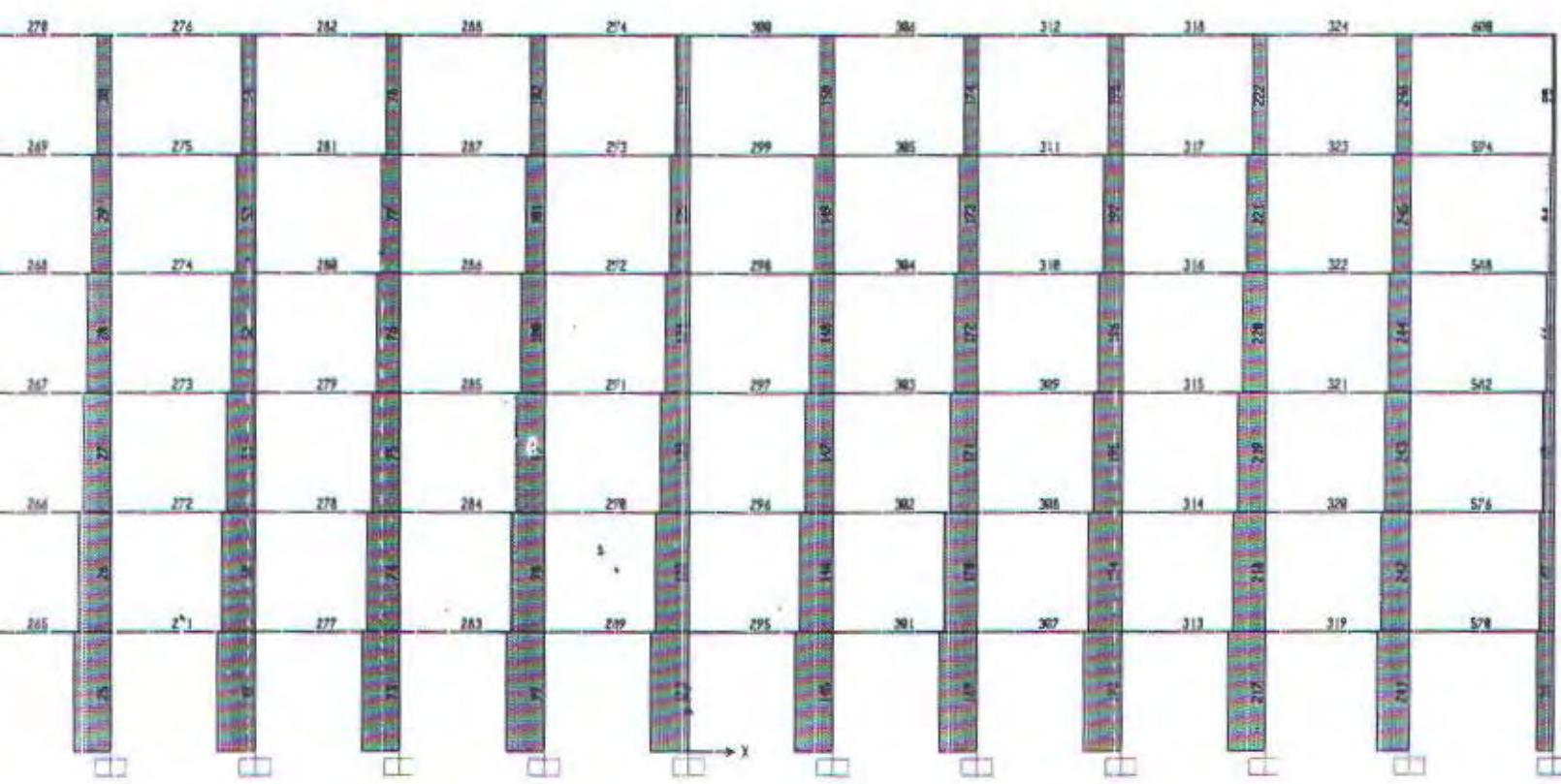




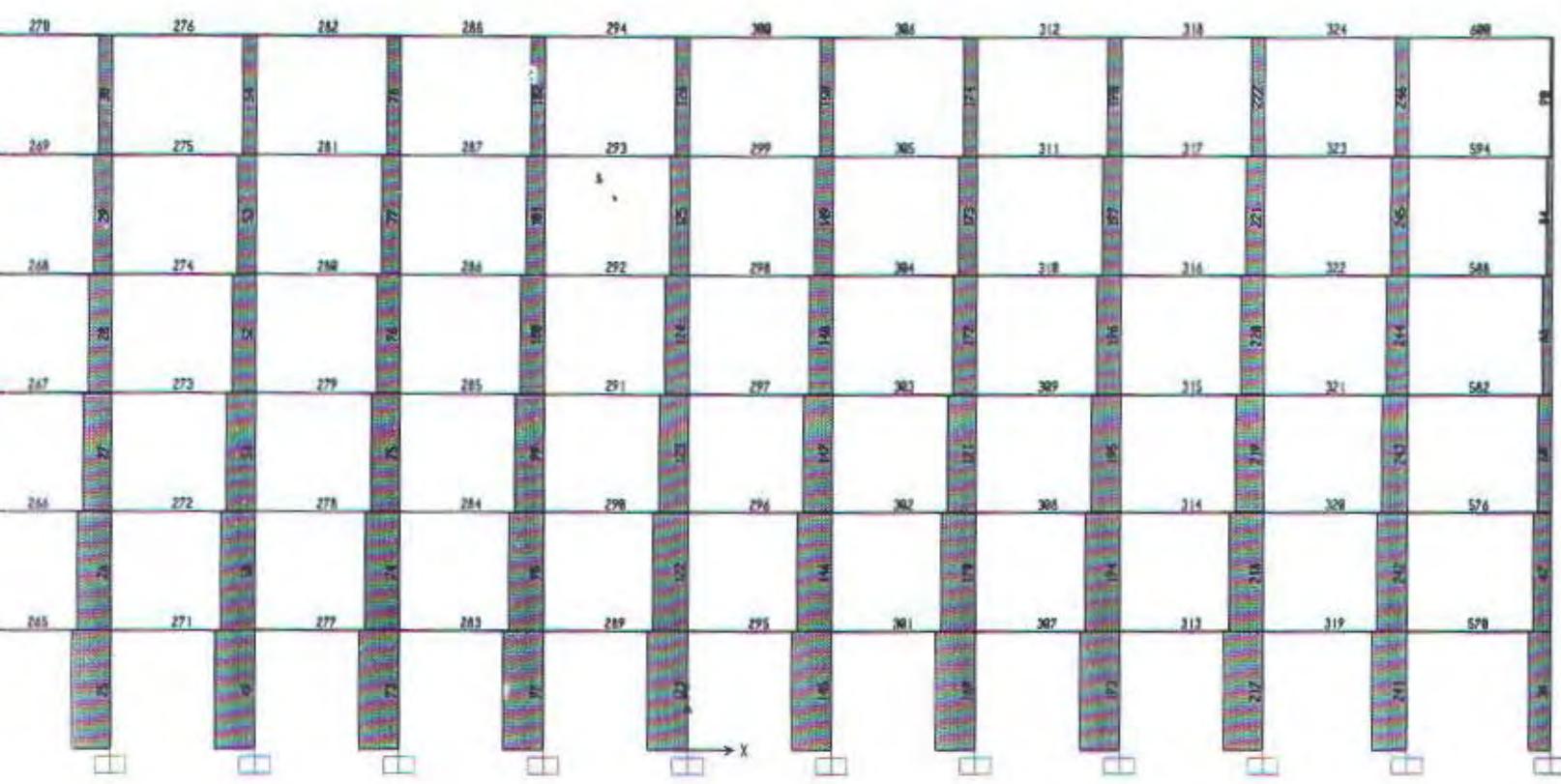




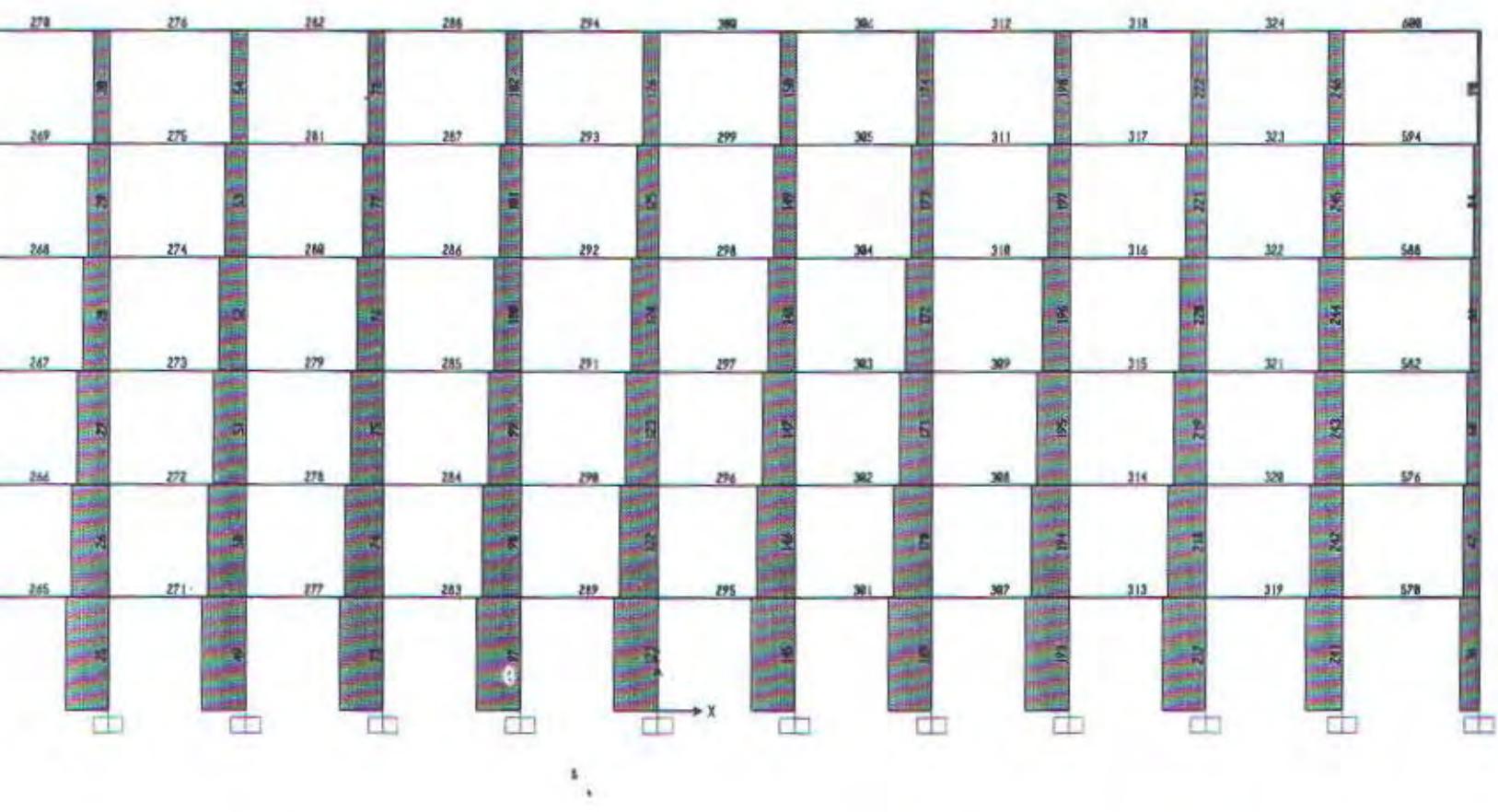




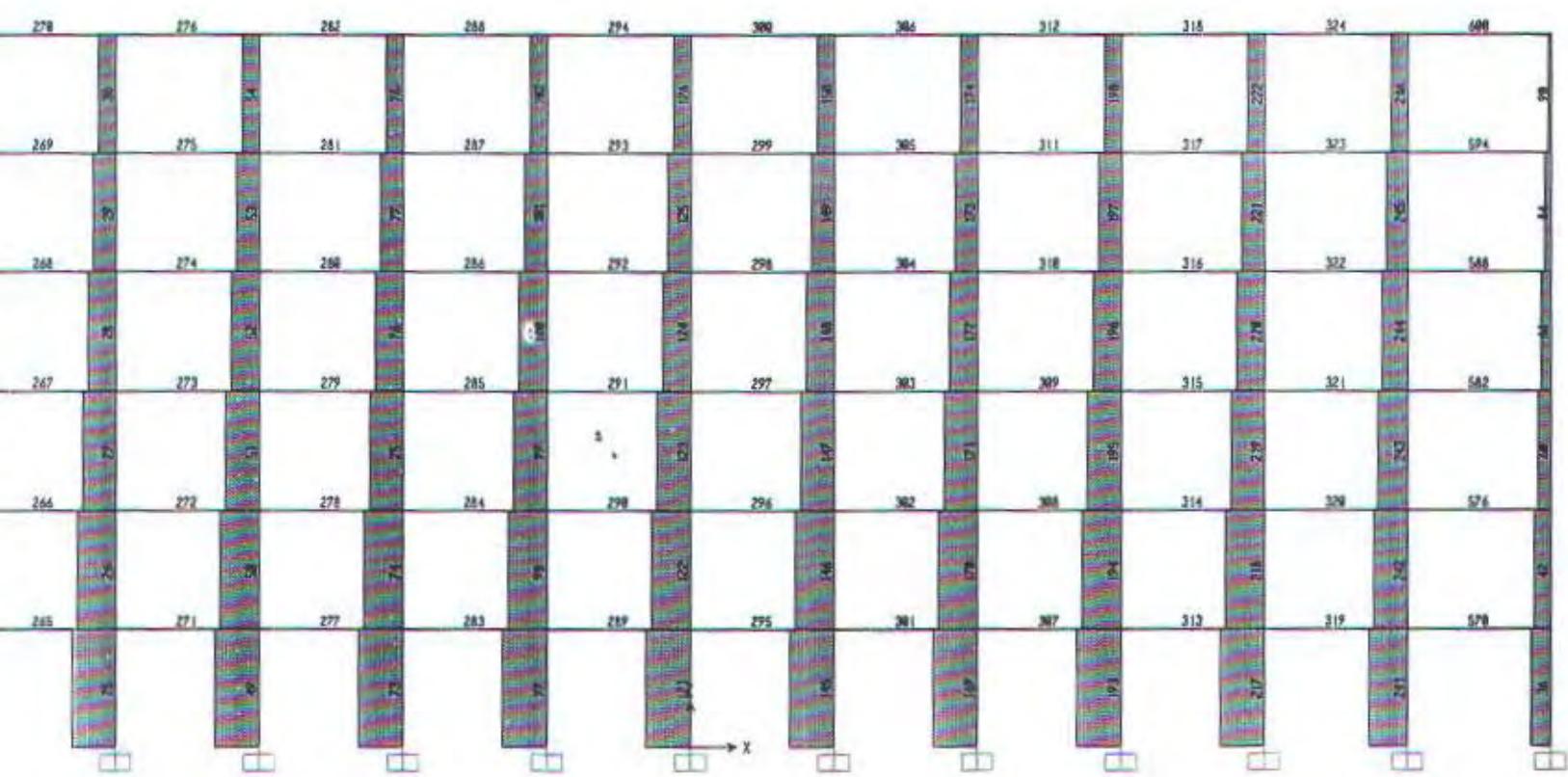
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units



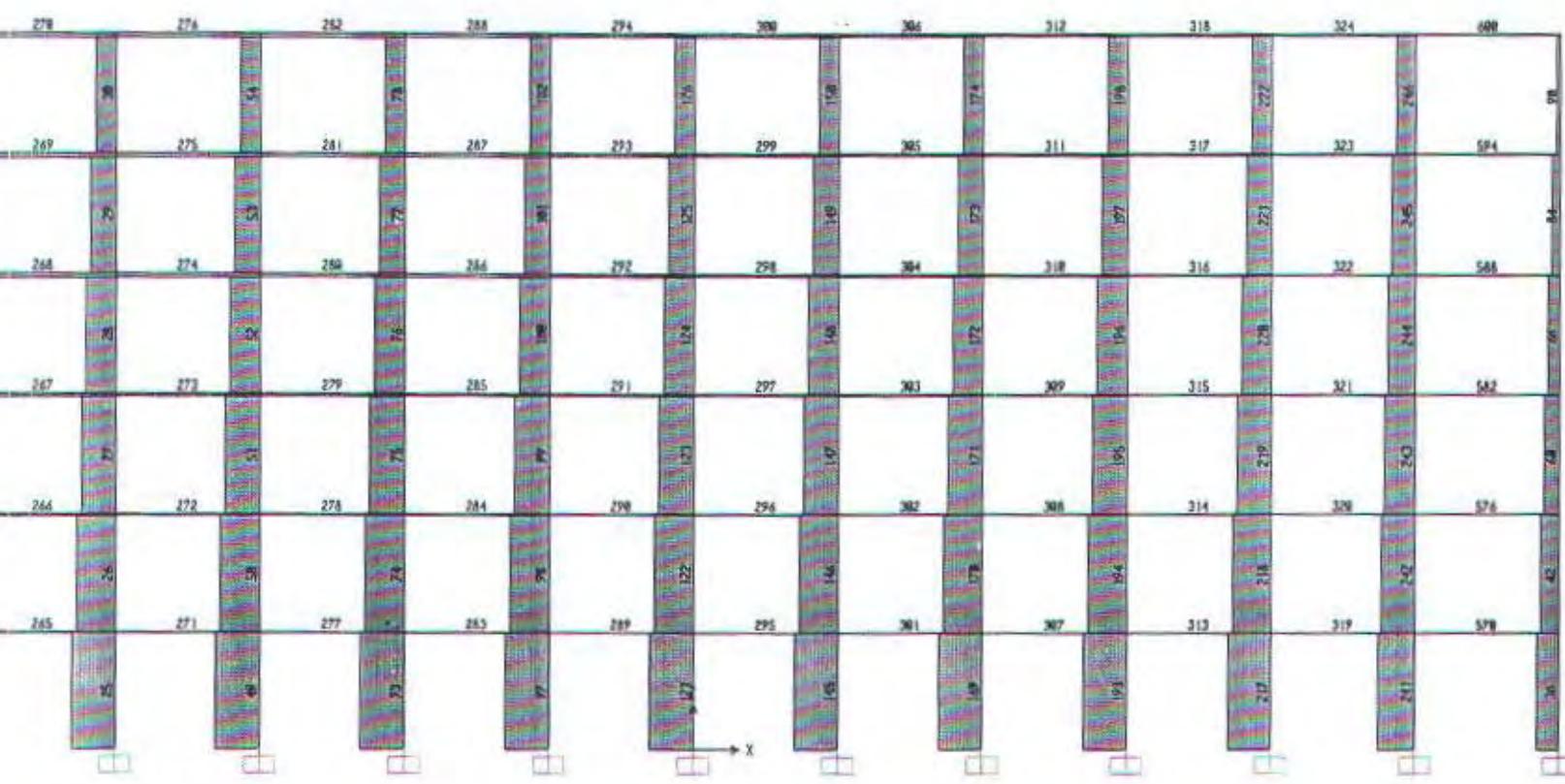
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units



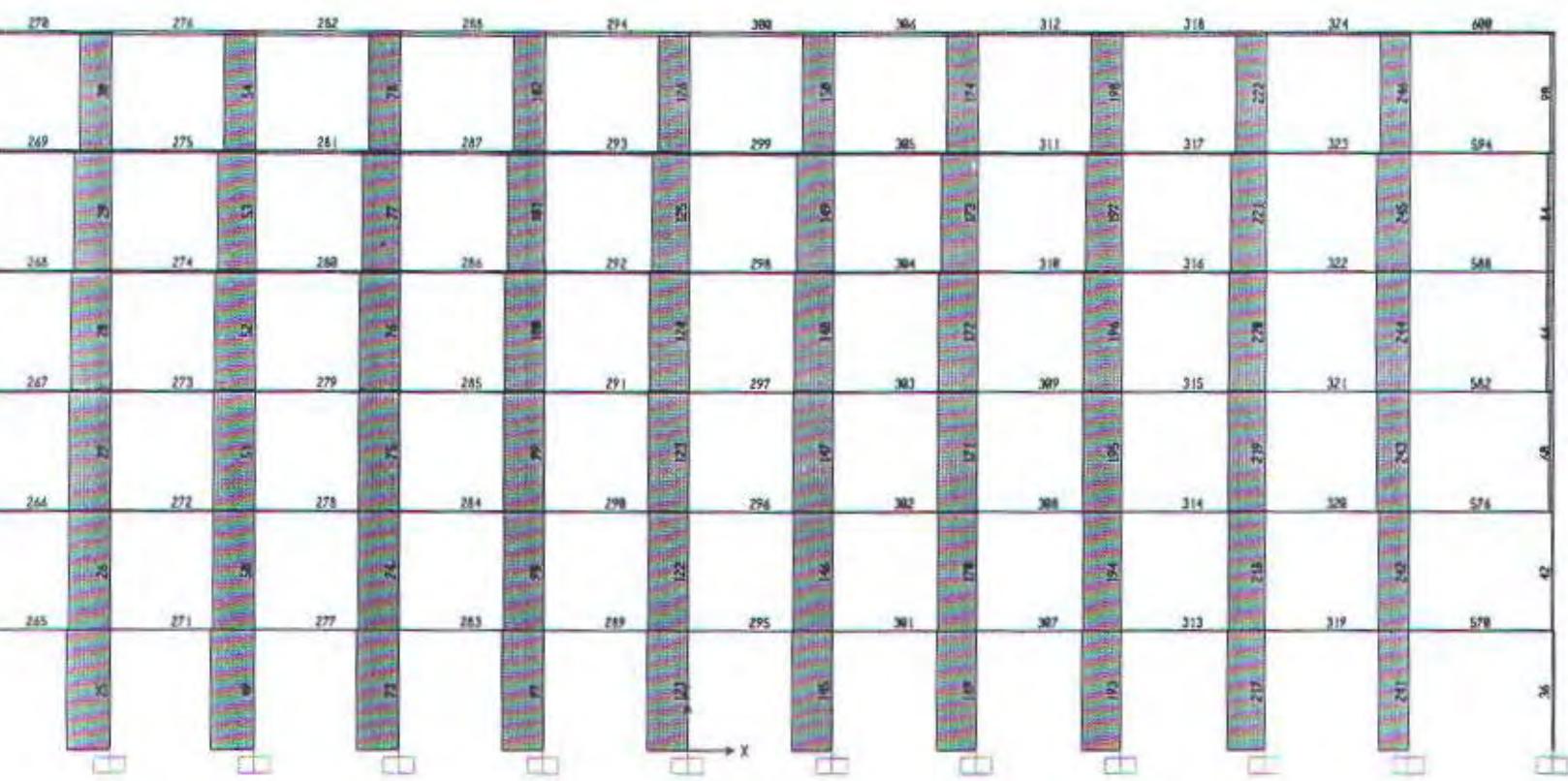
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units



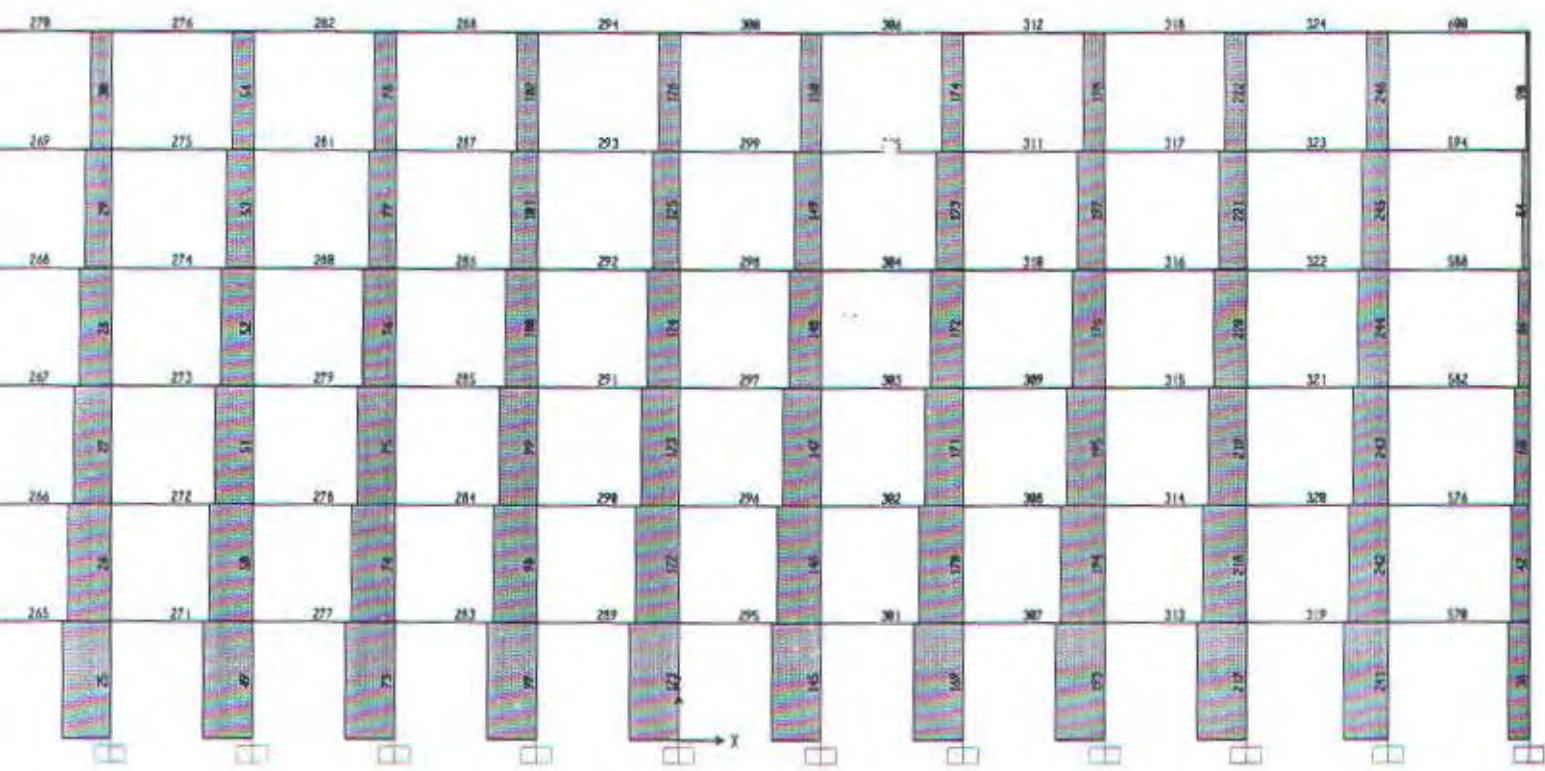
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units

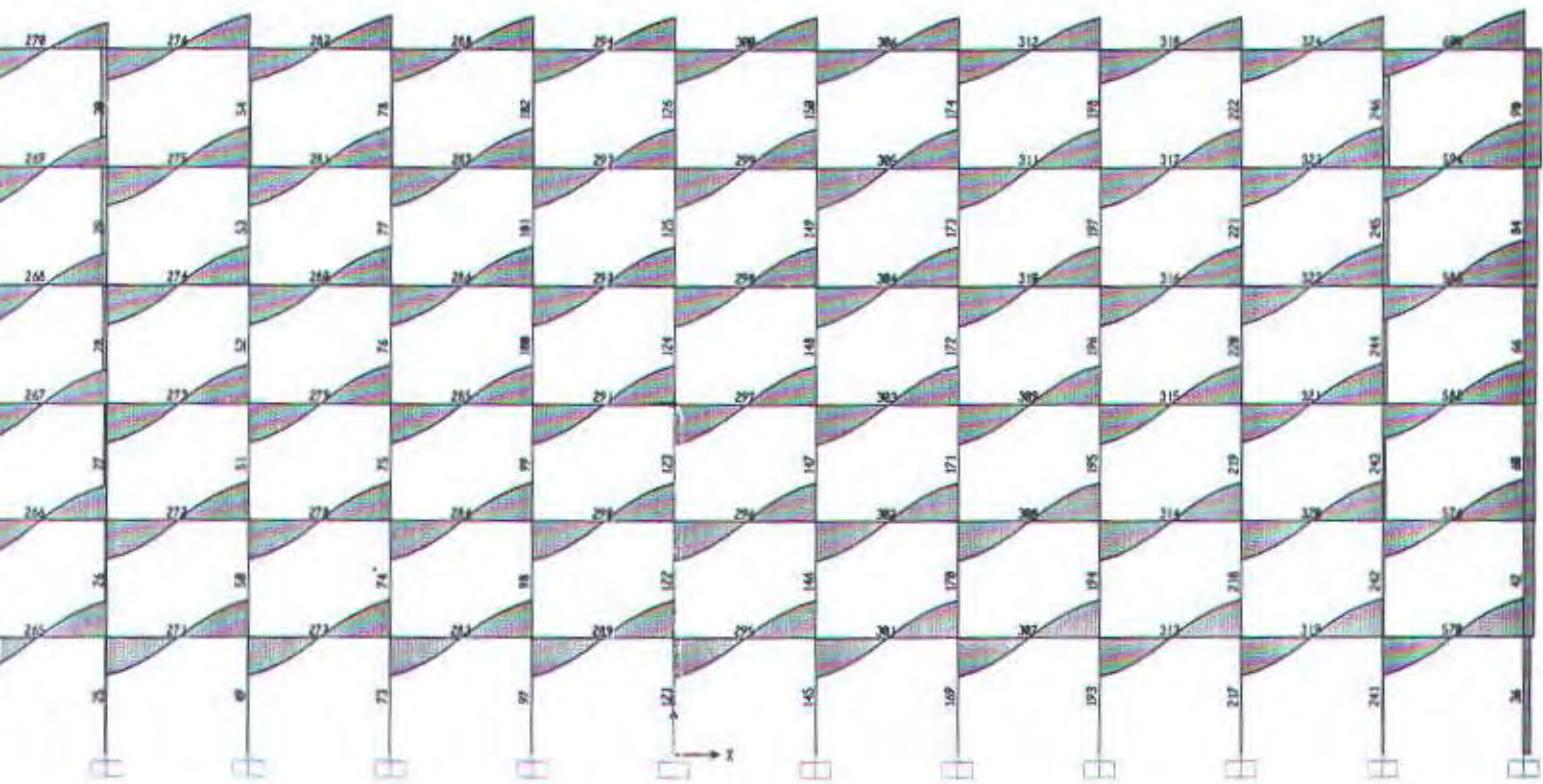


.3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB5) - Kgf, m, C Units

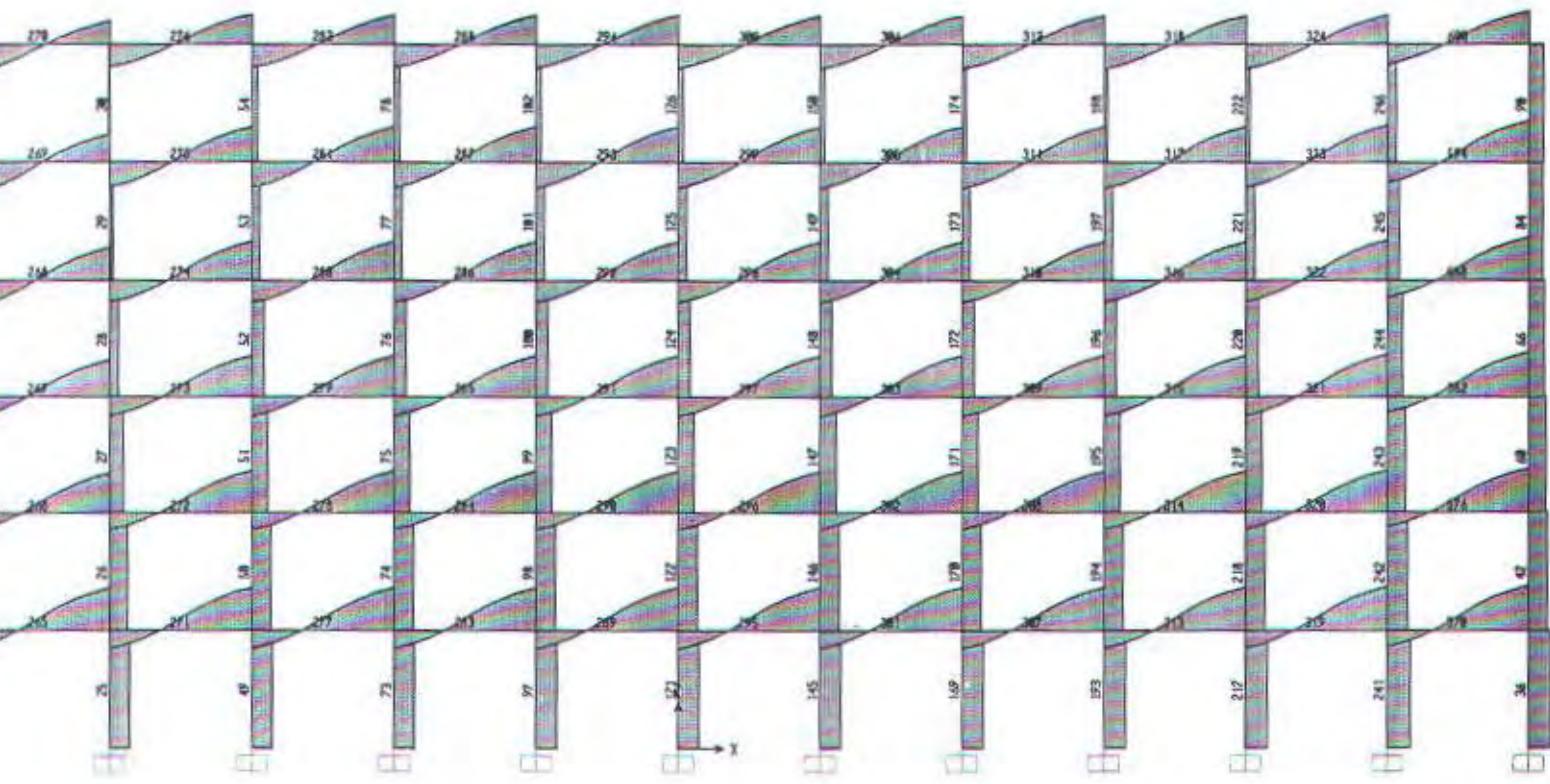


3 - File: SKALA GEMPA BENAR - Axial Force Diagram (COMB6) - Kgf, m, C Units

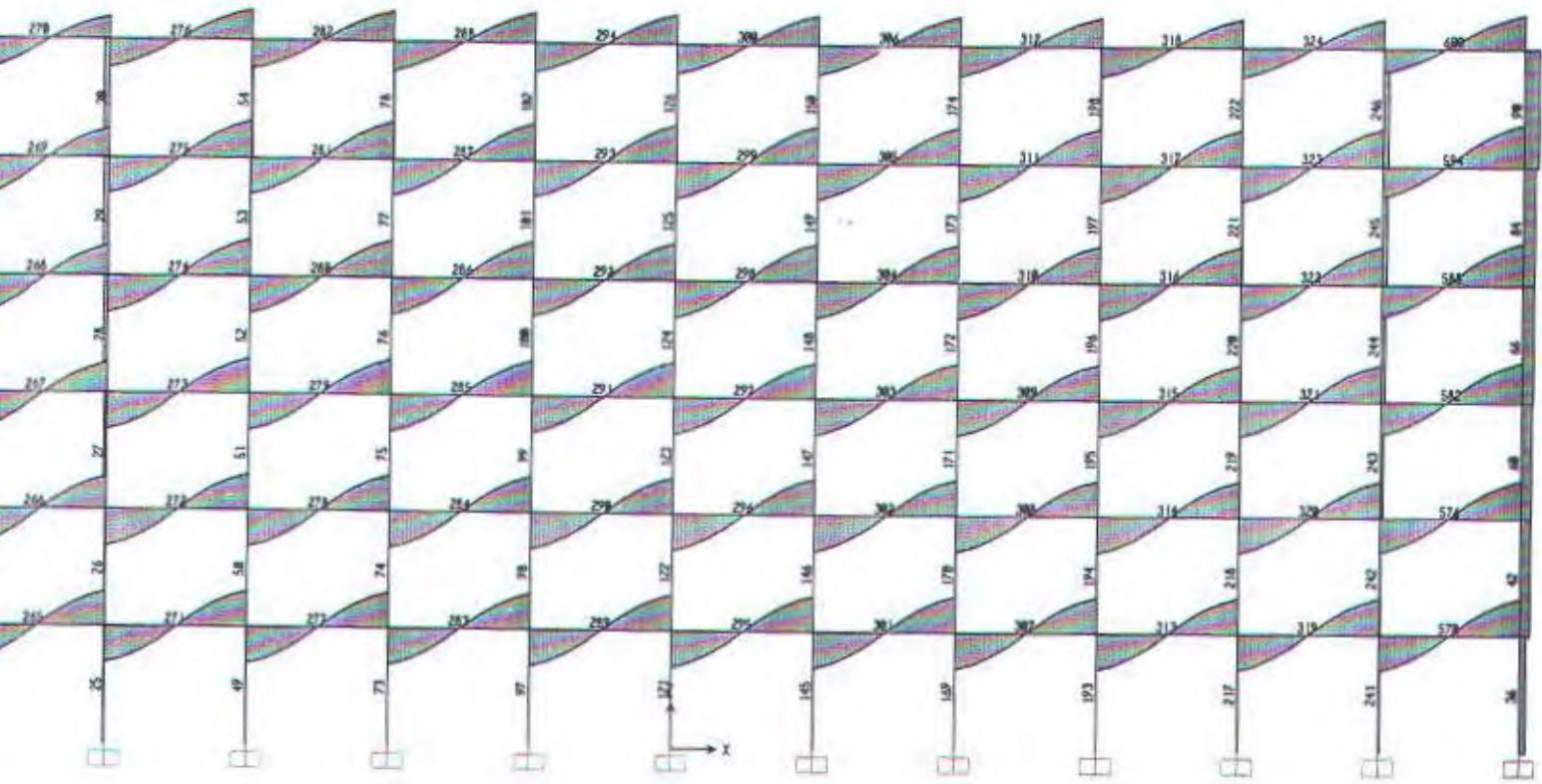




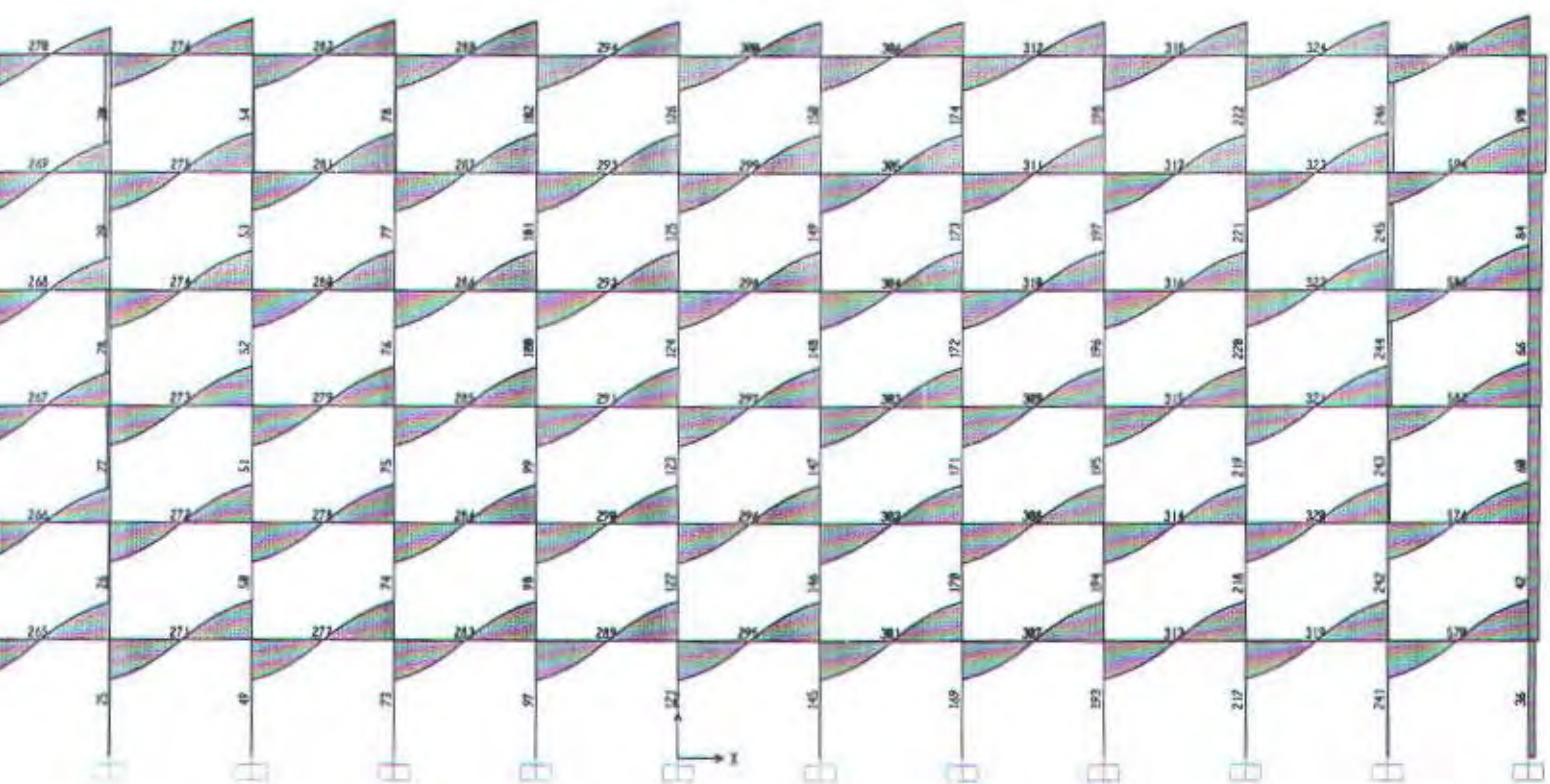
- File:SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units



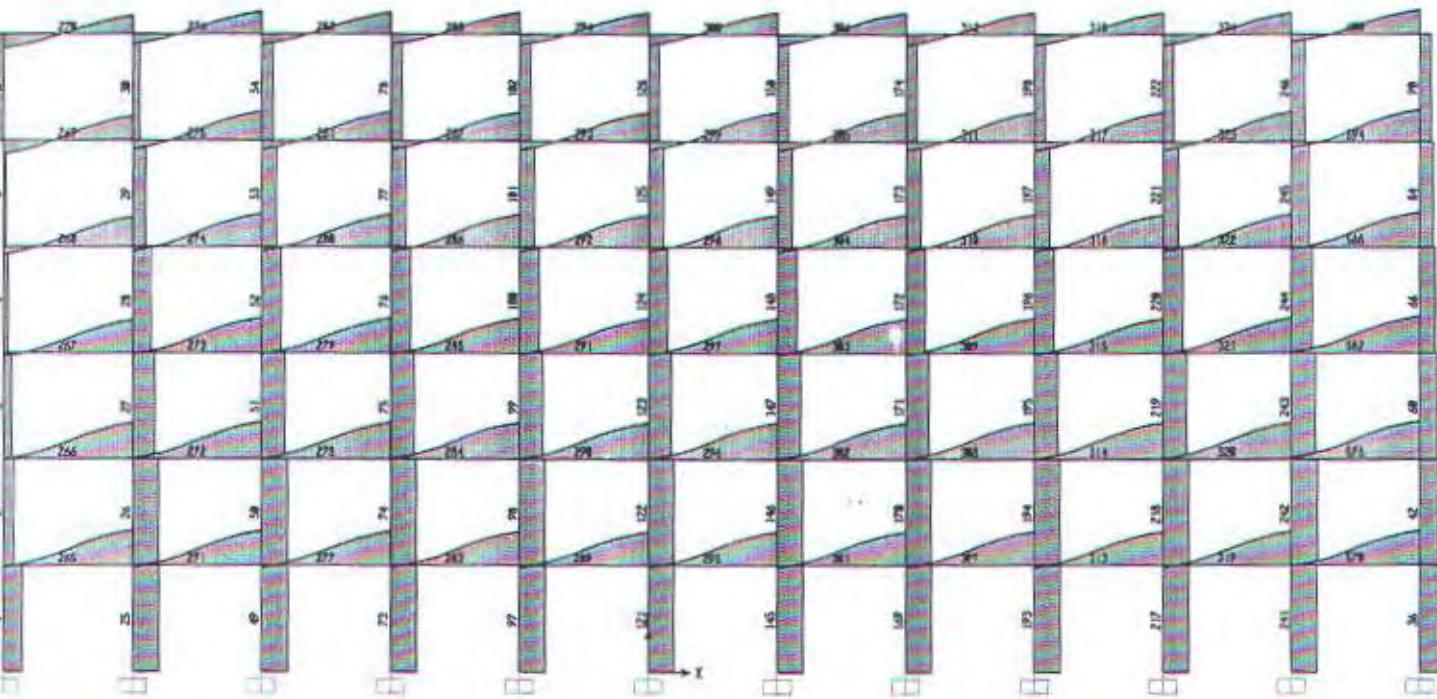
- File SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units



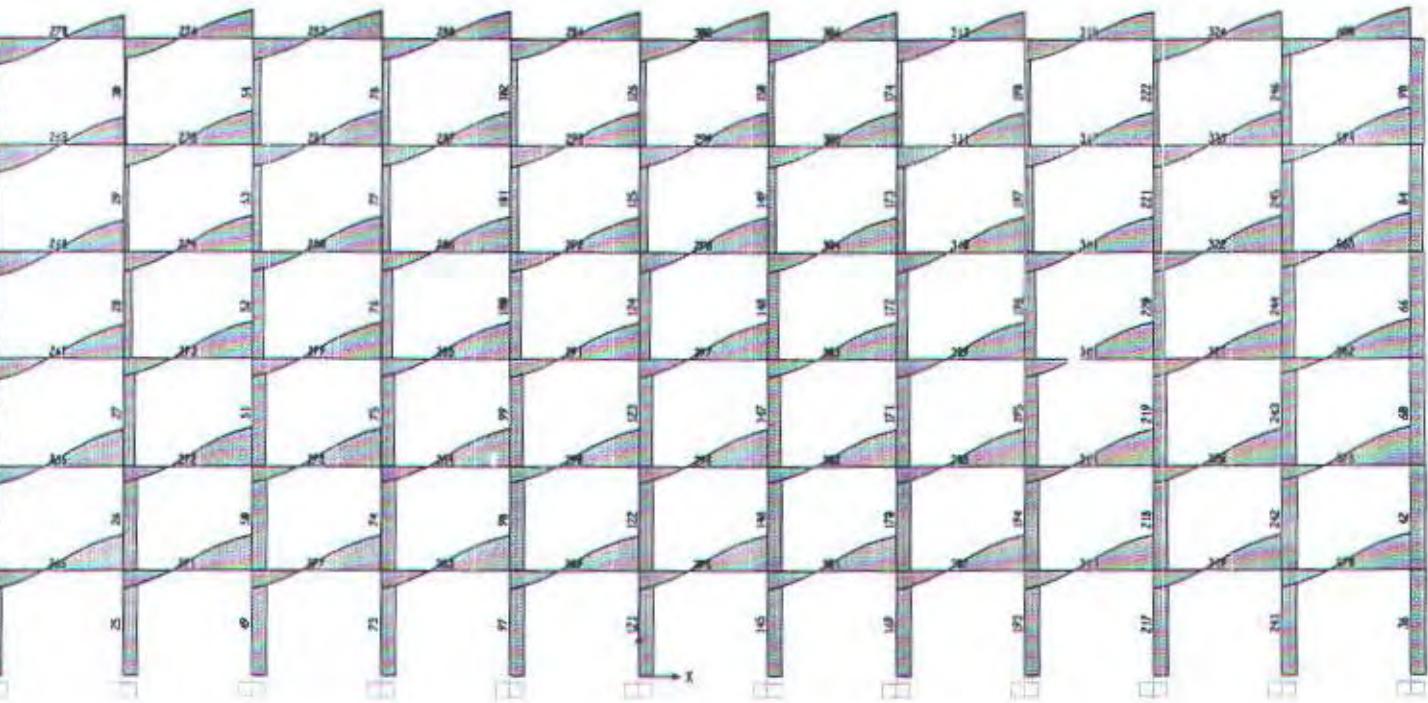
- File SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units



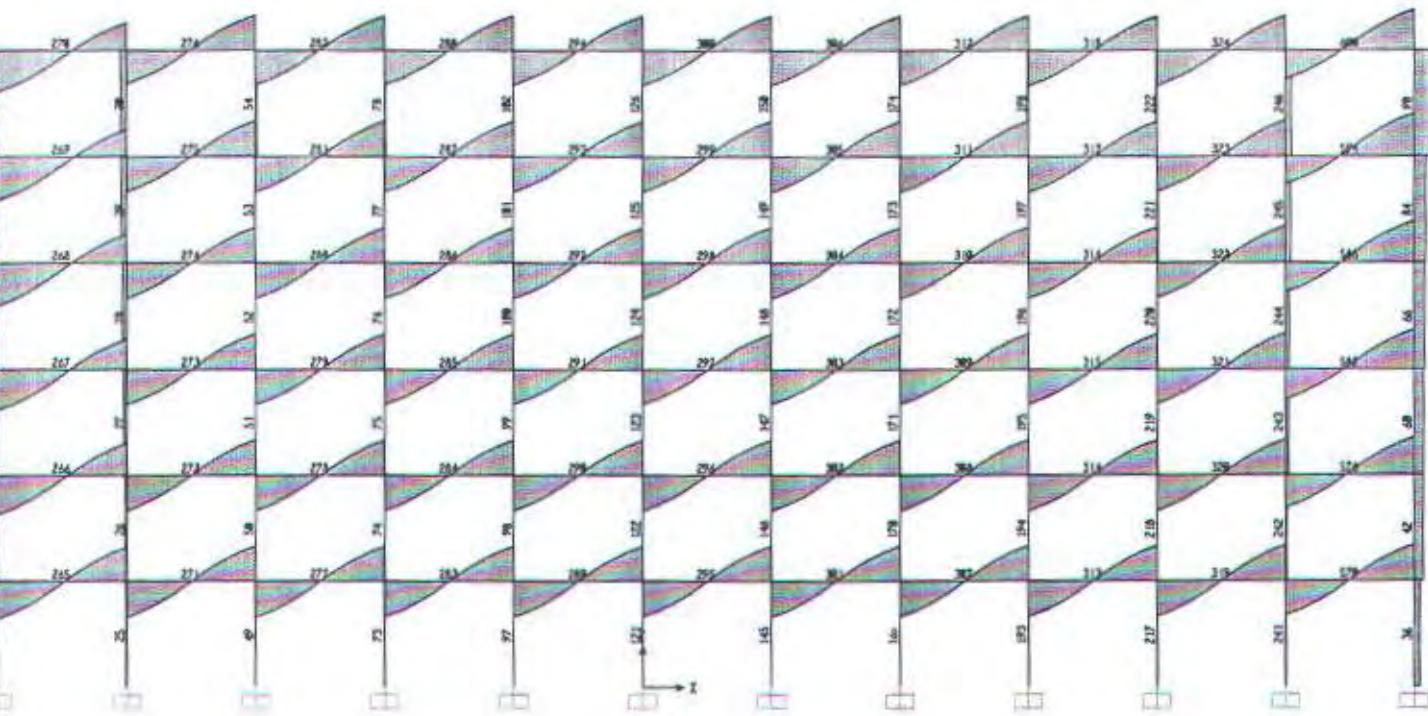
- File SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units



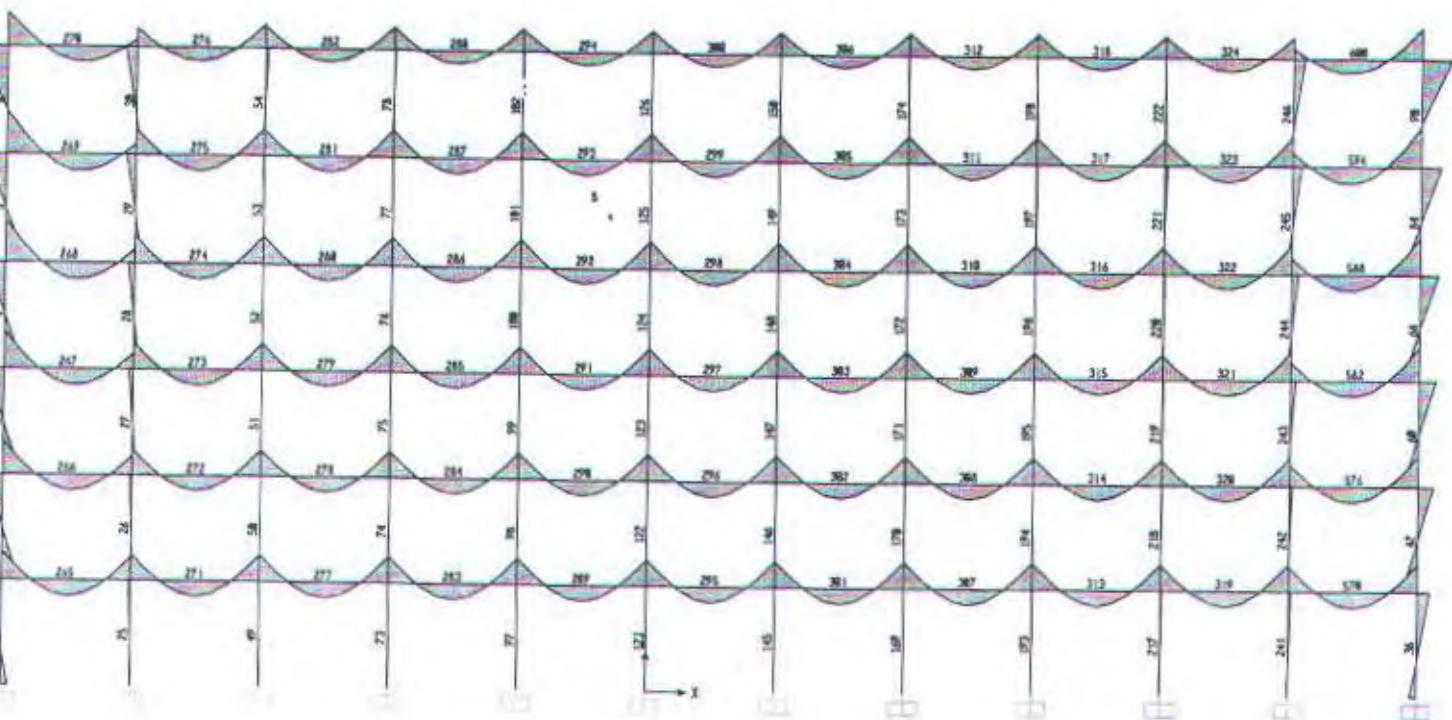
- File:SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB5) - Kgf, m, C Units



- File: SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB6) - Kgf, m, C Units

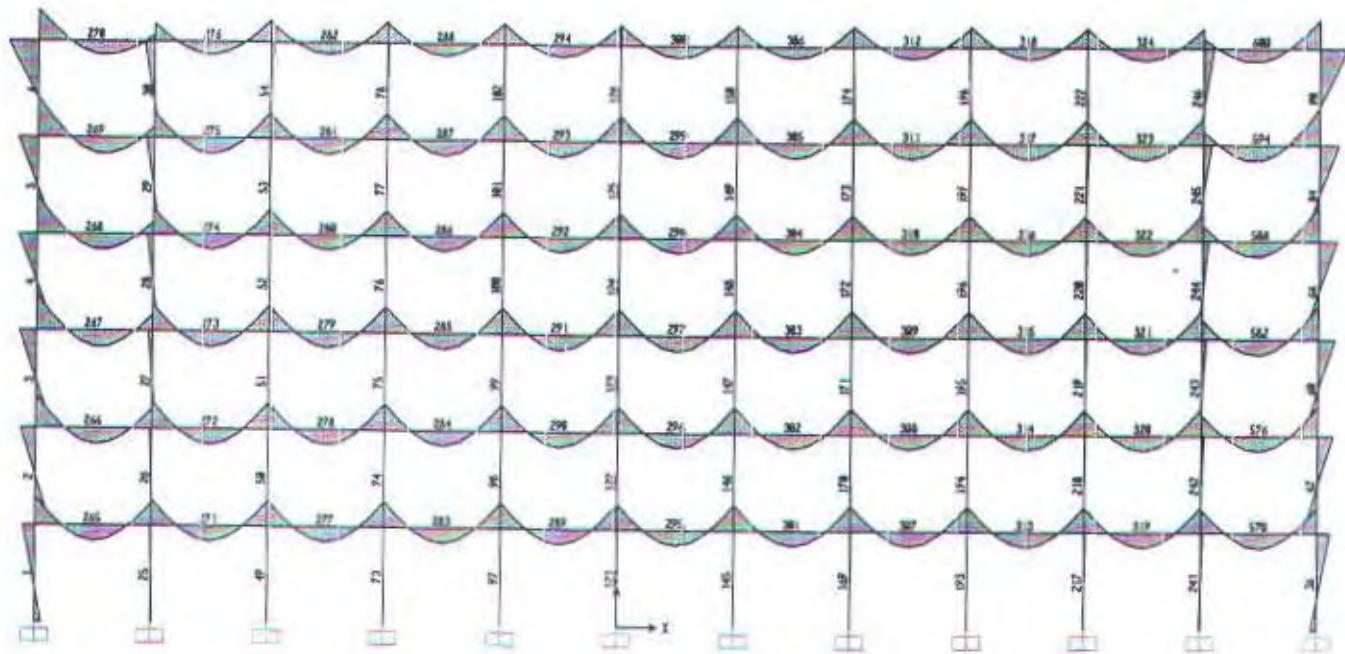


- File:SKALA GEMPA BENAR - Shear Force 2-2 Diagram (COMB7) - Kgf, m, C Units

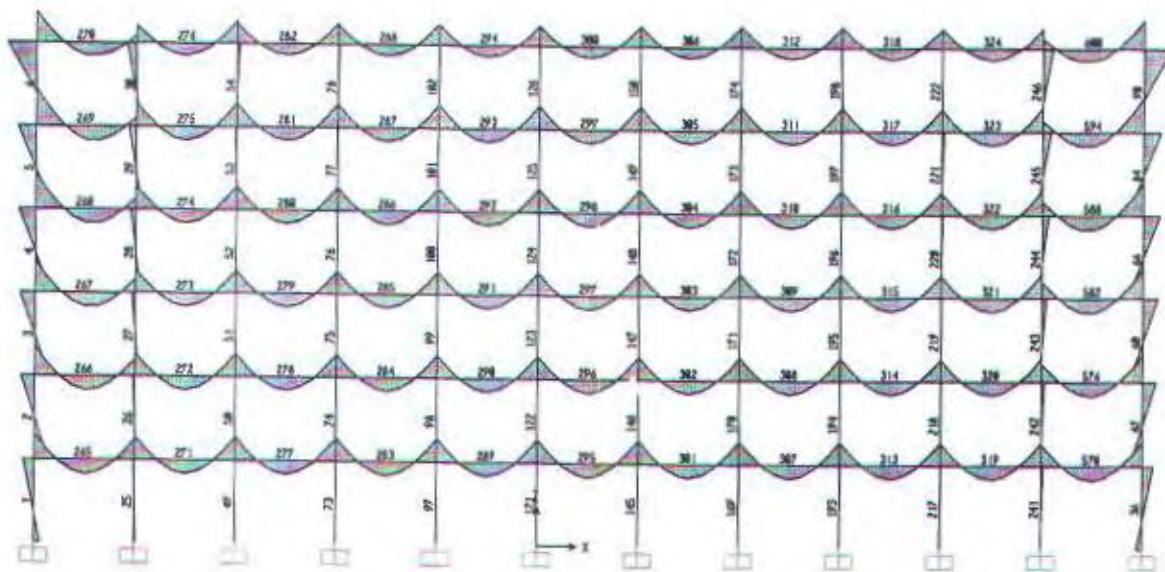




3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Moment 3-3 Diagram (COMR2) - Knf m C1 Unité



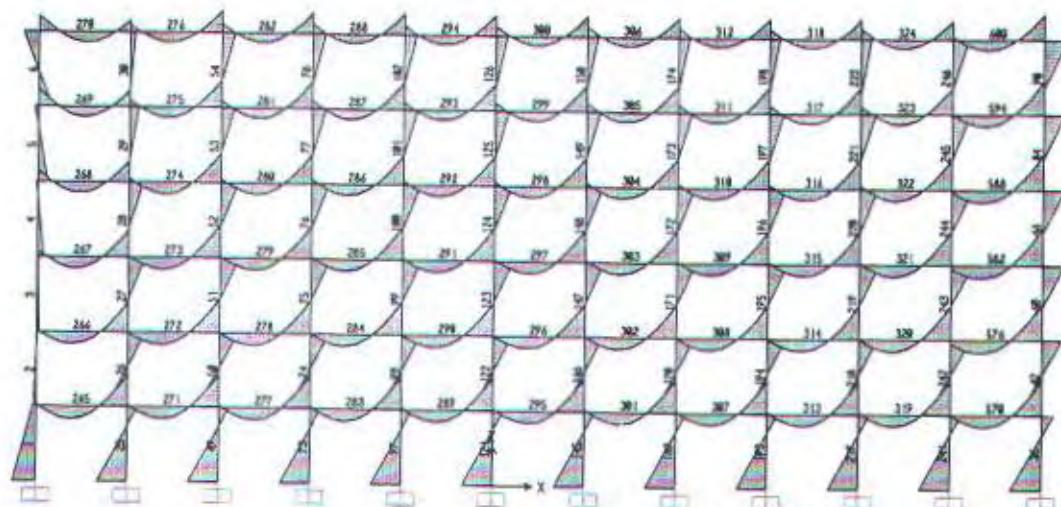
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Moment 3-3 Diagram (COMB3) - Kaf. m. C Units



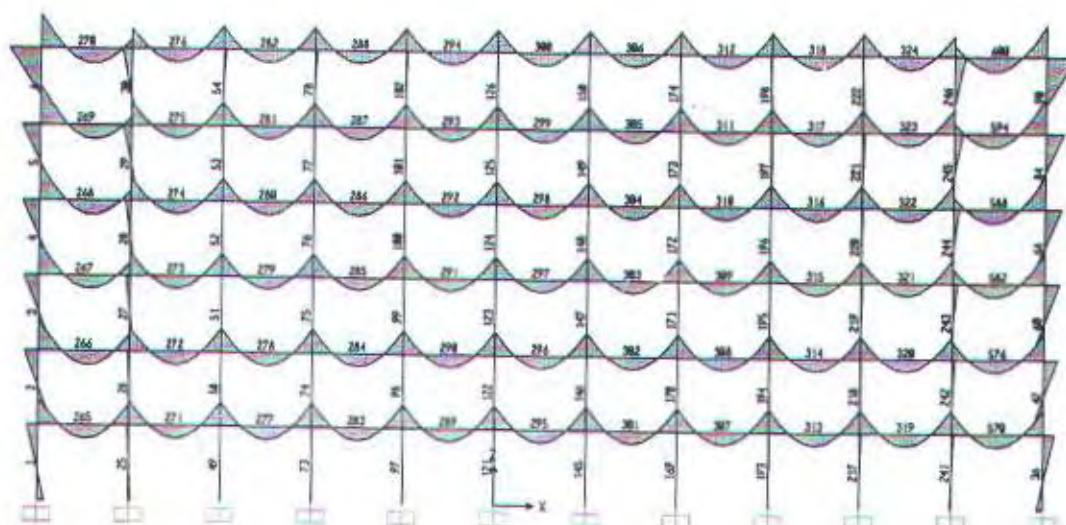
3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Moment 3-3 Diagram (COMBA) - Knf m C Units



0.3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Moment 3-3 Diagram (COMB5) - Kgf.m.C.Unts



0.3 - File:SKALA GEMPA RFNAR - Moment 3-3 Diagram (COMRA) - Knf. m / Unité



0.3 - File:SKALA GEMPA BENAR - Moment 3-3 Diagram (COMB71) - Kaf m C.U Units

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M2	M3
Text	m	Text	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
6	0	COMB1	-3263.65	-722.48	-1045.38	-953.82
6	1.65	COMB1	-3263.65	-722.48	413.3	238.26
6	3.3	COMB1	-3263.65	-722.48	1871.98	1430.35
6	0	COMB2	-3274.95	-639.05	-723.12	-967.62
6	1.65	COMB2	-3274.95	-639.05	864.97	86.81
6	3.3	COMB2	-3274.95	-639.05	2453.07	1141.23
6	0	COMB3	-2570.72	-576.28	-855.42	-769.57
6	1.65	COMB3	-2570.72	-576.28	316.04	181.28
6	3.3	COMB3	-2570.72	-576.28	1487.5	1132.14
6	0	COMB4	-2617.23	-573.38	-811.67	-749.68
6	1.65	COMB4	-2617.23	-573.38	339.36	196.4
6	3.3	COMB4	-2617.23	-573.38	1490.39	1142.48
6	0	COMB5	-2322.9	-454.89	-1102.69	-927.44
6	1.65	COMB5	-2322.9	-454.89	-53.05	-176.88
6	3.3	COMB5	-2322.9	-454.89	996.6	573.69
6	0	COMB6	-1817.96	-551.04	-1494.48	-830.25
6	1.65	COMB6	-1817.96	-551.04	-1128.12	78.97
6	3.3	COMB6	-1817.96	-551.04	-761.76	988.19
6	0	COMB7	-2309.79	-487.33	-633.22	-614.16
6	1.65	COMB7	-2309.79	-487.33	324.19	189.94
6	3.3	COMB7	-2309.79	-487.33	1281.6	994.03
7	0	COMB1	-38385.16	-363.72	-11.02	-407.65
7	1.65	COMB1	-38385.16	-363.72	0.24	192.48
7	3.3	COMB1	-38385.16	-363.72	11.5	792.62
7	0	COMB2	-31447.06	515.67	-6108.46	2002.47
7	1.65	COMB2	-31447.06	515.67	-212F.72	1151.61
7	3.3	COMB2	-31447.06	515.67	1855.03	300.76
7	0	COMB3	-31541.38	-304.71	-9.21	-341.64
7	1.65	COMB3	-31541.38	-304.71	0.23	161.12
7	3.3	COMB3	-31541.38	-304.71	9.67	663.89
7	0	COMB4	-29693.88	-276.5	-8.4	-309.78
7	1.65	COMB4	-29693.88	-276.5	0.16	146.44
7	3.3	COMB4	-29693.88	-276.5	8.71	602.66
7	0	COMB5	-27854.08	1247.54	4826.37	4265.39
7	1.65	COMB5	-27854.08	1247.54	1744.04	2206.95
7	3.3	COMB5	-27854.08	1247.54	-1338.29	148.51
7	0	COMB6	-32513.78	181.86	16109.63	1118.6
7	1.65	COMB6	-32513.78	181.86	5812.9	818.53
7	3.3	COMB6	-32513.78	181.86	-4483.82	518.46
7	0	COMB7	-22812.62	-196.7	-6.05	-220.02
7	1.65	COMB7	-22812.62	-196.7	0.02838	104.54
7	3.3	COMB7	-22812.62	-196.7	6.1	429.1
8	0	COMB1	-31719.34	-574.27	-11.56	-979.64

8	1.65	COMB1	-31719.34	-574.27	10.96	-32.1
8	3.3	COMB1	-31719.34	-574.27	33.49	915.44
8	0	COMB2	-26337.68	103.49	-4206.19	194.99
8	1.65	COMB2	-26337.68	103.49	-241.43	24.23
8	3.3	COMB2	-26337.68	103.49	3723.33	-146.52
8	0	COMB3	-26029.36	-481.51	-9.86	-820.99
8	1.65	COMB3	-26029.36	-481.51	9.14	-26.49
8	3.3	COMB3	-26029.36	-481.51	28.14	768
8	0	COMB4	-24566.24	-436.21	-8.65	-744.49
8	1.65	COMB4	-24566.24	-436.21	8.37	-24.74
8	3.3	COMB4	-24566.24	-436.21	25.39	695.01
8	0	COMB5	-23362.61	786.81	3596.56	1562.43
8	1.65	COMB5	-23362.61	786.81	323.7	264.2
8	3.3	COMB5	-23362.61	786.81	-2949.15	-1034.04
8	0	COMB6	-26878.53	-85.63	12009.71	-75.83
8	1.65	COMB6	-26878.53	-85.63	1056.4	65.45
8	3.3	COMB6	-26878.53	-85.63	-9896.9	206.74
8	0	COMB7	-18966.61	-309.18	-5.69	-528.85
8	1.65	COMB7	-18966.61	-309.18	6.07	-18.7
8	3.3	COMB7	-18966.61	-309.18	17.84	491.45
9	0	COMB1	-25084.16	-550.09	-71.14	-902.98
9	1.65	COMB1	-25084.16	-550.09	4.08	4.67
9	3.3	COMB1	-25084.16	-550.09	79.3	912.32
9	0	COMB2	-21273.63	-14.23	-3069.09	-216.06
9	1.65	COMB2	-21273.63	-14.23	339.3	-192.58
9	3.3	COMB2	-21273.63	-14.23	3747.68	-169.1
9	0	COMB3	-20541.17	-462.19	-59.26	-758.46
9	1.65	COMB3	-20541.17	-462.19	3.28	4.15
9	3.3	COMB3	-20541.17	-462.19	65.83	766.76
9	0	COMB4	-19463.42	-417.06	-54.36	-684.8
9	1.65	COMB4	-19463.42	-417.06	3.21	3.35
9	3.3	COMB4	-19463.42	-417.06	60.78	691.5
9	0	COMB5	-19120.58	612.14	2757.26	758.54
9	1.65	COMB5	-19120.58	612.14	-177.1	-251.5
9	3.3	COMB5	-19120.58	612.14	-3111.46	-1261.53
9	0	COMB6	-21388.32	-126.21	9335.88	-286.53
9	1.65	COMB6	-21388.32	-126.21	-599.21	-78.28
9	3.3	COMB6	-21388.32	-126.21	-10534.3	129.97
9	0	COMB7	-15143.29	-293.01	-39.58	-481.73
9	1.65	COMB7	-15143.29	-293.01	2.65	1.73
9	3.3	COMB7	-15143.29	-293.01	44.88	485.19
10	0	COMB1	-18476.45	-547.71	-83.82	-905.85
10	1.65	COMB1	-18476.45	-547.71	1.35	-2.13
10	3.3	COMB1	-18476.45	-547.71	86.51	901.59
10	0	COMB2	-16059.29	-164.58	-2118.52	-540.7
10	1.65	COMB2	-16059.29	-164.58	525.06	-269.14

10	3.3	COMB2	-16059.29	-164.58	3168.63	2.42
10	0	COMB3	-15074.4	-461.13	-70.17	-762.2
10	1.65	COMB3	-15074.4	-461.13	1.4	-1.34
10	3.3	COMB3	-15074.4	-461.13	72.97	759.52
10	0	COMB4	-14382.83	-414.47	-63.76	-685.86
10	1.65	COMB4	-14382.83	-414.47	0.8	-1.99
10	3.3	COMB4	-14382.83	-414.47	65.35	681.88
10	0	COMB5	-14717.48	407.96	2000.61	117.94
10	1.65	COMB5	-14717.48	407.96	-396.41	-555.19
10	3.3	COMB5	-14717.48	407.96	-2793.43	-1228.33
10	0	COMB6	-15922.71	-188.64	6841.86	-490.7
10	1.65	COMB6	-15922.71	-188.64	-1323.36	-179.44
10	3.3	COMB6	-15922.71	-188.64	-9488.58	131.82
10	0	COMB7	-11340.18	-288.6	-45.49	-478.83
10	1.65	COMB7	-11340.18	-288.6	-0.18	-2.64
10	3.3	COMB7	-11340.18	-288.6	45.14	473.56
30	0	COMB1	-19312.05	-230.93	-5567.48	-280.1
30	1.65	COMB1	-19312.05	-230.93	7062.3	100.93
30	3.3	COMB1	-19312.05	-230.93	19692.08	481.97
30	0	COMB2	-18701.6	-43.27	-5177.08	-135.73
30	1.65	COMB2	-18701.6	-43.27	7650.72	-64.34
30	3.3	COMB2	-18701.6	-43.27	20478.51	7.05
30	0	COMB3	-15084.25	-185.46	-4432.91	-225.35
30	1.65	COMB3	-15084.25	-185.46	5513.03	80.66
30	3.3	COMB3	-15084.25	-185.46	15458.97	386.66
30	0	COMB4	-15593.2	-182.23	-4425.16	-220.69
30	1.65	COMB4	-15593.2	-182.23	5705	79.98
30	3.3	COMB4	-15593.2	-182.23	15835.15	380.66
30	0	COMB5	-18039.72	540.85	-5017.27	509.24
30	1.65	COMB5	-18039.72	540.85	5747.57	-383.16
30	3.3	COMB5	-18039.72	540.85	16512.42	-1275.57
30	0	COMB6	-17205.44	120.2	-4637.97	106.69
30	1.65	COMB6	-17205.44	120.2	3436.53	-91.64
30	3.3	COMB6	-17205.44	120.2	11511.03	-289.97
30	0	COMB7	-14092.68	-151.57	-3781.91	-182.5
30	1.65	COMB7	-14092.68	-151.57	5164.24	67.6
30	3.3	COMB7	-14092.68	-151.57	14110.38	317.69
31	0	COMB1	-60640.46	-27.14	8.42	-56.9
31	1.65	COMB1	-60640.46	-27.14	-18.27	-12.12
31	3.3	COMB1	-60640.46	-27.14	-44.96	32.66
31	0	COMB2	-53039.62	1587.41	-11945.15	4611.82
31	1.65	COMB2	-53039.62	1587.41	-5382.43	1992.59
31	3.3	COMB2	-53039.62	1587.41	1180.29	-626.64
31	0	COMB3	-50644.14	-23.52	5.52	-48.75
31	1.65	COMB3	-50644.14	-23.52	-14.75	-9.94
31	3.3	COMB3	-50644.14	-23.52	-35.02	28.88

31	0	COMB4	-46230.55	-19.97	7.68	-42.36
31	1.65	COMB4	-46230.55	-19.97	-14.35	-9.4
31	3.3	COMB4	-46230.55	-19.97	-36.38	23.56
31	0	COMB5	-52666.58	3039.36	9139.42	9145.27
31	1.65	COMB5	-52666.58	3039.36	4279.08	4130.33
31	3.3	COMB5	-52666.58	3039.36	-581.26	-884.61
31	0	COMB6	-52277.51	955.09	30442.72	2888.74
31	1.65	COMB6	-52277.51	955.09	14303.24	1312.84
31	3.3	COMB6	-52277.51	955.09	-1836.24	-263.06
31	0	COMB7	-33321.06	-12.05	9.67	-27.17
31	1.65	COMB7	-33321.06	-12.05	-11.74	-7.29
31	3.3	COMB7	-33321.06	-12.05	-33.14	12.59
32	0	COMB1	-48491.37	39.22	132.83	84.53
32	1.65	COMB1	-48491.37	39.22	-2.95	19.82
32	3.3	COMB1	-48491.37	39.22	-138.74	-44.89
32	0	COMB2	-42431.82	1286.08	-5965.12	2284.1
32	1.65	COMB2	-42431.82	1286.08	-640.27	162.07
32	3.3	COMB2	-42431.82	1286.08	4684.58	-1959.96
32	0	COMB3	-40492.18	31.24	106.38	68.49
32	1.65	COMB3	-40492.18	31.24	-1.26	16.95
32	3.3	COMB3	-40492.18	31.24	-108.9	-34.59
32	0	COMB4	-36973.09	31.16	105.06	66.2
32	1.65	COMB4	-36973.09	31.16	-3.26	14.78
32	3.3	COMB4	-36973.09	31.16	-111.58	-36.64
32	0	COMB5	-42087.99	2665.07	5424.98	5064.92
32	1.65	COMB5	-42087.99	2665.07	854.51	667.55
32	3.3	COMB5	-42087.99	2665.07	-3715.97	-3729.82
32	0	COMB6	-41733.25	879.78	17795.38	1676.98
32	1.65	COMB6	-41733.25	879.78	2858.75	225.35
32	3.3	COMB6	-41733.25	879.78	-12077.88	-1226.29
32	0	COMB7	-26663.94	26.61	88.16	53.48
32	1.65	COMB7	-26663.94	26.61	-5.66	9.57
32	3.3	COMB7	-26663.94	26.61	-99.48	-34.34
33	0	COMB1	-36348.28	3.08	83.5	-3.67
33	1.65	COMB1	-36348.28	3.08	22.8	-8.75
33	3.3	COMB1	-36348.28	3.08	-37.89	-13.83
33	0	COMB2	-31816.6	942.2	-3232.85	1134.1
33	1.65	COMB2	-31816.6	942.2	940.65	-420.54
33	3.3	COMB2	-31816.6	942.2	5114.15	-1975.17
33	0	COMB3	-30350.56	0.0745	62.28	-6.86
33	1.65	COMB3	-30350.56	0.0745	17.67	-6.98
33	3.3	COMB3	-30350.56	0.0745	-26.95	-7.1
33	0	COMB4	-27715.78	4.42	69.87	0.36
33	1.65	COMB4	-27715.78	4.42	18.53	-6.94
33	3.3	COMB4	-27715.78	4.42	-32.8	-14.24
33	0	COMB5	-31555.12	2229.24	3478.72	3108.01

33	1.65	COMB5	-31555.12	2229.24	-426.54	-570.24
33	3.3	COMB5	-31555.12	2229.24	-4331.81	-4248.49
33	0	COMB6	-31260.82	719.96	11397.44	999.47
33	1.65	COMB6	-31260.82	719.96	-1473.13	-188.46
33	3.3	COMB6	-31260.82	719.96	-14343.71	-1376.39
33	0	COMB7	-19992.41	10.01	70.73	10.61
33	1.65	COMB7	-19992.41	10.01	17.13	-5.9
33	3.3	COMB7	-19992.41	10.01	-36.47	-22.41
34	0	COMB1	-24161.65	-1.3	285.31	18.44
34	1.65	COMB1	-24161.65	-1.3	-125.94	20.58
34	3.3	COMB1	-24161.65	-1.3	-537.19	22.72
34	0	COMB2	-21149.04	630.65	-1412.68	510.3
34	1.65	COMB2	-21149.04	630.65	1248.43	-530.27
34	3.3	COMB2	-21149.04	630.65	3909.54	-1570.83
34	0	COMB3	-20177.59	-4.3	220.11	10.47
34	1.65	COMB3	-20177.59	-4.3	-98.23	17.56
34	3.3	COMB3	-20177.59	-4.3	-416.57	24.65
34	0	COMB4	-18421.08	1.69	232.65	18.17
34	1.65	COMB4	-18421.08	1.69	-101.8	15.38
34	3.3	COMB4	-18421.08	1.69	-436.26	12.59
34	0	COMB5	-20995.58	1654.44	2322.76	-756.38
34	1.65	COMB5	-20995.58	1654.44	-1118.99	-973.44
34	3.3	COMB5	-20995.58	1654.44	-4560.74	-3703.26
34	0	COMB6	-20779.52	533.87	7095.73	581.91
34	1.65	COMB6	-20779.52	533.87	-3449.68	-298.98
34	3.3	COMB6	-20779.52	533.87	-13995.1	-1179.88
34	0	COMB7	-13280.2	10	217.34	26.58
34	1.65	COMB7	-13280.2	10	-92.36	10.08
34	3.3	COMB7	-13280.2	10	-402.05	-6.43
35	0	COMB1	-11896.38	60.87	-140.48	89.74
35	1.65	COMB1	-11896.38	60.87	-9.06	-10.69
35	3.3	COMB1	-11896.38	60.87	122.35	-111.12
35	0	COMB2	-10401.47	379.14	-652.34	150.74
35	1.65	COMB2	-10401.47	379.14	1302.49	-474.84
35	3.3	COMB2	-10401.47	379.14	3257.31	-1100.41
35	0	COMB3	-9945.21	45.8	-114.11	69.15
35	1.65	COMB3	-9945.21	45.8	-5.78	-6.43
35	3.3	COMB3	-9945.21	45.8	102.55	-82
35	0	COMB4	-9061.21	50.6	-109.77	73.25
35	1.65	COMB4	-9061.21	50.6	-8.4	-10.23
35	3.3	COMB4	-9061.21	50.6	92.97	-93.72
35	0	COMB5	-10397.21	1207.8	779.93	845.24
35	1.65	COMB5	-10397.21	1207.8	-1215.83	-1147.63
35	3.3	COMB5	-10397.21	1207.8	-3211.59	-3140.49
35	0	COMB6	-10259.98	432.41	2894.53	336.69
35	1.65	COMB6	-10259.98	432.41	-4028.02	-376.78

33	1.65	COMB5	-31555.12	2229.24	-426.54	-570.24
33	3.3	COMB5	-31555.12	2229.24	-4331.81	-4248.49
33	0	COMB6	-31260.82	719.96	11397.44	999.47
33	1.65	COMB6	-31260.82	719.96	-1473.13	-188.46
33	3.3	COMB6	-31260.82	719.96	-14343.71	-1376.39
33	0	COMB7	-19992.41	10.01	70.73	10.61
33	1.65	COMB7	-19992.41	10.01	17.13	-5.9
33	3.3	COMB7	-19992.41	10.01	-36.47	-22.41
34	0	COMB1	-24161.65	-1.3	285.31	18.44
34	1.65	COMB1	-24161.65	-1.3	-125.94	20.58
34	3.3	COMB1	-24161.65	-1.3	-537.19	22.72
34	0	COMB2	-21149.04	630.65	-1412.68	510.3
34	1.65	COMB2	-21149.04	630.65	1248.43	-530.27
34	3.3	COMB2	-21149.04	630.65	3909.54	-1570.83
34	0	COMB3	-20177.59	-4.3	220.11	10.47
34	1.65	COMB3	-20177.59	-4.3	-98.23	17.56
34	3.3	COMB3	-20177.59	-4.3	-416.57	24.65
34	0	COMB4	-18421.08	1.69	232.65	18.17
34	1.65	COMB4	-18421.08	1.69	-101.8	15.38
34	3.3	COMB4	-18421.08	1.69	-436.26	12.59
34	0	COMB5	-20995.58	1654.44	2322.76	1756.38
34	1.65	COMB5	-20995.58	1654.44	-1118.99	-973.44
34	3.3	COMB5	-20995.58	1654.44	-4560.74	-3703.26
34	0	COMB6	-20779.52	533.87	7095.73	581.91
34	1.65	COMB6	-20779.52	533.87	-3449.68	-298.98
34	3.3	COMB6	-20779.52	533.87	-13995.1	-1179.88
34	0	COMB7	-13280.2	10	217.34	26.58
34	1.65	COMB7	-13280.2	10	-92.36	10.08
34	3.3	COMB7	-13280.2	10	-402.05	-6.43
35	0	COMB1	-11896.38	60.87	-140.48	89.74
35	1.65	COMB1	-11896.38	60.87	-9.06	-10.69
35	3.3	COMB1	-11896.38	60.87	122.35	-111.12
35	0	COMB2	-10401.47	379.14	-652.34	150.74
35	1.65	COMB2	-10401.47	379.14	1302.49	-474.84
35	3.3	COMB2	-10401.47	379.14	3257.31	-1100.41
35	0	COMB3	-9945.21	45.8	-114.11	69.15
35	1.65	COMB3	-9945.21	45.8	-5.78	-6.43
35	3.3	COMB3	-9945.21	45.8	102.55	-82
35	0	COMB4	-9061.21	50.6	-109.77	73.25
35	1.65	COMB4	-9061.21	50.6	-8.4	-10.23
35	3.3	COMB4	-9061.21	50.6	92.97	-93.72
35	0	COMB5	-10397.21	1207.8	779.93	845.24
35	1.65	COMB5	-10397.21	1207.8	-1215.83	-1147.63
35	3.3	COMB5	-10397.21	1207.8	-3211.59	-3140.49
35	0	COMB6	-10259.98	432.41	2894.53	336.69
35	1.65	COMB6	-10259.98	432.41	-4028.02	-376.78

35	3.3	COMB6	-10259.98	432.41	-10950.57	-1090.25
35	0	COMB7	-6503.9	50.22	-87.9	68.66
35	1.65	COMB7	-6503.9	50.22	-10.94	-14.21
35	3.3	COMB7	-6503.9	50.22	66.01	-97.08
36	0	COMB1	#REF!	261.46	-350.15	303.12
36	1.65	COMB1	-22890.66	261.46	175.46	-128.29
36	3.3	COMB1	-22890.66	261.46	701.08	-559.69
36	0	COMB2	-30034.66	1068.35	-6222.12	2588.72
36	1.65	COMB2	-30034.66	1068.35	-2424.01	825.94
36	3.3	COMB2	-30034.66	1068.35	1374.1	-936.84
36	0	COMB3	-18625.24	213.57	-290.18	247.52
36	1.65	COMB3	-18625.24	213.57	145.4	-104.87
36	3.3	COMB3	-18625.24	213.57	580.98	-457.26
36	0	COMB4	-17861.19	203.32	-268.82	235.79
36	1.65	COMB4	-17861.19	203.32	134.72	-99.69
36	3.3	COMB4	-17861.19	203.32	538.26	-435.17
36	0	COMB5	-19855.41	1739.85	5332.28	4682.28
36	1.65	COMB5	-19855.41	1739.85	2673.99	1811.53
36	3.3	COMB5	-19855.41	1739.85	15.7	-1059.23
36	0	COMB6	1026.79	808.14	18491.14	1940.58
36	1.65	COMB6	1026.79	808.14	8552.77	607.15
36	3.3	COMB6	1026.79	808.14	-1385.6	-726.28
36	0	COMB7	-14218.09	159.63	-199.91	185.35
36	1.65	COMB7	-14218.09	159.63	100.21	-78.04
36	3.3	COMB7	-14218.09	159.63	400.32	-341.43
37	0	COMB1	-60640.46	-27.14	-8.42	-56.9
37	1.65	COMB1	-60640.46	-27.14	18.27	-12.12
37	3.3	COMB1	-60640.46	-27.14	44.96	32.66
37	0	COMB2	-52607.9	1581.87	-11978.01	4603.89
37	1.65	COMB2	-52607.9	1581.87	-5352.16	1993.8
37	3.3	COMB2	-52607.9	1581.87	1273.68	-616.3
37	0	COMB3	-50644.14	-23.52	-5.52	-48.75
37	1.65	COMB3	-50644.14	-23.52	14.75	-9.94
37	3.3	COMB3	-50644.14	-23.52	35.02	28.88
37	0	COMB4	-46230.55	-19.97	-7.68	-42.36
37	1.65	COMB4	-46230.55	-19.97	14.35	-9.4
37	3.3	COMB4	-46230.55	-19.97	36.38	23.56
37	0	COMB5	-53043.52	3000.03	9079.56	9026.26
37	1.65	COMB5	-53043.52	3000.03	4302.1	4076.21
37	3.3	COMB5	-53043.52	3000.03	-475.37	-873.84
37	0	COMB6	-53533.98	823.99	30287.23	2492.04
37	1.65	COMB6	-53533.98	823.99	14300.69	1132.45
37	3.3	COMB6	-53533.98	823.99	-1685.85	-227.14
37	0	COMB7	-33321.06	-12.05	-9.67	-27.17
37	1.65	COMB7	-33321.06	-12.05	11.74	-7.29
37	3.3	COMB7	-33321.06	-12.05	33.14	12.59

38	0	COMB1	-48491.37	39.22	-132.83	84.53
38	1.65	COMB1	-48491.37	39.22	2.95	19.82
38	3.3	COMB1	-48491.37	39.22	138.74	-44.89
38	0	COMB2	-42034.35	1290.77	-6208.61	2297.27
38	1.65	COMB2	-42034.35	1290.77	-629.34	167.49
38	3.3	COMB2	-42034.35	1290.77	4949.93	-1962.29
38	0	COMB3	-40492.18	31.24	-106.38	68.49
38	1.65	COMB3	-40492.18	31.24	1.26	16.95
38	3.3	COMB3	-40492.18	31.24	108.9	-34.59
38	0	COMB4	-36973.09	31.16	-105.06	66.2
38	1.65	COMB4	-36973.09	31.16	3.26	14.78
38	3.3	COMB4	-36973.09	31.16	111.58	-36.64
38	0	COMB5	-42430.44	2628.68	5182.59	4996.05
38	1.65	COMB5	-42430.44	2628.68	867.77	658.74
38	3.3	COMB5	-42430.44	2628.68	-3447.06	-3678.58
38	0	COMB6	-42874.77	758.46	17563.18	1447.41
38	1.65	COMB6	-42874.77	758.46	2882.16	195.96
38	3.3	COMB6	-42874.77	758.46	-11798.86	-1055.49
38	0	COMB7	-26663.94	26.61	-88.16	53.48
38	1.65	COMB7	-26663.94	26.61	5.66	9.57
38	3.3	COMB7	-26663.94	26.61	99.48	-34.34
39	0	COMB1	-36348.28	3.08	-83.5	-3.67
39	1.65	COMB1	-36348.28	3.08	-22.8	-8.75
39	3.3	COMB1	-36348.28	3.08	37.89	-13.83
39	0	COMB2	-31496.91	948.73	-3401.93	1146.29
39	1.65	COMB2	-31496.91	948.73	896.73	-419.11
39	3.3	COMB2	-31496.91	948.73	5195.38	-1984.51
39	0	COMB3	-30350.56	0.0745	-62.28	-6.86
39	1.65	COMB3	-30350.56	0.0745	-17.67	-6.98
39	3.3	COMB3	-30350.56	0.0745	26.95	-7.1
39	0	COMB4	-27715.78	4.42	-69.87	0.36
39	1.65	COMB4	-27715.78	4.42	-18.53	-6.94
39	3.3	COMB4	-27715.78	4.42	32.8	-14.24
39	0	COMB5	-31826.53	2198.24	3305.09	3064.69
39	1.65	COMB5	-31826.53	2198.24	-471.65	-562.4
39	3.3	COMB5	-31826.53	2198.24	-4248.38	-4189.49
39	0	COMB6	-32165.52	616.6	11215.26	855.07
39	1.65	COMB6	-32165.52	616.6	-1520.82	-162.32
39	3.3	COMB6	-32165.52	616.6	-14256.91	-1179.72
39	0	COMB7	-19992.41	10.01	-70.73	10.61
39	1.65	COMB7	-19992.41	10.01	-17.13	-5.9
39	3.3	COMB7	-19992.41	10.01	36.47	-22.41
110	0	COMB1	-48349.65	3.71	-140.44	9.57
110	1.65	COMB1	-48349.65	3.71	4.42	3.44
110	3.3	COMB1	-48349.65	3.71	149.29	-2.69
110	0	COMB2	-41931.67	1279.68	-6706.41	2297.27

110	1.65	COMB2	-41931.67	1279.68	-728.5	185.8
110	3.3	COMB2	-41931.67	1279.68	5249.41	-1925.68
110	0	COMB3	-40393.69	3.1	-112.47	8.01
110	1.65	COMB3	-40393.69	3.1	2.41	2.9
110	3.3	COMB3	-40393.69	3.1	117.28	-2.21
110	0	COMB4	-36848.5	2.84	-111.09	7.28
110	1.65	COMB4	-36848.5	2.84	4.44	2.6
110	3.3	COMB4	-36848.5	2.84	119.97	-2.08
110	0	COMB5	-42394.29	2567.56	5676.72	4914.57
110	1.65	COMB5	-42394.29	2567.56	981.91	678.1
110	3.3	COMB5	-42394.29	2567.56	-3712.9	-3558.36
110	0	COMB6	-42827.88	717.86	19224.87	1375.94
110	1.65	COMB6	-42827.88	717.86	3259.6	191.46
110	3.3	COMB6	-42827.88	717.86	-12705.66	-993.01
110	0	COMB7	-26519.88	2.06	-93.25	5.2
110	1.65	COMB7	-26519.88	2.06	6.71	1.81
110	3.3	COMB7	-26519.88	2.06	106.68	-1.59
111	0	COMB1	-36232.45	-0.05075	-94.26	0.16
111	1.65	COMB1	-36232.45	-0.05075	-24.04	0.24
111	3.3	COMB1	-36232.45	-0.05075	46.18	0.32
111	0	COMB2	-31410.05	952.98	-3727.05	1162.16
111	1.65	COMB2	-31410.05	952.98	935.85	-410.26
111	3.3	COMB2	-31410.05	952.98	5598.75	-1982.69
111	0	COMB3	-30270.66	-0.05665	-70.85	0.14
111	1.65	COMB3	-30270.66	-0.05665	-18.62	0.24
111	3.3	COMB3	-30270.66	-0.05665	33.61	0.33
111	0	COMB4	-27613.44	-0.0268	-78.43	0.11
111	1.65	COMB4	-27613.44	-0.0268	-19.55	0.15
111	3.3	COMB4	-27613.44	-0.0268	39.34	0.2
111	0	COMB5	-31774.26	2164	3651.29	3042.16
111	1.65	COMB5	-31774.26	2164	-488.8	-528.43
111	3.3	COMB5	-31774.26	2164	-4628.9	-4099.03
111	0	COMB6	-32117.07	603.38	12389.95	848.73
111	1.65	COMB6	-32117.07	603.38	-1575.27	-146.85
111	3.3	COMB6	-32117.07	603.38	-15540.48	-1142.44
111	0	COMB7	-19872.63	0.01967	-78.05	0.04637
111	1.65	COMB7	-19872.63	0.01967	-18.08	0.01392
111	3.3	COMB7	-19872.63	0.01967	41.9	-0.01854
112	0	COMB1	-24069.25	-0.33	-306.4	3.49
112	1.65	COMB1	-24069.25	-0.33	131.52	4.03
112	3.3	COMB1	-24069.25	-0.33	569.44	4.57
112	0	COMB2	-20854.3	643.47	-2150.89	512.81
112	1.65	COMB2	-20854.3	643.47	1601.16	-548.91
112	3.3	COMB2	-20854.3	643.47	5353.2	-1610.63
112	0	COMB3	-20112.97	-0.31	-236.82	3
112	1.65	COMB3	-20112.97	-0.31	102.6	3.51

112	3.3	COMB3	-20112.97	-0.31	442.02	4.02
112	0	COMB4	-18340.18	-0.22	-249.48	2.59
112	1.65	COMB4	-18340.18	-0.22	106.3	2.96
112	3.3	COMB4	-18340.18	-0.22	462.08	3.32
112	0	COMB5	-21099.22	1665.55	1965.03	1736.63
112	1.65	COMB5	-21099.22	1665.55	-954.65	-1011.52
112	3.3	COMB5	-21099.22	1665.55	-3874.34	-3759.67
112	0	COMB6	-21322.29	464.4	7239.87	486.57
112	1.65	COMB6	-21322.29	464.4	-3475.22	-279.69
112	3.3	COMB6	-21322.29	464.4	-14190.31	-1045.94
112	0	COMB7	-13187.61	-0.06064	-231.93	1.64
112	1.65	COMB7	-13187.61	-0.06064	96.41	1.74
112	3.3	COMB7	-13187.61	-0.06064	424.74	1.84
113	0	COMB1	-11824.3	7.44	127.84	13.88
113	1.65	COMB1	-11824.3	7.44	12.61	1.61
113	3.3	COMB1	-11824.3	7.44	-102.61	-10.66
113	0	COMB2	-10223.97	340.26	-459.91	93.05
113	1.65	COMB2	-10223.97	340.26	1439.9	-468.38
113	3.3	COMB2	-10223.97	340.26	3339.7	-1029.8
113	0	COMB3	-9892.24	6.45	103.94	12.03
113	1.65	COMB3	-9892.24	6.45	8.61	1.39
113	3.3	COMB3	-9892.24	6.45	-86.72	-9.25
113	0	COMB4	-9000.24	5.47	99.82	10.22
113	1.65	COMB4	-9000.24	5.47	11.22	1.19
113	3.3	COMB4	-9000.24	5.47	-77.38	-7.83
113	0	COMB5	-10332.59	1033.28	1134.93	613.15
113	1.65	COMB5	-10332.59	1033.28	-1313.14	-1091.76
113	3.3	COMB5	-10332.59	1033.28	-3761.2	-2796.67
113	0	COMB6	-10407.95	292.52	3512.17	178.98
113	1.65	COMB6	-10407.95	292.52	-4409.28	-303.67
113	3.3	COMB6	-10407.95	292.52	-12330.74	-786.33
113	0	COMB7	-6440.21	3.29	79.67	6.18
113	1.65	COMB7	-6440.21	3.29	13.34	0.74
113	3.3	COMB7	-6440.21	3.29	-52.99	-4.69
114	0	COMB1	-31834.32	582.96	-13.57	991.62
114	1.65	COMB1	-31834.32	582.96	11.06	29.74
114	3.3	COMB1	-31834.32	582.96	35.68	-932.14
114	0	COMB2	-30272.63	1070.2	-4440.61	1813.19
114	1.65	COMB2	-30272.63	1070.2	-229.72	47.36
114	3.3	COMB2	-30272.63	1070.2	3981.16	-1718.48
114	0	COMB3	-26112.83	487.71	-11.54	829.42
114	1.65	COMB3	-26112.83	487.71	9.22	24.7
114	3.3	COMB3	-26112.83	487.71	29.98	-780.02
114	0	COMB4	-24664.35	443.72	-10.16	754.93
114	1.65	COMB4	-24664.35	443.72	8.44	22.79
114	3.3	COMB4	-24664.35	443.72	27.05	-709.36

114	0	COMB5	-33043.56	1686.76	4511.22	3128.04
114	1.65	COMB5	-33043.56	1686.76	365.5	344.88
114	3.3	COMB5	-33043.56	1686.76	-3780.22	-2438.27
114	0	COMB6	-30124.79	886.92	15059.07	1592.03
114	1.65	COMB6	-30124.79	886.92	1196.75	128.62
114	3.3	COMB6	-30124.79	886.92	-12665.58	-1334.79
114	0	COMB7	-19071.61	317.5	-6.74	540.67
114	1.65	COMB7	-19071.61	317.5	6.14	16.8
114	3.3	COMB7	-19071.61	317.5	19.01	-507.08
115	0	COMB1	-52464.99	-7.08	545.36	-13.12
115	1.65	COMB1	-52464.99	-7.08	-277.46	-1.44
115	3.3	COMB1	-52464.99	-7.08	-1100.28	10.25
115	0	COMB2	-39722.36	992.63	-5806.42	2451.32
115	1.65	COMB2	-39722.36	992.63	-3030.4	813.49
115	3.3	COMB2	-39722.36	992.63	-254.39	-824.34
115	0	COMB3	-42523.95	-5.76	461.27	-10.65
115	1.65	COMB3	-42523.95	-5.76	-234.51	-1.16
115	3.3	COMB3	-42523.95	-5.76	-930.29	8.34
115	0	COMB4	-41074.83	-5.53	410.92	-10.26
115	1.65	COMB4	-41074.83	-5.53	-209.21	-1.14
115	3.3	COMB4	-41074.83	-5.53	-829.33	7.99
115	0	COMB5	-55134.46	1903.01	5267.86	4779.49
115	1.65	COMB5	-55134.46	1903.01	2017.24	1639.52
115	3.3	COMB5	-55134.46	1903.01	-1233.37	-1500.45
115	0	COMB6	-72416.35	411.36	16469.56	1042.94
115	1.65	COMB6	-72416.35	411.36	7279.05	364.21
115	3.3	COMB6	-72416.35	411.36	-1911.46	-314.53
115	0	COMB7	-33136.82	-4.42	280.29	-8.24
115	1.65	COMB7	-33136.82	-4.42	-143.18	-0.94
115	3.3	COMB7	-33136.82	-4.42	-566.64	6.35
116	0	COMB1	-45913.67	2.35	1398.75	5.91
116	1.65	COMB1	-45913.67	2.35	62.5	2.04
116	3.3	COMB1	-45913.67	2.35	-1273.74	-1.84
116	0	COMB2	-35777.12	915.73	-1998.55	1567.43
116	1.65	COMB2	-35777.12	915.73	-283.05	56.46
116	3.3	COMB2	-35777.12	915.73	1432.45	-1454.5
116	0	COMB3	-37102.82	1.94	1183.95	4.86
116	1.65	COMB3	-37102.82	1.94	51.97	1.66
116	3.3	COMB3	-37102.82	1.94	-1080.01	-1.54
116	0	COMB4	-36038.41	1.81	1053.22	4.56
116	1.65	COMB4	-36038.41	1.81	47.84	1.58
116	3.3	COMB4	-36038.41	1.81	-957.53	-1.4
116	0	COMB5	-47846.21	1869.99	4040.02	3317.06
116	1.65	COMB5	-47846.21	1869.99	522.65	231.57
116	3.3	COMB5	-47846.21	1869.99	-2994.72	-2853.91
116	0	COMB6	-61654.03	412.34	10674.82	736.43

116	1.65	COMB6	-61654.03	412.34	1614.19	56.07
116	3.3	COMB6	-61654.03	412.34	-7446.44	-624.28
116	0	COMB7	-29369.5	1.35	716	3.48
116	1.65	COMB7	-29369.5	1.35	35.11	1.25
116	3.3	COMB7	-29369.5	1.35	-645.77	-0.99
117	0	COMB1	-39380.68	0.49	1199.07	-0.04396
117	1.65	COMB1	-39380.68	0.49	15.41	-0.85
117	3.3	COMB1	-39380.68	0.49	-1168.25	-1.65
117	0	COMB2	-32066.44	755.01	-790.33	1100.92
117	1.65	COMB2	-32066.44	755.01	476.36	-144.84
117	3.3	COMB2	-32066.44	755.01	1743.04	-1390.6
117	0	COMB3	-31693.14	0.4	1020.59	-0.01877
117	1.65	COMB3	-31693.14	0.4	11.4	-0.67
117	3.3	COMB3	-31693.14	0.4	-997.8	-1.32
117	0	COMB4	-31019.21	0.38	898.15	-0.04847
117	1.65	COMB4	-31019.21	0.38	12.98	-0.67
117	3.3	COMB4	-31019.21	0.38	-872.2	-1.3
117	0	COMB5	-40284.48	1697.83	2865.4	2635.23
117	1.65	COMB5	-40284.48	1697.83	-205.27	-166.19
117	3.3	COMB5	-40284.48	1697.83	-3275.94	-2967.6
117	0	COMB6	-49926.81	374.37	7177.58	582.83
117	1.65	COMB6	-49926.81	374.37	-720.72	-34.87
117	3.3	COMB6	-49926.81	374.37	-8619.01	-652.57
117	0	COMB7	-25625.15	0.3	594.92	-0.08397
117	1.65	COMB7	-25625.15	0.3	13.38	-0.58
117	3.3	COMB7	-25625.15	0.3	-568.16	-1.08
118	0	COMB1	-32894.28	-1.39	1214.16	-2.51
118	1.65	COMB1	-32894.28	-1.39	-142.82	-0.21
118	3.3	COMB1	-32894.28	-1.39	-1499.81	2.08
118	0	COMB2	-28078.63	568.68	109.66	743.63
118	1.65	COMB2	-28078.63	568.68	569.03	-194.69
118	3.3	COMB2	-28078.63	568.68	1028.4	-1133.02
118	0	COMB3	-26318.59	-1.09	1034.67	-1.91
118	1.65	COMB3	-26318.59	-1.09	-111.61	-0.11
118	3.3	COMB3	-26318.59	-1.09	-1257.89	1.7
118	0	COMB4	-26038.66	-1.11	908.43	-2.06
118	1.65	COMB4	-26038.66	-1.11	-115.27	-0.22
118	3.3	COMB4	-26038.66	-1.11	-1138.98	1.62
118	0	COMB5	-32933.3	1427.22	2152.4	2039.72
118	1.65	COMB5	-32933.3	1427.22	-671.39	-315.18
118	3.3	COMB5	-32933.3	1427.22	-3495.18	-2670.09
118	0	COMB6	-38790.61	316.05	4775.22	451.99
118	1.65	COMB6	-38790.61	316.05	-1920.47	-69.49
118	3.3	COMB6	-38790.61	316.05	-8616.16	-590.97
118	0	COMB7	-21918.96	-0.98	598.31	-1.98
118	1.65	COMB7	-21918.96	-0.98	-104.04	-0.35

118	3.3	COMB7	-21918.96	-0.98	-806.38	1.27
119	0	COMB1	-26488.75	-5.32	663.4	0.19
119	1.65	COMB1	-26488.75	-5.32	1427.65	8.96
119	3.3	COMB1	-26488.75	-5.32	2191.9	17.74
119	0	COMB2	-23685.47	373.27	198.24	434.38
119	1.65	COMB2	-23685.47	373.27	2056.43	-181.51
119	3.3	COMB2	-23685.47	373.27	3914.62	-797.4
119	0	COMB3	-21006.27	-4.02	605.28	0.46
119	1.65	COMB3	-21006.27	-4.02	1114.25	7.1
119	3.3	COMB3	-21006.27	-4.02	1623.22	13.73
119	0	COMB4	-21124.2	-4.4	463.06	-0.11
119	1.65	COMB4	-21124.2	-4.4	1153.45	7.16
119	3.3	COMB4	-21124.2	-4.4	1843.85	14.43
119	0	COMB5	-26025.21	1086.32	954.64	1425.6
119	1.65	COMB5	-26025.21	1086.32	828.27	-366.83
119	3.3	COMB5	-26025.21	1086.32	701.9	-2159.26
119	0	COMB6	-28944.67	237.32	2010.37	313.66
119	1.65	COMB6	-28944.67	237.32	-417.69	-77.92
119	3.3	COMB6	-28944.67	237.32	-2845.75	-469.51
119	0	COMB7	-18274.93	-4.32	193.72	-0.91
119	1.65	COMB7	-18274.93	-4.32	1044.67	6.22
119	3.3	COMB7	-18274.93	-4.32	1895.62	13.35
120	0	COMB1	-19657.44	24.2	5582.65	43.5
120	1.65	COMB1	-19657.44	24.2	-7255.35	3.58
120	3.3	COMB1	-19657.44	24.2	-20093.35	-36.35
120	0	COMB2	-18417.83	242.53	5239.83	238.69
120	1.65	COMB2	-18417.83	242.53	-5918.8	-161.48
120	3.3	COMB2	-18417.83	242.53	-17077.42	-561.65
120	0	COMB3	-15361.36	19.16	4445.08	34.39
120	1.65	COMB3	-15361.36	19.16	-5664.09	2.76
120	3.3	COMB3	-15361.36	19.16	-15773.27	-28.86
120	0	COMB4	-15865.97	19.32	4437.13	34.79
120	1.65	COMB4	-15865.97	19.32	-5860.65	2.91
120	3.3	COMB4	-15865.97	19.32	-16158.42	-28.97
120	0	COMB5	-19115.58	789.18	5509.95	870.24
120	1.65	COMB5	-19115.58	789.18	-8018.63	-431.9
120	3.3	COMB5	-19115.58	789.18	-21547.22	-1734.04
120	0	COMB6	-20025.5	182.6	6243.86	211.51
120	1.65	COMB6	-20025.5	182.6	-10578.79	-89.77
120	3.3	COMB6	-20025.5	182.6	-27401.43	-391.05
120	0	COMB7	-14320.27	16.78	3791.89	30.39
120	1.65	COMB7	-14320.27	16.78	-5304.2	2.71
120	3.3	COMB7	-14320.27	16.78	-14400.29	-24.98
121	0	COMB1	-52464.6	-2.22	-545.36	-4.12
121	1.65	COMB1	-52464.6	-2.22	277.46	-0.46
121	3.3	COMB1	-52464.6	-2.22	1100.28	3.21

121	0	COMB2	-55742.65	972.32	-6743.2	2399.05
121	1.65	COMB2	-55742.65	972.32	-2563.49	794.72
121	3.3	COMB2	-55742.65	972.32	1616.22	-809.62
121	0	COMB3	-42523.64	-1.8	-461.27	-3.33
121	1.65	COMB3	-42523.64	-1.8	234.51	-0.36
121	3.3	COMB3	-42523.64	-1.8	930.29	2.6
121	0	COMB4	-41074.51	-1.74	-410.92	-3.24
121	1.65	COMB4	-41074.51	-1.74	209.21	-0.37
121	3.3	COMB4	-41074.51	-1.74	829.34	2.51
121	0	COMB5	-40187.48	1996.08	4448.89	5008.27
121	1.65	COMB5	-40187.48	1996.08	2535.65	1714.75
121	3.3	COMB5	-40187.48	1996.08	622.4	-1578.78
121	0	COMB6	-22601.68	752.48	15919.5	1882.24
121	1.65	COMB6	-22601.68	752.48	7897.24	640.65
121	3.3	COMB6	-22601.68	752.48	-125.03	-600.95
121	0	COMB7	-33136.55	-1.42	-280.29	-2.66
121	1.65	COMB7	-33136.55	-1.42	143.18	-0.32
121	3.3	COMB7	-33136.55	-1.42	566.64	2.01
122	0	COMB1	-45913.26	0.72	-1398.75	1.82
122	1.65	COMB1	-45913.26	0.72	-62.5	0.63
122	3.3	COMB1	-45913.26	0.72	1273.74	-0.56
122	0	COMB2	-48100.54	890.54	-4419.78	1522.84
122	1.65	COMB2	-48100.54	890.54	-401.87	53.45
122	3.3	COMB2	-48100.54	890.54	3616.03	-1415.94
122	0	COMB3	-37102.5	0.6	-1183.95	1.51
122	1.65	COMB3	-37102.5	0.6	-51.97	0.52
122	3.3	COMB3	-37102.5	0.6	1080.01	-0.47
122	0	COMB4	-36038.09	0.55	-1053.22	1.4
122	1.65	COMB4	-36038.09	0.55	-47.84	0.49
122	3.3	COMB4	-36038.09	0.55	957.53	-0.42
122	0	COMB5	-35906.96	1958.83	1670.8	3473.08
122	1.65	COMB5	-35906.96	1958.83	413.32	241.01
122	3.3	COMB5	-35906.96	1958.83	-844.17	-2991.05
122	0	COMB6	-21862.34	737.26	8361.22	1303.39
122	1.65	COMB6	-21862.34	737.26	1505.71	86.92
122	3.3	COMB6	-21862.34	737.26	-5349.79	-1129.56
122	0	COMB7	-29369.22	0.4	-716	1.04
122	1.65	COMB7	-29369.22	0.4	-35.11	0.38
122	3.3	COMB7	-29369.22	0.4	645.77	-0.27
123	0	COMB1	-39380.32	0.17	-1199.07	-0.03527
123	1.65	COMB1	-39380.32	0.17	-15.41	-0.31
123	3.3	COMB1	-39380.32	0.17	1168.25	-0.58
123	0	COMB2	-40262.22	733.93	-2838.9	1069.52
123	1.65	COMB2	-40262.22	733.93	444.84	-141.46
123	3.3	COMB2	-40262.22	733.93	3728.58	-1352.44
123	0	COMB3	-31692.85	0.14	-1020.59	-0.008315

123	1.65	COMB3	-31692.85	0.14	-11.4	-0.24
123	3.3	COMB3	-31692.85	0.14	997.8	-0.48
123	0	COMB4	-31018.93	0.12	-898.15	-0.04451
123	1.65	COMB4	-31018.93	0.12	-12.98	-0.25
123	3.3	COMB4	-31018.93	0.12	872.2	-0.45
123	0	COMB5	-31946.82	1780.93	863.09	2763.65
123	1.65	COMB5	-31946.82	1780.93	-236.77	-174.88
123	3.3	COMB5	-31946.82	1780.93	-1336.64	-3113.4
123	0	COMB6	-22137.29	667.95	5250.64	1033.55
123	1.65	COMB6	-22137.29	667.95	-752.75	-68.56
123	3.3	COMB6	-22137.29	667.95	-6756.13	-1170.68
123	0	COMB7	-25624.9	0.08011	-594.92	-0.08985
123	1.65	COMB7	-25624.9	0.08011	-13.38	-0.22
123	3.3	COMB7	-25624.9	0.08011	568.16	-0.35
124	0	COMB1	-32893.92	-0.58	-1214.16	-1.04
124	1.65	COMB1	-32893.92	-0.58	142.83	-0.08341
124	3.3	COMB1	-32893.92	-0.58	1499.81	0.88
124	0	COMB2	-32793.78	552.66	-1957	721.08
124	1.65	COMB2	-32793.78	552.66	845.85	-190.8
124	3.3	COMB2	-32793.78	552.66	3648.7	-1102.69
124	0	COMB3	-26318.31	-0.45	-1034.67	-0.78
124	1.65	COMB3	-26318.31	-0.45	111.62	-0.04231
124	3.3	COMB3	-26318.31	-0.45	1257.9	0.7
124	0	COMB4	-26038.38	-0.47	-908.43	-0.87
124	1.65	COMB4	-26038.38	-0.47	115.28	-0.08639
124	3.3	COMB4	-26038.38	-0.47	1138.98	0.7
124	0	COMB5	-27870.06	1493.98	117.81	2134.82
124	1.65	COMB5	-27870.06	1493.98	-398.13	-330.25
124	3.3	COMB5	-27870.06	1493.98	-914.06	-2795.31
124	0	COMB6	-21913.38	557.1	2792.02	794.25
124	1.65	COMB6	-21913.38	557.1	-1644.6	-124.96
124	3.3	COMB6	-21913.38	557.1	-6081.23	-1044.17
124	0	COMB7	-21918.72	-0.44	-598.31	-0.86
124	1.65	COMB7	-21918.72	-0.44	104.04	-0.14
124	3.3	COMB7	-21918.72	-0.44	806.39	0.59
125	0	COMB1	-26488.25	-1.69	-663.4	0.02805
125	1.65	COMB1	-26488.25	-1.69	-1427.65	2.81
125	3.3	COMB1	-26488.25	-1.69	-2191.91	5.59
125	0	COMB2	-25889.91	363.98	-804.52	415.31
125	1.65	COMB2	-25889.91	363.98	-677.43	-185.26
125	3.3	COMB2	-25889.91	363.98	-550.33	-785.83
125	0	COMB3	-21005.87	-1.26	-605.28	0.15
125	1.65	COMB3	-21005.87	-1.26	-1114.25	2.23
125	3.3	COMB3	-21005.87	-1.26	-1623.22	4.3
125	0	COMB4	-21123.8	-1.41	-463.06	-0.08728
125	1.65	COMB4	-21123.8	-1.41	-1153.45	2.24

125	3.3	COMB4	-21123.8	-1.41	-1843.85	4.57
125	0	COMB5	-23507.86	1140.31	-16.01	1497.06
125	1.65	COMB5	-23507.86	1140.31	-1936.53	-384.46
125	3.3	COMB5	-23507.86	1140.31	-3857.05	-2265.98
125	0	COMB6	-20551.89	423.54	1118.17	557.12
125	1.65	COMB6	-20551.89	423.54	-3276.43	-141.72
125	3.3	COMB6	-20551.89	423.54	-7671.03	-840.57
125	0	COMB7	-18274.58	-1.43	-193.73	-0.42
125	1.65	COMB7	-18274.58	-1.43	-1044.68	1.94
125	3.3	COMB7	-18274.58	-1.43	-1895.62	4.3
126	0	COMB1	-19656.94	7.47	-5582.66	13.47
126	1.65	COMB1	-19656.94	7.47	7255.35	1.15
126	3.3	COMB1	-19656.94	7.47	20093.37	-11.18
126	0	COMB2	-19047.49	210.37	-5195.4	188.74
126	1.65	COMB2	-19047.49	210.37	7933.58	-158.36
126	3.3	COMB2	-19047.49	210.37	21062.56	-505.46
126	0	COMB3	-15360.96	5.94	-4445.09	10.68
126	1.65	COMB3	-15360.96	5.94	5664.09	0.88
126	3.3	COMB3	-15360.96	5.94	15773.28	-8.91
126	0	COMB4	-15865.57	5.95	-4437.14	10.75
126	1.65	COMB4	-15865.57	5.95	5860.65	0.94
126	3.3	COMB4	-15865.57	5.95	16158.43	-8.88
126	0	COMB5	-18328.85	826.1	-4983.06	907.49
126	1.65	COMB5	-18328.85	826.1	5796.67	-455.57
126	3.3	COMB5	-18328.85	826.1	16576.39	-1818.63
126	0	COMB6	-17401.92	314.52	-4487.5	346.34
126	1.65	COMB6	-17401.92	314.52	3172.19	-172.62
126	3.3	COMB6	-17401.92	314.52	10831.87	-691.58
126	0	COMB7	-14319.92	5.12	-3791.9	9.33
126	1.65	COMB7	-14319.92	5.12	5304.2	0.88
126	3.3	COMB7	-14319.92	5.12	14400.3	-7.56
127	0	COMB1	-60446.34	-1.98	10.44	-3.64
127	1.65	COMB1	-60446.34	-1.98	-19.16	-0.38
127	3.3	COMB1	-60446.34	-1.98	-48.77	2.89
127	0	COMB2	-52942.66	1505.64	-12760.47	4438.47
127	1.65	COMB2	-52942.66	1505.64	-5800.78	1954.16
127	3.3	COMB2	-52942.66	1505.64	1158.9	-530.15
127	0	COMB3	-50503.47	-1.67	7.13	-3.08
127	1.65	COMB3	-50503.47	-1.67	-15.47	-0.32
127	3.3	COMB3	-50503.47	-1.67	-38.06	2.43
127	0	COMB4	-46064.7	-1.5	9.29	-2.75
127	1.65	COMB4	-46064.7	-1.5	-15.06	-0.28
127	3.3	COMB4	-46064.7	-1.5	-39.41	2.19
127	0	COMB5	-52531	2808.95	10011.5	8572.25
127	1.65	COMB5	-52531	2808.95	4718.09	3937.48
127	3.3	COMB5	-52531	2808.95	-575.31	-697.29

127	0	COMB6	-52008.07	900.81	33345.08	2750.56
127	1.65	COMB6	-52008.07	900.81	15767.92	1264.22
127	3.3	COMB6	-52008.07	900.81	-1809.24	-222.12
127	0	COMB7	-33142.92	-1.03	11.05	-1.89
127	1.65	COMB7	-33142.92	-1.03	-12.32	-0.18
127	3.3	COMB7	-33142.92	-1.03	-35.7	1.53
128	0	COMB1	-48349.49	0.84	140.44	2.39
128	1.65	COMB1	-48349.49	0.84	-4.42	1
128	3.3	COMB1	-48349.49	0.84	-149.29	-0.38
128	0	COMB2	-42380.64	1270.82	-6493.38	2277.31
128	1.65	COMB2	-42380.64	1270.82	-752.02	180.46
128	3.3	COMB2	-42380.64	1270.82	4989.35	-1916.39
128	0	COMB3	-40393.55	0.7	112.47	2
128	1.65	COMB3	-40393.55	0.7	-2.41	0.85
128	3.3	COMB3	-40393.55	0.7	-117.28	-0.3
128	0	COMB4	-36848.38	0.64	111.09	1.82
128	1.65	COMB4	-36848.38	0.64	-4.44	0.76
128	3.3	COMB4	-36848.38	0.64	-119.97	-0.3
128	0	COMB5	-41994.85	2581.17	6002.53	4948.5
128	1.65	COMB5	-41994.85	2581.17	980.88	689.56
128	3.3	COMB5	-41994.85	2581.17	-4040.78	-3569.38
128	0	COMB6	-41520.65	828.94	19705.95	1589.37
128	1.65	COMB6	-41520.65	828.94	3283.05	221.62
128	3.3	COMB6	-41520.65	828.94	-13139.85	-1146.13
128	0	COMB7	-26519.8	0.47	93.25	1.3
128	1.65	COMB7	-26519.8	0.47	-6.71	0.53
128	3.3	COMB7	-26519.8	0.47	-106.67	-0.25
129	0	COMB1	-36232.36	0.12	94.26	0.55
129	1.65	COMB1	-36232.36	0.12	24.04	0.35
129	3.3	COMB1	-36232.36	0.12	-46.18	0.15
129	0	COMB2	-31770.99	946.15	-3569.65	1151.24
129	1.65	COMB2	-31770.99	946.15	982.99	-409.9
129	3.3	COMB2	-31770.99	946.15	5535.64	-1971.05
129	0	COMB3	-30270.59	0.09956	70.84	0.47
129	1.65	COMB3	-30270.59	0.09956	18.62	0.31
129	3.3	COMB3	-30270.59	0.09956	-33.61	0.14
129	0	COMB4	-27613.37	0.09605	78.43	0.41
129	1.65	COMB4	-27613.37	0.09605	19.55	0.26
129	3.3	COMB4	-27613.37	0.09605	-39.33	0.09767
129	0	COMB5	-31458.21	2182.55	3894.49	3071.64
129	1.65	COMB5	-31458.21	2182.55	-442.35	-529.57
129	3.3	COMB5	-31458.21	2182.55	-4779.18	-4130.78
129	0	COMB6	-31083.4	700.37	12762.56	985.81
129	1.65	COMB6	-31083.4	700.37	-1528.56	-169.8
129	3.3	COMB6	-31083.4	700.37	-15819.68	-1325.42
129	0	COMB7	-19872.59	0.07732	78.05	0.28

129	1.65	COMB7	-19872.59	0.07732	18.08	0.15
129	3.3	COMB7	-19872.59	0.07732	-41.89	0.02185
130	0	COMB1	-24069.1	0.2	306.4	1.6
130	1.65	COMB1	-24069.1	0.2	-131.52	1.27
130	3.3	COMB1	-24069.1	0.2	-569.44	0.93
130	0	COMB2	-21103.58	638.66	-1578.98	504.53
130	1.65	COMB2	-21103.58	638.66	1354.38	-549.26
130	3.3	COMB2	-21103.58	638.66	4287.75	-1603.05
130	0	COMB3	-20112.84	0.17	236.82	1.37
130	1.65	COMB3	-20112.84	0.17	-102.6	1.09
130	3.3	COMB3	-20112.84	0.17	-442.01	0.81
130	0	COMB4	-18340.07	0.16	249.48	1.2
130	1.65	COMB4	-18340.07	0.16	-106.3	0.94
130	3.3	COMB4	-18340.07	0.16	-462.08	0.68
130	0	COMB5	-20889.39	1679.29	2601.15	1743.97
130	1.65	COMB5	-20889.39	1679.29	-1216.2	-1026.87
130	3.3	COMB5	-20889.39	1679.29	-5033.55	-3797.7
130	0	COMB6	-20639.65	539.06	7980.58	561.06
130	1.65	COMB6	-20639.65	539.06	-3760.99	-328.4
130	3.3	COMB6	-20639.65	539.06	-15502.56	-1217.85
130	0	COMB7	-13187.53	0.12	231.92	0.78
130	1.65	COMB7	-13187.53	0.12	-96.41	0.59
130	3.3	COMB7	-13187.53	0.12	-424.74	0.4
221	0	COMB1	-26400.02	54.37	-662.92	66.22
221	1.65	COMB1	-26400.02	54.37	-1426.47	-23.49
221	3.3	COMB1	-26400.02	54.37	-2190.03	-113.2
221	0	COMB2	-25742.57	420.32	-760.81	480.05
221	1.65	COMB2	-25742.57	420.32	-673.89	-213.49
221	3.3	COMB2	-25742.57	420.32	-586.96	-907.02
221	0	COMB3	-20927.72	44.97	-604.65	55.7
221	1.65	COMB3	-20927.72	44.97	-1113.4	-18.49
221	3.3	COMB3	-20927.72	44.97	-1622.15	-92.69
221	0	COMB4	-21060.25	41.82	-462.88	50.16
221	1.65	COMB4	-21060.25	41.82	-1152.44	-18.84
221	3.3	COMB4	-21060.25	41.82	-1842.01	-87.84
221	0	COMB5	-23160.62	1170.43	92.45	1535.35
221	1.65	COMB5	-23160.62	1170.43	-1766.1	-395.86
221	3.3	COMB5	-23160.62	1170.43	-3624.65	-2327.08
221	0	COMB6	-19562.99	451.98	1484.85	576.34
221	1.65	COMB6	-19562.99	451.98	-2711.31	-169.42
221	3.3	COMB6	-19562.99	451.98	-6907.47	-915.18
221	0	COMB7	-18240.97	31.34	-194.21	35.06
221	1.65	COMB7	-18240.97	31.34	-1043.58	-16.65
221	3.3	COMB7	-18240.97	31.34	-1892.94	-68.36
222	0	COMB1	-19627.56	-20.12	-5580.63	-49.89
222	1.65	COMB1	-19627.56	-20.12	7252.05	-16.69

222	3.3	COMB1	-19627.56	-20.12	20084.73	16.52
222	0	COMB2	-18996.16	179.43	-5136.55	118.29
222	1.65	COMB2	-18996.16	179.43	7872.41	-177.78
222	3.3	COMB2	-18996.16	179.43	20881.38	-473.84
222	0	COMB3	-15333.66	-12.26	-4443.25	-34.13
222	1.65	COMB3	-15333.66	-12.26	5661.67	-13.89
222	3.3	COMB3	-15333.66	-12.26	15766.59	6.34
222	0	COMB4	-15845.47	-19.13	-4435.72	-44.32
222	1.65	COMB4	-15845.47	-19.13	5857.84	-12.76
222	3.3	COMB4	-15845.47	-19.13	16151.4	18.8
222	0	COMB5	-18162.78	807.95	-4390.08	870.52
222	1.65	COMB5	-18162.78	807.95	5601.49	-462.6
222	3.3	COMB5	-18162.78	807.95	15593.06	-1795.72
222	0	COMB6	-16903.43	252.22	-2508.83	234.32
222	1.65	COMB6	-16903.43	252.22	2531.38	-181.84
222	3.3	COMB6	-16903.43	252.22	7571.59	-598.01
222	0	COMB7	-14312.99	-26.2	-3791.29	-52.56
222	1.65	COMB7	-14312.99	-26.2	5301.24	-9.32
222	3.3	COMB7	-14312.99	-26.2	14393.77	33.92
223	0	COMB1	-60576.96	25.54	9.98	48.39
223	1.65	COMB1	-60576.96	25.54	-18.87	6.24
223	3.3	COMB1	-60576.96	25.54	-47.72	-35.91
223	0	COMB2	-53207.91	1685.13	-12823.07	4809.28
223	1.65	COMB2	-53207.91	1685.13	-5786.7	2028.83
223	3.3	COMB2	-53207.91	1685.13	1249.68	-751.63
223	0	COMB3	-50599.37	21.98	6.74	41.36
223	1.65	COMB3	-50599.37	21.98	-15.22	5.09
223	3.3	COMB3	-50599.37	21.98	-37.17	-31.17
223	0	COMB4	-46175.26	18.94	8.95	36.11
223	1.65	COMB4	-46175.26	18.94	-14.84	4.86
223	3.3	COMB4	-46175.26	18.94	-38.62	-26.39
223	0	COMB5	-53015.87	2763.16	10262.7	8430.47
223	1.65	COMB5	-53015.87	2763.16	4830.28	3871.25
223	3.3	COMB5	-53015.87	2763.16	-602.15	-687.97
223	0	COMB6	-52352.12	901.7	34183.94	2737.72
223	1.65	COMB6	-52352.12	901.7	16140.81	1249.91
223	3.3	COMB6	-52352.12	901.7	-1902.32	-237.9
223	0	COMB7	-33258.65	11.89	10.82	23.45
223	1.65	COMB7	-33258.65	11.89	-12.18	3.83
223	3.3	COMB7	-33258.65	11.89	-35.18	-15.79
224	0	COMB1	-48469.4	-28.43	138.41	-54.86
224	1.65	COMB1	-48469.4	-28.43	-4.33	-7.96
224	3.3	COMB1	-48469.4	-28.43	-147.08	38.94
224	0	COMB2	-42601.14	1194.29	-6427.77	2072.84
224	1.65	COMB2	-42601.14	1194.29	-682.08	102.26
224	3.3	COMB2	-42601.14	1194.29	5063.61	-1868.31

224	0	COMB3	-40481.76	-22.68	110.74	-44.34
224	1.65	COMB3	-40481.76	-22.68	-2.33	-6.91
224	3.3	COMB3	-40481.76	-22.68	-115.41	30.52
224	0	COMB4	-36949.74	-22.55	109.57	-43.05
224	1.65	COMB4	-36949.74	-22.55	-4.37	-5.84
224	3.3	COMB4	-36949.74	-22.55	-118.32	31.36
224	0	COMB5	-42394.1	2448.45	6153.2	4711.03
224	1.65	COMB5	-42394.1	2448.45	1020.87	671.09
224	3.3	COMB5	-42394.1	2448.45	-4111.46	-3368.85
224	0	COMB6	-41828.81	766.35	20214.9	1476.52
224	1.65	COMB6	-41828.81	766.35	3415.87	212.04
224	3.3	COMB6	-41828.81	766.35	-13383.16	-1052.45
224	0	COMB7	-26625.46	-19.14	92.26	-35.06
224	1.65	COMB7	-26625.46	-19.14	-6.66	-3.48
224	3.3	COMB7	-26625.46	-19.14	-105.57	28.1
225	0	COMB1	-36329.04	-14.1	91.64	-17.67
225	1.65	COMB1	-36329.04	-14.1	24.43	5.6
225	3.3	COMB1	-36329.04	-14.1	-42.78	28.87
225	0	COMB2	-31929.62	904.19	-3440.73	1083.34
225	1.65	COMB2	-31929.62	904.19	1040.22	-408.58
225	3.3	COMB2	-31929.62	904.19	5521.18	-1900.5
225	0	COMB3	-30341.63	-10.16	68.62	-12.26
225	1.65	COMB3	-30341.63	-10.16	18.95	4.51
225	3.3	COMB3	-30341.63	-10.16	-30.72	21.27
225	0	COMB4	-27695.16	-12.1	76.46	-15.55
225	1.65	COMB4	-27695.16	-12.1	19.84	4.41
225	3.3	COMB4	-27695.16	-12.1	-36.78	24.38
225	0	COMB5	-31755.55	2106.59	4062.4	2964.78
225	1.65	COMB5	-31755.55	2106.59	-388.43	-511.09
225	3.3	COMB5	-31755.55	2106.59	-4839.25	-3986.95
225	0	COMB6	-31346.74	662.78	13331.74	933.48
225	1.65	COMB6	-31346.74	662.78	-1349.83	-160.11
225	3.3	COMB6	-31346.74	662.78	-16031.39	-1253.71
225	0	COMB7	-19958.04	-13.14	76.73	-18.03
225	1.65	COMB7	-19958.04	-13.14	18.27	3.65
225	3.3	COMB7	-19958.04	-13.14	-40.18	25.33
226	0	COMB1	-24136.75	-14.55	303.16	-36.55
226	1.65	COMB1	-24136.75	-14.55	-132.42	-12.54
226	3.3	COMB1	-24136.75	-14.55	-568	11.47
226	0	COMB2	-21204.86	617.34	-1456.31	456.88
226	1.65	COMB2	-21204.86	617.34	1374.38	-561.73
226	3.3	COMB2	-21204.86	617.34	4205.06	-1580.34
226	0	COMB3	-20162.59	-10.05	234.06	-27.45
226	1.65	COMB3	-20162.59	-10.05	-103.34	-10.86
226	3.3	COMB3	-20162.59	-10.05	-440.73	5.73
226	0	COMB4	-18397.26	-12.84	247.06	-30.42

226	1.65	COMB4	-18397.26	-12.84	-107	-9.23
226	3.3	COMB4	-18397.26	-12.84	-461.06	11.96
226	0	COMB5	-21085.97	1581.68	2852.03	1599.66
226	1.65	COMB5	-21085.97	1581.68	-1093.82	-1010.1
226	3.3	COMB5	-21085.97	1581.68	-5039.68	-3619.87
226	0	COMB6	-20851.8	492.66	8828.4	482.01
226	1.65	COMB6	-20851.8	492.66	-3350.93	-330.88
226	3.3	COMB6	-20851.8	492.66	-15530.26	-1143.77
226	0	COMB7	-13247.19	-15	230.33	-30.32
226	1.65	COMB7	-13247.19	-15	-96.95	-5.58
226	3.3	COMB7	-13247.19	-15	-424.23	19.16
227	0	COMB1	-11856.75	-53.26	-133.32	-84.9
227	1.65	COMB1	-11856.75	-53.26	-8.74	2.97
227	3.3	COMB1	-11856.75	-53.26	115.85	90.85
227	0	COMB2	-10405.23	262.07	-611.74	-25.87
227	1.65	COMB2	-10405.23	262.07	1400.5	-458.29
227	3.3	COMB2	-10405.23	262.07	3412.74	-890.71
227	0	COMB3	-9916.1	-42.18	-108.58	-68.24
227	1.65	COMB3	-9916.1	-42.18	-5.42	1.35
227	3.3	COMB3	-9916.1	-42.18	97.75	70.94
227	0	COMB4	-9027.68	-42.52	-103.94	-66.94
227	1.65	COMB4	-9027.68	-42.52	-8.23	3.21
227	3.3	COMB4	-9027.68	-42.52	87.48	73.37
227	0	COMB5	-10395.79	956.04	1377.02	541.98
227	1.65	COMB5	-10395.79	956.04	-1381.7	-1035.49
227	3.3	COMB5	-10395.79	956.04	-4140.41	-2612.96
227	0	COMB6	-10364.28	266.6	4878.4	113.44
227	1.65	COMB6	-10364.28	266.6	-4583.44	-326.46
227	3.3	COMB6	-10364.28	266.6	-14045.28	-766.35
227	0	COMB7	-6468.84	-36.93	-82.45	-55.51
227	1.65	COMB7	-6468.84	-36.93	-11.07	5.42
227	3.3	COMB7	-6468.84	-36.93	60.32	66.36
228	0	COMB1	-11927.79	608.6	112.68	938.53
228	1.65	COMB1	-11927.79	608.6	7.47	-65.66
228	3.3	COMB1	-11927.79	608.6	-97.73	-1069.84
228	0	COMB2	-11028.28	661.48	-1030.97	815.81
228	1.65	COMB2	-11028.28	661.48	588.94	-275.63
228	3.3	COMB2	-11028.28	661.48	2208.85	-1367.07
228	0	COMB3	-9652.1	509.71	93.18	786.04
228	1.65	COMB3	-9652.1	509.71	6.21	-54.98
228	3.3	COMB3	-9652.1	509.71	-80.75	-896.01
228	0	COMB4	-9351.27	462.78	86.67	713.65
228	1.65	COMB4	-9351.27	462.78	5.72	-49.93
228	3.3	COMB4	-9351.27	462.78	-75.23	-813.51
228	0	COMB5	-11645.81	487.62	1494.88	773.14
228	1.65	COMB5	-11645.81	487.62	-643.18	-31.43

228	3.3	COMB5	-11645.81	487.62	-2781.24	-836
228	0	COMB6	-11206.38	515.9	4770.77	798.28
228	1.65	COMB6	-11206.38	515.9	-2161.9	-52.97
228	3.3	COMB6	-11206.38	515.9	-9094.57	-904.21
228	0	COMB7	-7585.63	329.61	65	508.29
228	1.65	COMB7	-7585.63	329.61	4.2	-35.57
228	3.3	COMB7	-7585.63	329.61	-56.59	-579.44
229	0	COMB1	-60576.96	25.54	-9.98	48.39
229	1.65	COMB1	-60576.96	25.54	18.87	6.24
229	3.3	COMB1	-60576.96	25.54	47.72	-35.91
229	0	COMB2	-52752.8	1703.68	-12868.33	4859.58
229	1.65	COMB2	-52752.8	1703.68	-5757.65	2048.5
229	3.3	COMB2	-52752.8	1703.68	1353.04	-762.58
229	0	COMB3	-50599.37	21.98	-6.74	41.36
229	1.65	COMB3	-50599.37	21.98	15.22	5.09
229	3.3	COMB3	-50599.37	21.98	37.17	-31.17
229	0	COMB4	-46175.26	18.94	-8.95	36.11
229	1.65	COMB4	-46175.26	18.94	14.84	4.86
229	3.3	COMB4	-46175.26	18.94	38.62	-26.39
229	0	COMB5	-53383.21	2724.75	10200.19	8310.95
229	1.65	COMB5	-53383.21	2724.75	4853.74	3815.12
229	3.3	COMB5	-53383.21	2724.75	-492.71	-680.71
229	0	COMB6	-53576.57	773.64	34025.7	2339.33
229	1.65	COMB6	-53576.57	773.64	16139.26	1062.82
229	3.3	COMB6	-53576.57	773.64	-1747.19	-213.7
229	0	COMB7	-33258.65	11.89	-10.82	23.45
229	1.65	COMB7	-33258.65	11.89	12.18	3.83
229	3.3	COMB7	-33258.65	11.89	35.18	-15.79
230	0	COMB1	-48469.4	-28.43	-138.41	-54.86
230	1.65	COMB1	-48469.4	-28.43	4.33	-7.96
230	3.3	COMB1	-48469.4	-28.43	147.08	38.94
230	0	COMB2	-42181.08	1202.88	-6678.02	2086.18
230	1.65	COMB2	-42181.08	1202.88	-667.02	101.43
230	3.3	COMB2	-42181.08	1202.88	5343.99	-1883.33
230	0	COMB3	-40481.76	-22.68	-110.74	-44.34
230	1.65	COMB3	-40481.76	-22.68	2.33	-6.91
230	3.3	COMB3	-40481.76	-22.68	115.41	30.52
230	0	COMB4	-36949.74	-22.55	-109.57	-43.05
230	1.65	COMB4	-36949.74	-22.55	4.37	-5.84
230	3.3	COMB4	-36949.74	-22.55	118.32	31.36
230	0	COMB5	-42721.56	2415.06	5903.19	4645.84
230	1.65	COMB5	-42721.56	2415.06	1036.38	661
230	3.3	COMB5	-42721.56	2415.06	-3830.43	-3323.84
230	0	COMB6	-42920.34	655.05	19973.06	1259.23
230	1.65	COMB6	-42920.34	655.05	3441.63	178.4
230	3.3	COMB6	-42920.34	655.05	-13089.8	-902.44

230	0	COMB7	-26625.46	-19.14	-92.26	-35.06
230	1.65	COMB7	-26625.46	-19.14	6.66	-3.48
230	3.3	COMB7	-26625.46	-19.14	105.57	28.1
231	0	COMB1	-36329.04	-14.1	-91.64	-17.67
231	1.65	COMB1	-36329.04	-14.1	-24.43	5.6
231	3.3	COMB1	-36329.04	-14.1	42.78	28.87
231	0	COMB2	-31590.73	908.79	-3622.73	1087.19
231	1.65	COMB2	-31590.73	908.79	993.37	-412.32
231	3.3	COMB2	-31590.73	908.79	5609.47	-1911.83
231	0	COMB3	-30341.63	-10.16	-68.62	-12.26
231	1.65	COMB3	-30341.63	-10.16	-18.95	4.51
231	3.3	COMB3	-30341.63	-10.16	30.72	21.27
231	0	COMB4	-27695.16	-12.1	-76.46	-15.55
231	1.65	COMB4	-27695.16	-12.1	-19.84	4.41
231	3.3	COMB4	-27695.16	-12.1	36.78	24.38
231	0	COMB5	-31999.07	2079.31	3877.62	2926.73
231	1.65	COMB5	-31999.07	2079.31	-436.51	-504.13
231	3.3	COMB5	-31999.07	2079.31	-4750.64	-3934.99
231	0	COMB6	-32158.47	571.86	13134.98	806.64
231	1.65	COMB6	-32158.47	571.86	-1399.96	-136.93
231	3.3	COMB6	-32158.47	571.86	-15934.89	-1080.49
231	0	COMB7	-19958.04	-13.14	-76.73	-18.03
231	1.65	COMB7	-19958.04	-13.14	-18.27	3.65
231	3.3	COMB7	-19958.04	-13.14	40.18	25.33
232	0	COMB1	-24136.75	-14.55	-303.16	-36.55
232	1.65	COMB1	-24136.75	-14.55	132.42	-12.54
232	3.3	COMB1	-24136.75	-14.55	568	11.47
232	0	COMB2	-20968.71	619.58	-2042.81	456.13
232	1.65	COMB2	-20968.71	619.58	1628.09	-566.18
232	3.3	COMB2	-20968.71	619.58	5299	-1588.49
232	0	COMB3	-20162.59	-10.05	-234.06	-27.45
232	1.65	COMB3	-20162.59	-10.05	103.34	-10.86
232	3.3	COMB3	-20162.59	-10.05	440.73	5.73
232	0	COMB4	-18397.26	-12.84	-247.06	-30.42
232	1.65	COMB4	-18397.26	-12.84	107	-9.23
232	3.3	COMB4	-18397.26	-12.84	461.06	11.96
232	0	COMB5	-21223.68	1562.29	2262.33	1581.42
232	1.65	COMB5	-21223.68	1562.29	-839.13	-996.35
232	3.3	COMB5	-21223.68	1562.29	-3940.59	-3574.13
232	0	COMB6	-21310.86	428.03	8219.48	421.21
232	1.65	COMB6	-21310.86	428.03	-3092.24	-285.05
232	3.3	COMB6	-21310.86	428.03	-14403.97	-991.3
232	0	COMB7	-13247.19	-15	-230.33	-30.32
232	1.65	COMB7	-13247.19	-15	96.95	-5.58
232	3.3	COMB7	-13247.19	-15	424.23	19.16
233	0	COMB1	-11856.75	-53.26	133.32	-84.9

233	1.65	COMB1	-11856.75	-53.26	8.74	2.97
233	3.3	COMB1	-11856.75	-53.26	-115.85	90.85
233	0	COMB2	-10279.97	260.08	-367.47	-31.34
233	1.65	COMB2	-10279.97	260.08	1420.14	-460.47
233	3.3	COMB2	-10279.97	260.08	3207.75	-889.6
233	0	COMB3	-9916.1	-42.18	108.58	-68.24
233	1.65	COMB3	-9916.1	-42.18	5.42	1.35
233	3.3	COMB3	-9916.1	-42.18	-97.75	70.94
233	0	COMB4	-9027.68	-42.52	103.94	-66.94
233	1.65	COMB4	-9027.68	-42.52	8.23	3.21
233	3.3	COMB4	-9027.68	-42.52	-87.48	73.37
233	0	COMB5	-10378.2	946.38	1623.01	538.56
233	1.65	COMB5	-10378.2	946.38	-1363.28	-1022.96
233	3.3	COMB5	-10378.2	946.38	-4349.58	-2584.49
233	0	COMB6	-10305.65	234.39	5121.69	102.04
233	1.65	COMB6	-10305.65	234.39	-4566.5	-284.7
233	3.3	COMB6	-10305.65	234.39	-14254.68	-671.44
233	0	COMB7	-6468.84	-36.93	82.45	-55.51
233	1.65	COMB7	-6468.84	-36.93	11.07	5.42
233	3.3	COMB7	-6468.84	-36.93	-60.32	66.36
234	0	COMB1	-5392.29	235.08	196.04	715.8
234	1.65	COMB1	-5392.29	235.08	-121.84	327.92
234	3.3	COMB1	-5392.29	235.08	-439.71	-59.97
234	0	COMB2	-5068.28	209.87	-197.3	618.21
234	1.65	COMB2	-5068.28	209.87	376.42	271.93
234	3.3	COMB2	-5068.28	209.87	950.13	-74.36
234	0	COMB3	-4245.33	196.91	160.72	602.04
234	1.65	COMB3	-4245.33	196.91	-97.63	277.15
234	3.3	COMB3	-4245.33	196.91	-355.99	-47.75
234	0	COMB4	-4325.97	178.74	151.95	542.18
234	1.65	COMB4	-4325.97	178.74	-96.32	247.26
234	3.3	COMB4	-4325.97	178.74	-344.59	-47.67
234	0	COMB5	-5114.12	781.16	548.5	2354.77
234	1.65	COMB5	-5114.12	781.16	-687.82	1065.86
234	3.3	COMB5	-5114.12	781.16	-1924.15	-223.05
234	0	COMB6	-5151.1	353.86	1433.22	1078.87
234	1.65	COMB6	-5151.1	353.86	-2038.61	494.99
234	3.3	COMB6	-5151.1	353.86	-5510.44	-88.88
234	0	COMB7	-3823.19	127.26	117.72	379.21
234	1.65	COMB7	-3823.19	127.26	-80.68	169.24
234	3.3	COMB7	-3823.19	127.26	-279.09	-40.74
235	0	COMB1	-52222.13	25.94	542.85	42.28
235	1.65	COMB1	-52222.13	25.94	-276.16	-0.52
235	3.3	COMB1	-52222.13	25.94	-1095.17	-43.33
235	0	COMB2	-39677.15	1042.97	-5870.52	2541.13
235	1.65	COMB2	-39677.15	1042.97	-3042.34	820.23

235	3.3	COMB2	-39677.15	1042.97	-214.16	-900.68
235	0	COMB3	-42312.06	21.45	459.09	34.77
235	1.65	COMB3	-42312.06	21.45	-233.38	-0.61
235	3.3	COMB3	-42312.06	21.45	-925.84	-36
235	0	COMB4	-40897.21	19.96	409.08	32.68
235	1.65	COMB4	-40897.21	19.96	-208.25	-0.25
235	3.3	COMB4	-40897.21	19.96	-825.59	-33.19
235	0	COMB5	-55519.51	1869.26	5438.66	4692.32
235	1.65	COMB5	-55519.51	1869.26	2101.18	1608.05
235	3.3	COMB5	-55519.51	1869.26	-1236.31	-1476.22
235	0	COMB6	-74191.88	425.39	17043.28	1059.02
235	1.65	COMB6	-74191.88	425.39	7556.81	357.12
235	3.3	COMB6	-74191.88	425.39	-1929.66	-344.78
235	0	COMB7	-33033.54	14.99	279.21	25.03
235	1.65	COMB7	-33033.54	14.99	-142.61	0.29
235	3.3	COMB7	-33033.54	14.99	-564.43	-24.45

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	T	M3
Text	m	Text	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
450	0	COMB5	-3712.3	-1118.68	736.08	-562.56
450	0.5	COMB5	-3712.3	-910.68	736.08	-52.28
450	1	COMB5	-3712.3	-632.28	736.08	336.39
450	1.5	COMB5	-3712.3	-283.48	736.08	568.27
450	2	COMB5	-3712.3	135.72	736.08	608.14
450	2.5	COMB5	-3712.3	554.92	736.08	432.55
450	3	COMB5	-3712.3	903.72	736.08	64.96
450	3.5	COMB5	-3712.3	1182.12	736.08	-459.43
450	4	COMB5	-3712.3	1390.12	736.08	-1105.42
450	0	COMB6	-1357.15	-1455.21	839.22	-1269.34
450	0.5	COMB6	-1357.15	-1247.21	839.22	-590.8
450	1	COMB6	-1357.15	-968.81	839.22	-33.86
450	1.5	COMB6	-1357.15	-620.01	839.22	366.28
450	2	COMB6	-1357.15	-200.81	839.22	574.42
450	2.5	COMB6	-1357.15	218.39	839.22	567.09
450	3	COMB6	-1357.15	567.19	839.22	367.76
450	3.5	COMB6	-1357.15	845.59	839.22	11.64
450	4	COMB6	-1357.15	1053.59	839.22	-466.09
450	0	COMB7	-479.07	-1148.68	527.16	-1036.09
450	0.5	COMB7	-479.07	-980.56	527.16	-501.77
450	1	COMB7	-479.07	-764.18	527.16	-63.57
450	1.5	COMB7	-479.07	-499.56	527.16	254.37
450	2	COMB7	-479.07	-186.68	527.16	427.94
450	2.5	COMB7	-479.07	126.19	527.16	441.05
450	3	COMB7	-479.07	390.82	527.16	309.79
450	3.5	COMB7	-479.07	607.19	527.16	58.28
450	4	COMB7	-479.07	775.32	527.16	-289.36
656	0	COMB5	-611.86	-1142.22	-3.95	1558.99
656	0.46667	COMB5	-611.86	-828.04	-3.95	2030.61
656	0.93333	COMB5	-611.86	-208.06	-3.95	2284.26
656	1.4	COMB5	-611.86	631.72	-3.95	2187.26
656	1.86667	COMB5	-611.86	1481.05	-3.95	1694.28
656	2.33333	COMB5	-611.86	2330.38	-3.95	804.95
656	2.8	COMB5	-611.86	3179.72	-3.95	-480.74
656	3.26667	COMB5	-611.86	4019.49	-3.95	-2162.42
656	3.73333	COMB5	-611.86	4639.48	-3.95	-4194.73
656	4.2	COMB5	-611.86	4953.66	-3.95	-6445.02
656	0	COMB6	-1936.06	3304.45	-13.15	10898.77
656	0.46667	COMB6	-1936.06	3618.63	-13.15	9295.28
656	0.93333	COMB6	-1936.06	4238.61	-13.15	7473.81
656	1.4	COMB6	-1936.06	5078.39	-13.15	5301.7
656	1.86667	COMB6	-1936.06	5927.73	-13.15	2733.61
656	2.33333	COMB6	-1936.06	6777.06	-13.15	-230.84

656	2.8	COMB6	-1936.06	7626.39	-13.15	-3591.65
656	3.26667	COMB6	-1936.06	8466.17	-13.15	-7348.44
656	3.73333	COMB6	-1936.06	9086.15	-13.15	-11455.87
656	4.2	COMB6	-1936.06	9400.33	-13.15	-15781.28
656	0	COMB7	-35.81	-1883.7	-5.412E-15	-1490.88
656	0.46667	COMB7	-35.81	-1665.09	-5.412E-15	-656.28
656	0.93333	COMB7	-35.81	-1278.07	-5.412E-15	37.01
656	1.4	COMB7	-35.81	-770	-5.412E-15	515.92
656	1.86667	COMB7	-35.81	-256.67	-5.412E-15	755.47
656	2.33333	COMB7	-35.81	256.67	-5.412E-15	755.47
656	2.8	COMB7	-35.81	770	-5.412E-15	515.92
656	3.26667	COMB7	-35.81	1278.07	-5.412E-15	37.01
656	3.73333	COMB7	-35.81	1665.09	-5.412E-15	-656.28
656	4.2	COMB7	-35.81	1883.7	-5.412E-15	-1490.88
700	0	COMB5	-1596.64	-771.66	2.29	904.89
700	0.46667	COMB5	-1596.64	-533.93	2.29	1215.47
700	0.93333	COMB5	-1596.64	-143.3	2.29	1379.44
700	1.4	COMB5	-1596.64	357.23	2.29	1330.45
700	1.86667	COMB5	-1596.64	862.54	2.29	1045.84
700	2.33333	COMB5	-1596.64	1367.84	2.29	525.42
700	2.8	COMB5	-1596.64	1873.15	2.29	-230.82
700	3.26667	COMB5	-1596.64	2373.68	2.29	-1222.67
700	3.73333	COMB5	-1596.64	2764.31	2.29	-2427.48
700	4.2	COMB5	-1596.64	3002.04	2.29	-3778.91
700	0	COMB6	-2583.32	2154.61	-10.97	6961.76
700	0.46667	COMB6	-2583.32	2392.34	-10.97	5906.76
700	0.93333	COMB6	-2583.32	2782.97	-10.97	4705.13
700	1.4	COMB6	-2583.32	3283.5	-10.97	3290.55
700	1.86667	COMB6	-2583.32	3788.81	-10.97	1640.35
700	2.33333	COMB6	-2583.32	4294.11	-10.97	-245.67
700	2.8	COMB6	-2583.32	4799.42	-10.97	-2367.49
700	3.26667	COMB6	-2583.32	5299.95	-10.97	-4724.94
700	3.73333	COMB6	-2583.32	5690.58	-10.97	-7295.34
700	4.2	COMB6	-2583.32	5928.31	-10.97	-10012.36
700	0	COMB7	-900.91	-1366.71	-3.99	-1159.32
700	0.46667	COMB7	-900.91	-1190.2	-3.99	-559.43
700	0.93333	COMB7	-900.91	-929.49	-3.99	-61.57
700	1.4	COMB7	-900.91	-608.26	-3.99	297.75
700	1.86667	COMB7	-900.91	-284.39	-3.99	506.04
700	2.33333	COMB7	-900.91	39.48	-3.99	563.18
700	2.8	COMB7	-900.91	363.34	-3.99	469.19
700	3.26667	COMB7	-900.91	684.58	-3.99	224.16
700	3.73333	COMB7	-900.91	945.29	-3.99	-159.41
700	4.2	COMB7	-900.91	1121.79	-3.99	-645.01
701	0	COMB5	8658.28	-764.47	27.7	495.49
701	0.46667	COMB5	8658.28	-526.74	27.7	802.72

701	0.93333	COMB5	8658.28	-136.11	27.7	963.33
701	1.4	COMB5	8658.28	364.42	27.7	910.99
701	1.86667	COMB5	8658.28	869.73	27.7	623.02
701	2.33333	COMB5	8658.28	1375.03	27.7	99.24
701	2.8	COMB5	8658.28	1880.34	27.7	-660.35
701	3.26667	COMB5	8658.28	2380.87	27.7	-1655.56
701	3.73333	COMB5	8658.28	2771.5	27.7	-2863.72
701	4.2	COMB5	8658.28	3009.23	27.7	-4218.51
701	0	COMB6	10703.3	1299.53	-3.83	4533.91
701	0.46667	COMB6	10703.3	1537.26	-3.83	3877.93
701	0.93333	COMB6	10703.3	1927.89	-3.83	3075.34
701	1.4	COMB6	10703.3	2428.42	-3.83	2059.8
701	1.86667	COMB6	10703.3	2933.73	-3.83	808.63
701	2.33333	COMB6	10703.3	3439.04	-3.83	-678.35
701	2.8	COMB6	10703.3	3944.34	-3.83	-2401.13
701	3.26667	COMB6	10703.3	4444.87	-3.83	-4359.55
701	3.73333	COMB6	10703.3	4835.5	-3.83	-6530.91
701	4.2	COMB6	10703.3	5073.23	-3.83	-8848.9
701	0	COMB7	5923.12	-1078.94	-8.24	-809.8
701	0.46667	COMB7	5923.12	-902.44	-8.24	-344.2
701	0.93333	COMB7	5923.12	-641.73	-8.24	19.38
701	1.4	COMB7	5923.12	-320.49	-8.24	244.41
701	1.86667	COMB7	5923.12	3.37	-8.24	318.4
701	2.33333	COMB7	5923.12	327.24	-8.24	241.26
701	2.8	COMB7	5923.12	651.11	-8.24	12.98
701	3.26667	COMB7	5923.12	972.34	-8.24	-366.34
701	3.73333	COMB7	5923.12	1233.05	-8.24	-884.21
701	4.2	COMB7	5923.12	1409.56	-8.24	-1504.09
702	0	COMB5	-147.25	7.44	3.63	1763.83
702	0.5	COMB5	-147.25	226.31	3.63	1709.24
702	1	COMB5	-147.25	537.34	3.63	1522.16
702	1.5	COMB5	-147.25	940.51	3.63	1156.54
702	2	COMB5	-147.25	1435.84	3.63	566.29
702	2.5	COMB5	-147.25	1931.16	3.63	-279.3
702	3	COMB5	-147.25	2334.34	3.63	-1349.51
702	3.5	COMB5	-147.25	2645.36	3.63	-2598.28
702	4	COMB5	-147.25	2864.24	3.63	-3979.52
702	0	COMB6	-65.83	-961.77	1.92	-133.23
702	0.5	COMB6	-65.83	-742.89	1.92	296.78
702	1	COMB6	-65.83	-431.87	1.92	594.3
702	1.5	COMB6	-65.83	-28.69	1.92	713.28
702	2	COMB6	-65.83	466.63	1.92	607.64
702	2.5	COMB6	-65.83	961.96	1.92	246.65
702	3	COMB6	-65.83	1365.13	1.92	-338.96
702	3.5	COMB6	-65.83	1676.16	1.92	-1103.13
702	4	COMB6	-65.83	1895.03	1.92	-1999.76

702	0	COMB7	30.36	-856.07	3.58	-455.65
702	0.5	COMB7	30.36	-686.7	3.58	-67.84
702	1	COMB7	30.36	-466.57	3.58	222.59
702	1.5	COMB7	30.36	-195.7	3.58	390.27
702	2	COMB7	30.36	125.93	3.58	409.82
702	2.5	COMB7	30.36	447.55	3.58	264.34
702	3	COMB7	30.36	718.43	3.58	-29.27
702	3.5	COMB7	30.36	938.55	3.58	-445.63
702	4	COMB7	30.36	1107.93	3.58	-959.37
703	0	COMB5	-8280.06	-15852.41	-9.5	-16812.09
703	0.466667	COMB5	-8280.06	-15275.88	-9.5	-9545.79
703	0.933333	COMB5	-8280.06	-14621.46	-9.5	-2566.72
703	1.4	COMB5	-8280.06	-13889.18	-9.5	4088.79
703	1.866667	COMB5	-8280.06	-13079.02	-9.5	10384.4
703	2.333333	COMB5	-8280.06	-12190.98	-9.5	16283.76
703	2.8	COMB5	-8280.06	-11225.07	-9.5	21750.53
703	3.266667	COMB5	-8280.06	-10183.72	-9.5	26748.47
703	3.733333	COMB5	-8280.06	-9120.47	-9.5	31252.78
703	4.2	COMB5	-8280.06	-8057.21	-9.5	35260.91
703	4.2	COMB5	-8216.17	-4422.01	-9.5	35251.43
703	4.666667	COMB5	-8216.17	-3358.76	-9.5	32066.94
703	5.133333	COMB5	-8216.17	-2295.51	-9.5	38386.27
703	5.6	COMB5	-8216.17	-1232.25	-9.5	39209.41
703	6.066667	COMB5	-8216.17	-169	-9.5	39536.37
703	6.533333	COMB5	-8216.17	894.25	-9.5	39367.15
703	7	COMB5	-8216.17	1957.51	-9.5	38701.73
703	7.466667	COMB5	-8216.17	3020.76	-9.5	37540.14
703	7.933333	COMB5	-8216.17	4084.01	-9.5	35882.36
703	8.4	COMB5	-8216.17	5147.27	-9.5	33728.39
703	8.4	COMB5	-8161.7	8782.47	-9.5	33737.78
703	8.866667	COMB5	-8161.7	9845.72	-9.5	29391.2
703	9.333333	COMB5	-8161.7	10908.97	-9.5	24548.44
703	9.8	COMB5	-8161.7	11950.33	-9.5	19212.05
703	10.266667	COMB5	-8161.7	12916.24	-9.5	13406.82
703	10.733333	COMB5	-8161.7	13804.27	-9.5	7169.01
703	11.2	COMB5	-8161.7	14614.43	-9.5	534.95
703	11.666667	COMB5	-8161.7	15346.72	-9.5	-6459.01
703	12.133333	COMB5	-8161.7	16001.13	-9.5	-13776.54
703	12.6	COMB5	-8161.7	16577.67	-9.5	-21381.29
703	0	COMB6	-10502.14	-15006.28	-31.68	-11600.84
703	0.466667	COMB6	-10502.14	-14429.74	-31.68	-4729.4
703	0.933333	COMB6	-10502.14	-13775.33	-31.68	1854.81
703	1.4	COMB6	-10502.14	-13043.05	-31.68	8115.46
703	1.866667	COMB6	-10502.14	-12232.88	-31.68	14016.2
703	2.333333	COMB6	-10502.14	-11344.85	-31.68	19520.7
703	2.8	COMB6	-10502.14	-10378.94	-31.68	24592.62

703	3.26667	COMB6	-10502.14	-9337.59	-31.68	29195.69
703	3.73333	COMB6	-10502.14	-8274.33	-31.68	33305.14
703	4.2	COMB6	-10502.14	-7211.08	-31.68	36918.41
703	4.2	COMB6	-10304.74	-3575.88	-31.68	36908.84
703	4.66667	COMB6	-10304.74	-2512.63	-31.68	38329.5
703	5.13333	COMB6	-10304.74	-1449.37	-31.68	39253.96
703	5.6	COMB6	-10304.74	-386.12	-31.68	39682.25
703	6.06667	COMB6	-10304.74	677.13	-31.68	39614.34
703	6.53333	COMB6	-10304.74	1740.39	-31.68	39050.26
703	7	COMB6	-10304.74	2803.64	-31.68	37989.98
703	7.46667	COMB6	-10304.74	3866.89	-31.68	36433.53
703	7.93333	COMB6	-10304.74	4930.15	-31.68	34380.88
703	8.4	COMB6	-10304.74	5993.4	-31.68	31832.06
703	8.4	COMB6	-10107.61	9628.6	-31.68	31841.32
703	8.86667	COMB6	-10107.61	10691.85	-31.68	27099.88
703	9.33333	COMB6	-10107.61	11755.11	-31.68	21862.25
703	9.8	COMB6	-10107.61	12796.46	-31.68	16131
703	10.26667	COMB6	-10107.61	13762.37	-31.68	9930.91
703	10.73333	COMB6	-10107.61	14650.4	-31.68	3298.24
703	11.2	COMB6	-10107.61	15460.56	-31.68	-3730.68
703	11.66667	COMB6	-10107.61	16192.85	-31.68	-11119.51
703	12.13333	COMB6	-10107.61	16847.26	-31.68	-18831.89
703	12.6	COMB6	-10107.61	17423.8	-31.68	-26831.5
703	0	COMB7	-5511.89	-12391.7	-3.553E-15	-14405.89
703	0.46667	COMB7	-5511.89	-11917.01	-3.553E-15	-8731.78
703	0.93333	COMB7	-5511.89	-11388.95	-3.553E-15	-3291.65
703	1.4	COMB7	-5511.89	-10807.52	-3.553E-15	1889.61
703	1.86667	COMB7	-5511.89	-10172.72	-3.553E-15	6787.07
703	2.33333	COMB7	-5511.89	-9484.54	-3.553E-15	11375.84
703	2.8	COMB7	-5511.89	-8742.99	-3.553E-15	15631.01
703	3.26667	COMB7	-5511.89	-7949.73	-3.553E-15	19527.73
703	3.73333	COMB7	-5511.89	-7141.47	-3.553E-15	23049.01
703	4.2	COMB7	-5511.89	-6333.2	-3.553E-15	26193.09
703	4.2	COMB7	-5513.35	-3637.2	1.101E-13	26185.89
703	4.66667	COMB7	-5513.35	-2828.93	1.101E-13	27694.66
703	5.13333	COMB7	-5513.35	-2020.67	1.101E-13	28826.23
703	5.6	COMB7	-5513.35	-1212.4	1.101E-13	29580.61
703	6.06667	COMB7	-5513.35	-404.13	1.101E-13	29957.8
703	6.53333	COMB7	-5513.35	404.13	1.101E-13	29957.8
703	7	COMB7	-5513.35	1212.4	1.101E-13	29580.61
703	7.46667	COMB7	-5513.35	2020.67	1.101E-13	28826.23
703	7.93333	COMB7	-5513.35	2828.93	1.101E-13	27694.66
703	8.4	COMB7	-5513.35	3637.2	1.101E-13	26185.89
703	8.4	COMB7	-5511.89	6333.2	7.461E-14	26193.09
703	8.86667	COMB7	-5511.89	7141.47	7.461E-14	23049.01
703	9.33333	COMB7	-5511.89	7949.73	7.461E-14	19527.73

703	9.8	COMB7	-5511.89	8742.99	7.461E-14	15631.01
703	10.26667	COMB7	-5511.89	9484.54	7.461E-14	11375.84
703	10.73333	COMB7	-5511.89	10172.72	7.461E-14	6787.07
703	11.2	COMB7	-5511.89	10807.52	7.461E-14	1889.61
703	11.66667	COMB7	-5511.89	11388.95	7.461E-14	-3291.65
703	12.13333	COMB7	-5511.89	11917.01	7.461E-14	-8731.78
703	12.6	COMB7	-5511.89	12391.7	7.461E-14	-14405.89
704	0	COMB5	-8265.43	-15836.74	-8.96	-16706.29
704	0.46667	COMB5	-8265.43	-15260.2	-8.96	-9447.31
704	0.93333	COMB5	-8265.43	-14605.79	-8.96	-2475.56
704	1.4	COMB5	-8265.43	-13873.5	-8.96	4172.64
704	1.86667	COMB5	-8265.43	-13063.34	-8.96	10460.93
704	2.33333	COMB5	-8265.43	-12175.3	-8.96	16352.98
704	2.8	COMB5	-8265.43	-11209.39	-8.96	21812.43
704	3.26667	COMB5	-8265.43	-10168.04	-8.96	26803.06
704	3.73333	COMB5	-8265.43	-9104.79	-8.96	31300.05
704	4.2	COMB5	-8265.43	-8041.54	-8.96	35300.86
704	4.2	COMB5	-8224.73	-4406.34	-8.96	35300.66
704	4.66667	COMB5	-8224.73	-3343.08	-8.96	37108.86
704	5.13333	COMB5	-8224.73	-2279.83	-8.96	38420.88
704	5.6	COMB5	-8224.73	-1216.58	-8.96	39236.7
704	6.06667	COMB5	-8224.73	-153.32	-8.96	39556.35
704	6.53333	COMB5	-8224.73	909.93	-8.96	39379.8
704	7	COMB5	-8224.73	1973.18	-8.96	38707.08
704	7.46667	COMB5	-8224.73	3036.44	-8.96	37538.17
704	7.93333	COMB5	-8224.73	4099.69	-8.96	35873.07
704	8.4	COMB5	-8224.73	5162.94	-8.96	33711.79
704	8.4	COMB5	-8191.02	8798.14	-8.96	33712.01
704	8.86667	COMB5	-8191.02	9861.4	-8.96	29358.12
704	9.33333	COMB5	-8191.02	10924.65	-8.96	24508.04
704	9.8	COMB5	-8191.02	11966	-8.96	19164.33
704	10.26667	COMB5	-8191.02	12931.91	-8.96	13351.79
704	10.73333	COMB5	-8191.02	13819.95	-8.96	7106.66
704	11.2	COMB5	-8191.02	14630.11	-8.96	465.28
704	11.66667	COMB5	-8191.02	15362.4	-8.96	-6535.99
704	12.13333	COMB5	-8191.02	16016.81	-8.96	-13860.84
704	12.6	COMB5	-8191.02	16593.34	-8.96	-21472.9
704	0	COMB6	-10433.07	-14954.03	-29.87	-11264.61
704	0.46667	COMB6	-10433.07	-14377.49	-29.87	-4417.56
704	0.93333	COMB6	-10433.07	-13723.08	-29.87	2142.27
704	1.4	COMB6	-10433.07	-12990.79	-29.87	8378.53
704	1.86667	COMB6	-10433.07	-12180.63	-29.87	14254.89
704	2.33333	COMB6	-10433.07	-11292.59	-29.87	19735
704	2.8	COMB6	-10433.07	-10326.68	-29.87	24782.53
704	3.26667	COMB6	-10433.07	-9285.33	-29.87	29361.22
704	3.73333	COMB6	-10433.07	-8222.08	-29.87	33446.28

704	4.2	COMB6	-10433.07	-7158.83	-29.87	37035.16
704	4.2	COMB6	-10309	-3523.63	-29.87	37034.99
704	4.66667	COMB6	-10309	-2460.37	-29.87	38431.26
704	5.13333	COMB6	-10309	-1397.12	-29.87	39331.34
704	5.6	COMB6	-10309	-333.87	-29.87	39735.24
704	6.06667	COMB6	-10309	729.39	-29.87	39642.95
704	6.53333	COMB6	-10309	1792.64	-29.87	39054.48
704	7	COMB6	-10309	2855.89	-29.87	37969.82
704	7.46667	COMB6	-10309	3919.15	-29.87	36388.98
704	7.93333	COMB6	-10309	4982.4	-29.87	34311.95
704	8.4	COMB6	-10309	6045.65	-29.87	31738.74
704	8.4	COMB6	-10185.03	9680.85	-29.87	31738.99
704	8.86667	COMB6	-10185.03	10744.11	-29.87	26973.16
704	9.33333	COMB6	-10185.03	11807.36	-29.87	21711.16
704	9.8	COMB6	-10185.03	12848.71	-29.87	15955.52
704	10.26667	COMB6	-10185.03	13814.62	-29.87	9731.04
704	10.73333	COMB6	-10185.03	14702.66	-29.87	3073.98
704	11.2	COMB6	-10185.03	15512.82	-29.87	-3979.32
704	11.66667	COMB6	-10185.03	16245.1	-29.87	-11392.53
704	12.13333	COMB6	-10185.03	16899.52	-29.87	-19129.31
704	12.6	COMB6	-10185.03	17476.05	-29.87	-27153.3
704	0	COMB7	-5514.18	-12391.7	1.243E-14	-14400.45
704	0.46667	COMB7	-5514.18	-11917.01	1.243E-14	-8726.34
704	0.93333	COMB7	-5514.18	-11388.95	1.243E-14	-3286.21
704	1.4	COMB7	-5514.18	-10807.52	1.243E-14	1895.04
704	1.86667	COMB7	-5514.18	-10172.72	1.243E-14	6792.51
704	2.33333	COMB7	-5514.18	-9484.54	1.243E-14	11381.28
704	2.8	COMB7	-5514.18	-8742.99	1.243E-14	15636.44
704	3.26667	COMB7	-5514.18	-7949.73	1.243E-14	19533.16
704	3.73333	COMB7	-5514.18	-7141.47	1.243E-14	23054.44
704	4.2	COMB7	-5514.18	-6333.2	1.243E-14	26198.53
704	4.2	COMB7	-5515.25	-3637.2	1.901E-13	26198.37
704	4.66667	COMB7	-5515.25	-2828.93	1.901E-13	27707.14
704	5.13333	COMB7	-5515.25	-2020.67	1.901E-13	28838.71
704	5.6	COMB7	-5515.25	-1212.4	1.901E-13	29593.09
704	6.06667	COMB7	-5515.25	-404.13	1.901E-13	29970.28
704	6.53333	COMB7	-5515.25	404.13	1.901E-13	29970.28
704	7	COMB7	-5515.25	1212.4	1.901E-13	29593.09
704	7.46667	COMB7	-5515.25	2020.67	1.901E-13	28838.71
704	7.93333	COMB7	-5515.25	2828.93	1.901E-13	27707.14
704	8.4	COMB7	-5515.25	3637.2	1.901E-13	26198.37
704	8.4	COMB7	-5514.18	6333.2	1.599E-14	26198.53
704	8.86667	COMB7	-5514.18	7141.47	1.599E-14	23054.44
704	9.33333	COMB7	-5514.18	7949.73	1.599E-14	19533.16
704	9.8	COMB7	-5514.18	8742.99	1.599E-14	15636.44
704	10.26667	COMB7	-5514.18	9484.54	1.599E-14	11381.28

704	10.73333	COMB7	-5514.18	10172.72	1.599E-14	6792.51
704	11.2	COMB7	-5514.18	10807.52	1.599E-14	1895.04
704	11.66667	COMB7	-5514.18	11388.95	1.599E-14	-3286.21
704	12.13333	COMB7	-5514.18	11917.01	1.599E-14	-8726.34
704	12.6	COMB7	-5514.18	12391.7	1.599E-14	-14400.45
705	0	COMB5	-8249.23	-15824.96	-8.36	-16631.93
705	0.46667	COMB5	-8249.23	-15248.42	-8.36	-9378.45
705	0.93333	COMB5	-8249.23	-14594.01	-8.36	-2412.19
705	1.4	COMB5	-8249.23	-13861.72	-8.36	4230.51
705	1.86667	COMB5	-8249.23	-13051.56	-8.36	10513.3
705	2.33333	COMB5	-8249.23	-12163.53	-8.36	16399.85
705	2.8	COMB5	-8249.23	-11197.62	-8.36	21853.81
705	3.26667	COMB5	-8249.23	-10156.26	-8.36	26838.94
705	3.73333	COMB5	-8249.23	-9093.01	-8.36	31330.44
705	4.2	COMB5	-8249.23	-8029.76	-8.36	35325.75
705	4.2	COMB5	-8225.94	-4394.56	-8.36	35325.77
705	4.66667	COMB5	-8225.94	-3331.3	-8.36	37128.47
705	5.13333	COMB5	-8225.94	-2268.05	-8.36	38434.99
705	5.6	COMB5	-8225.94	-1204.8	-8.36	39245.32
705	6.06667	COMB5	-8225.94	-141.54	-8.36	39559.46
705	6.53333	COMB5	-8225.94	921.71	-8.36	39377.43
705	7	COMB5	-8225.94	1984.96	-8.36	38699.2
705	7.46667	COMB5	-8225.94	3048.22	-8.36	37524.79
705	7.93333	COMB5	-8225.94	4111.47	-8.36	35854.2
705	8.4	COMB5	-8225.94	5174.72	-8.36	33687.42
705	8.4	COMB5	-8208.43	8809.92	-8.36	33687.45
705	8.86667	COMB5	-8208.43	9873.18	-8.36	29328.06
705	9.33333	COMB5	-8208.43	10936.43	-8.36	24472.49
705	9.8	COMB5	-8208.43	11977.78	-8.36	19123.28
705	10.26667	COMB5	-8208.43	12943.69	-8.36	13305.25
705	10.73333	COMB5	-8208.43	13831.73	-8.36	7054.62
705	11.2	COMB5	-8208.43	14641.89	-8.36	407.75
705	11.66667	COMB5	-8208.43	15374.17	-8.36	-6599.03
705	12.13333	COMB5	-8208.43	16028.59	-8.36	-13929.37
705	12.6	COMB5	-8208.43	16605.12	-8.36	-21546.93
705	0	COMB6	-10377.11	-14914.76	-27.87	-11017.13
705	0.46667	COMB6	-10377.11	-14338.23	-27.87	-4188.4
705	0.93333	COMB6	-10377.11	-13683.82	-27.87	2353.1
705	1.4	COMB6	-10377.11	-12951.53	-27.87	8571.05
705	1.86667	COMB6	-10377.11	-12141.37	-27.87	14429.09
705	2.33333	COMB6	-10377.11	-11253.33	-27.87	19890.88
705	2.8	COMB6	-10377.11	-10287.42	-27.87	24920.08
705	3.26667	COMB6	-10377.11	-9246.07	-27.87	29480.45
705	3.73333	COMB6	-10377.11	-8182.82	-27.87	33547.19
705	4.2	COMB6	-10377.11	-7119.56	-27.87	37117.75
705	4.2	COMB6	-10309.16	-3484.36	-27.87	37117.83

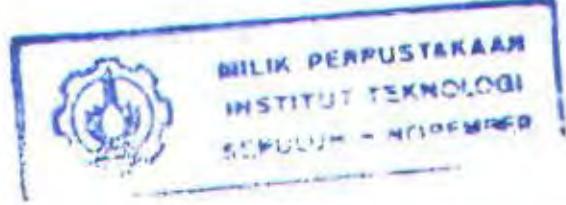
705	4.66667	COMB6	-10309.16	-2421.11	-27.87	38495.77
705	5.13333	COMB6	-10309.16	-1357.86	-27.87	39377.53
705	5.6	COMB6	-10309.16	-294.6	-27.87	39763.1
705	6.06667	COMB6	-10309.16	768.65	-27.87	39652.49
705	6.53333	COMB6	-10309.16	1831.9	-27.87	39045.7
705	7	COMB6	-10309.16	2895.16	-27.87	37942.72
705	7.46667	COMB6	-10309.16	3958.41	-27.87	36343.55
705	7.93333	COMB6	-10309.16	5021.66	-27.87	34248.2
705	8.4	COMB6	-10309.16	6084.92	-27.87	31656.67
705	8.4	COMB6	-10241.12	9720.12	-27.87	31656.76
705	8.86667	COMB6	-10241.12	10783.37	-27.87	26872.61
705	9.33333	COMB6	-10241.12	11846.62	-27.87	21592.28
705	9.8	COMB6	-10241.12	12887.97	-27.87	15818.32
705	10.26667	COMB6	-10241.12	13853.88	-27.87	9575.52
705	10.73333	COMB6	-10241.12	14741.92	-27.87	2900.14
705	11.2	COMB6	-10241.12	15552.08	-27.87	-4171.49
705	11.66667	COMB6	-10241.12	16284.37	-27.87	-11603.02
705	12.13333	COMB6	-10241.12	16938.78	-27.87	-19358.11
705	12.6	COMB6	-10241.12	17515.32	-27.87	-27400.43
705	0	COMB7	-5513.99	-12391.7	-1.066E-14	-14400.3
705	0.46667	COMB7	-5513.99	-11917.01	-1.066E-14	-8726.19
705	0.93333	COMB7	-5513.99	-11388.95	-1.066E-14	-3286.06
705	1.4	COMB7	-5513.99	-10807.52	-1.066E-14	1895.2
705	1.86667	COMB7	-5513.99	-10172.72	-1.066E-14	6792.66
705	2.33333	COMB7	-5513.99	-9484.54	-1.066E-14	11381.43
705	2.8	COMB7	-5513.99	-8742.99	-1.066E-14	15636.59
705	3.26667	COMB7	-5513.99	-7949.73	-1.066E-14	19533.31
705	3.73333	COMB7	-5513.99	-7141.47	-1.066E-14	23054.59
705	4.2	COMB7	-5513.99	-6333.2	-1.066E-14	26198.68
705	4.2	COMB7	-5514.98	-3637.2	-8.882E-15	26198.68
705	4.66667	COMB7	-5514.98	-2828.93	-8.882E-15	27707.44
705	5.13333	COMB7	-5514.98	-2020.67	-8.882E-15	28839.02
705	5.6	COMB7	-5514.98	-1212.4	-8.882E-15	29593.4
705	6.06667	COMB7	-5514.98	-404.13	-8.882E-15	29970.59
705	6.53333	COMB7	-5514.98	404.13	-8.882E-15	29970.59
705	7	COMB7	-5514.98	1212.4	-8.882E-15	29593.4
705	7.46667	COMB7	-5514.98	2020.67	-8.882E-15	28839.02
705	7.93333	COMB7	-5514.98	2828.93	-8.882E-15	27707.44
705	8.4	COMB7	-5514.98	3637.2	-8.882E-15	26198.68
705	8.4	COMB7	-5513.99	6333.2	1.048E-13	26198.68
705	8.86667	COMB7	-5513.99	7141.47	1.048E-13	23054.59
705	9.33333	COMB7	-5513.99	7949.73	1.048E-13	19533.31
705	9.8	COMB7	-5513.99	8742.99	1.048E-13	15636.59
705	10.26667	COMB7	-5513.99	9484.54	1.048E-13	11381.43
705	10.73333	COMB7	-5513.99	10172.72	1.048E-13	6792.66
705	11.2	COMB7	-5513.99	10807.52	1.048E-13	1895.2

705	11.66667	COMB7	-5513.99	11388.95	1.048E-13	-3286.06
705	12.13333	COMB7	-5513.99	11917.01	1.048E-13	-8726.19
705	12.6	COMB7	-5513.99	12391.7	1.048E-13	-14400.3
706	0	COMB5	-8237.42	-15816.15	-7.73	-16576.49
706	0.466667	COMB5	-8237.42	-15239.62	-7.73	-9327.11
706	0.93333	COMB5	-8237.42	-14585.2	-7.73	-2364.96
706	1.4	COMB5	-8237.42	-13852.92	-7.73	4273.63
706	1.866667	COMB5	-8237.42	-13042.76	-7.73	10552.32
706	2.33333	COMB5	-8237.42	-12154.72	-7.73	16434.76
706	2.8	COMB5	-8237.42	-11188.81	-7.73	21884.61
706	3.266667	COMB5	-8237.42	-10147.46	-7.73	26865.63
706	3.73333	COMB5	-8237.42	-9084.21	-7.73	31353.02
706	4.2	COMB5	-8237.42	-8020.95	-7.73	35344.22
706	4.2	COMB5	-8227.3	-4385.75	-7.73	35344.23
706	4.666667	COMB5	-8227.3	-3322.5	-7.73	37142.82
706	5.13333	COMB5	-8227.3	-2259.25	-7.73	38445.23
706	5.6	COMB5	-8227.3	-1195.99	-7.73	39251.45
706	6.066667	COMB5	-8227.3	-132.74	-7.73	39561.49
706	6.53333	COMB5	-8227.3	930.51	-7.73	39375.34
706	7	COMB5	-8227.3	1993.77	-7.73	38693.01
706	7.466667	COMB5	-8227.3	3057.02	-7.73	37514.5
706	7.93333	COMB5	-8227.3	4120.27	-7.73	35839.79
706	8.4	COMB5	-8227.3	5183.53	-7.73	33668.91
706	8.4	COMB5	-8221.94	8818.73	-7.73	33668.91
706	8.866667	COMB5	-8221.94	9881.98	-7.73	29305.41
706	9.33333	COMB5	-8221.94	10945.23	-7.73	24445.73
706	9.8	COMB5	-8221.94	11986.58	-7.73	19092.42
706	10.266667	COMB5	-8221.94	12952.49	-7.73	13270.27
706	10.73333	COMB5	-8221.94	13840.53	-7.73	7015.54
706	11.2	COMB5	-8221.94	14650.69	-7.73	364.56
706	11.666667	COMB5	-8221.94	15382.98	-7.73	-6646.33
706	12.13333	COMB5	-8221.94	16037.39	-7.73	-13980.77
706	12.6	COMB5	-8221.94	16613.93	-7.73	-21602.44
706	0	COMB6	-10335.11	-14885.42	-25.78	-10832.19
706	0.466667	COMB6	-10335.11	-14308.88	-25.78	-4017.16
706	0.93333	COMB6	-10335.11	-13654.47	-25.78	2510.65
706	1.4	COMB6	-10335.11	-12922.18	-25.78	8714.9
706	1.866667	COMB6	-10335.11	-12112.02	-25.78	14559.24
706	2.33333	COMB6	-10335.11	-11223.99	-25.78	20007.34
706	2.8	COMB6	-10335.11	-10258.08	-25.78	25022.85
706	3.266667	COMB6	-10335.11	-9216.73	-25.78	29569.52
706	3.73333	COMB6	-10335.11	-8153.47	-25.78	33622.57
706	4.2	COMB6	-10335.11	-7090.22	-25.78	37179.43
706	4.2	COMB6	-10309.45	-3455.02	-25.78	37179.45
706	4.666667	COMB6	-10309.45	-2391.77	-25.78	38543.7
706	5.13333	COMB6	-10309.45	-1328.51	-25.78	39411.76

706	5.6	COMB6	-10309.45	-265.26	-25.78	39783.64
706	6.06667	COMB6	-10309.45	797.99	-25.78	39659.34
706	6.53333	COMB6	-10309.45	1861.25	-25.78	39038.85
706	7	COMB6	-10309.45	2924.5	-25.78	37922.17
706	7.46667	COMB6	-10309.45	3987.75	-25.78	36309.31
706	7.93333	COMB6	-10309.45	5051.01	-25.78	34200.27
706	8.4	COMB6	-10309.45	6114.26	-25.78	31595.04
706	8.4	COMB6	-10283.5	9749.46	-25.78	31595.06
706	8.86667	COMB6	-10283.5	10812.71	-25.78	26797.22
706	9.33333	COMB6	-10283.5	11875.97	-25.78	21503.19
706	9.8	COMB6	-10283.5	12917.32	-25.78	15715.53
706	10.26667	COMB6	-10283.5	13883.23	-25.78	9459.04
706	10.73333	COMB6	-10283.5	14771.26	-25.78	2769.97
706	11.2	COMB6	-10283.5	15581.42	-25.78	-4315.35
706	11.66667	COMB6	-10283.5	16313.71	-25.78	-11760.58
706	12.13333	COMB6	-10283.5	16968.12	-25.78	-19529.37
706	12.6	COMB6	-10283.5	17544.66	-25.78	-27585.38
706	0	COMB7	-5513.94	-12391.7	9.548E-14	-14400.3
706	0.46667	COMB7	-5513.94	-11917.01	9.548E-14	-8726.19
706	0.93333	COMB7	-5513.94	-11388.95	9.548E-14	-3286.06
706	1.4	COMB7	-5513.94	-10807.52	9.548E-14	1895.19
706	1.86667	COMB7	-5513.94	-10172.72	9.548E-14	6792.66
706	2.33333	COMB7	-5513.94	-9484.54	9.548E-14	11381.43
706	2.8	COMB7	-5513.94	-8742.99	9.548E-14	15636.59
706	3.26667	COMB7	-5513.94	-7949.73	9.548E-14	19533.31
706	3.73333	COMB7	-5513.94	-7141.47	9.548E-14	23054.59
706	4.2	COMB7	-5513.94	-6333.2	9.548E-14	26198.68
706	4.2	COMB7	-5514.87	-3637.2	3.553E-15	26198.68
706	4.66667	COMB7	-5514.87	-2828.93	3.553E-15	27707.45
706	5.13333	COMB7	-5514.87	-2020.67	3.553E-15	28839.02
706	5.6	COMB7	-5514.87	-1212.4	3.553E-15	29593.4
706	6.06667	COMB7	-5514.87	-404.13	3.553E-15	29970.59
706	6.53333	COMB7	-5514.87	404.13	3.553E-15	29970.59
706	7	COMB7	-5514.87	1212.4	3.553E-15	29593.4
706	7.46667	COMB7	-5514.87	2020.67	3.553E-15	28839.02
706	7.93333	COMB7	-5514.87	2828.93	3.553E-15	27707.45
706	8.4	COMB7	-5514.87	3637.2	3.553E-15	26198.68
706	8.4	COMB7	-5513.94	6333.2	-8.882E-15	26198.68
706	8.86667	COMB7	-5513.94	7141.47	-8.882E-15	23054.59
706	9.33333	COMB7	-5513.94	7949.73	-8.882E-15	19533.31
706	9.8	COMB7	-5513.94	8742.99	-8.882E-15	15636.59
706	10.26667	COMB7	-5513.94	9484.54	-8.882E-15	11381.43
706	10.73333	COMB7	-5513.94	10172.72	-8.882E-15	6792.66
706	11.2	COMB7	-5513.94	10807.52	-8.882E-15	1895.19
706	11.66667	COMB7	-5513.94	11388.95	-8.882E-15	-3286.06
706	12.13333	COMB7	-5513.94	11917.01	-8.882E-15	-8726.19

706	12.6	COMB7	-5513.94	12391.7	-8.882E-15	-14400.3
707	0	COMB5	-8226.93	-15808.28	-7.11	-16526.86
707	0.46667	COMB5	-8226.93	-15231.74	-7.11	-9281.16
707	0.93333	COMB5	-8226.93	-14577.33	-7.11	-2322.68
707	1.4	COMB5	-8226.93	-13845.04	-7.11	4312.23
707	1.86667	COMB5	-8226.93	-13034.88	-7.11	10587.25
707	2.33333	COMB5	-8226.93	-12146.85	-7.11	16466.01
707	2.8	COMB5	-8226.93	-11180.94	-7.11	21912.19
707	3.26667	COMB5	-8226.93	-10139.59	-7.11	26889.53
707	3.73333	COMB5	-8226.93	-9076.33	-7.11	31373.25
707	4.2	COMB5	-8226.93	-8013.08	-7.11	35360.78
707	4.2	COMB5	-8228.58	-4377.88	-7.11	35360.73
707	4.66667	COMB5	-8228.58	-3314.63	-7.11	37155.65
707	5.13333	COMB5	-8228.58	-2251.37	-7.11	38454.38
707	5.6	COMB5	-8228.58	-1188.12	-7.11	39256.93
707	6.06667	COMB5	-8228.58	-124.87	-7.11	39563.29
707	6.53333	COMB5	-8228.58	938.39	-7.11	39373.47
707	7	COMB5	-8228.58	2001.64	-7.11	38687.47
707	7.46667	COMB5	-8228.58	3064.89	-7.11	37505.27
707	7.93333	COMB5	-8228.58	4128.15	-7.11	35826.9
707	8.4	COMB5	-8228.58	5191.4	-7.11	33652.34
707	8.4	COMB5	-8234.01	8826.6	-7.11	33652.29
707	8.86667	COMB5	-8234.01	9889.85	-7.11	29285.12
707	9.33333	COMB5	-8234.01	10953.11	-7.11	24421.76
707	9.8	COMB5	-8234.01	11994.46	-7.11	19064.77
707	10.26667	COMB5	-8234.01	12960.37	-7.11	13238.95
707	10.73333	COMB5	-8234.01	13848.4	-7.11	6980.54
707	11.2	COMB5	-8234.01	14658.56	-7.11	325.89
707	11.66667	COMB5	-8234.01	15390.85	-7.11	-6688.67
707	12.13333	COMB5	-8234.01	16045.26	-7.11	-14026.79
707	12.6	COMB5	-8234.01	16621.8	-7.11	-21652.14
707	0	COMB6	-10297.79	-14859.17	-23.7	-10666.68
707	0.46667	COMB6	-10297.79	-14282.63	-23.7	-3863.89
707	0.93333	COMB6	-10297.79	-13628.22	-23.7	2651.67
707	1.4	COMB6	-10297.79	-12895.94	-23.7	8843.67
707	1.86667	COMB6	-10297.79	-12085.78	-23.7	14675.76
707	2.33333	COMB6	-10297.79	-11197.74	-23.7	20111.61
707	2.8	COMB6	-10297.79	-10231.83	-23.7	25114.87
707	3.26667	COMB6	-10297.79	-9190.48	-23.7	29649.3
707	3.73333	COMB6	-10297.79	-8127.23	-23.7	33690.1
707	4.2	COMB6	-10297.79	-7063.97	-23.7	37234.71
707	4.2	COMB6	-10309.86	-3428.77	-23.7	37234.55
707	4.66667	COMB6	-10309.86	-2365.52	-23.7	38586.55
707	5.13333	COMB6	-10309.86	-1302.27	-23.7	39442.37
707	5.6	COMB6	-10309.86	-239.01	-23.7	39802
707	6.06667	COMB6	-10309.86	824.24	-23.7	39665.45

707	6.53333	COMB6	-10309.86	1887.49	-23.7	39032.71
707	7	COMB6	-10309.86	2950.75	-23.7	37903.79
707	7.46667	COMB6	-10309.86	4014	-23.7	36278.68
707	7.93333	COMB6	-10309.86	5077.25	-23.7	34157.39
707	8.4	COMB6	-10309.86	6140.51	-23.7	31539.91
707	8.4	COMB6	-10321.4	9775.71	-23.7	31539.75
707	8.86667	COMB6	-10321.4	10838.96	-23.7	26729.66
707	9.33333	COMB6	-10321.4	11902.21	-23.7	21423.39
707	9.8	COMB6	-10321.4	12943.57	-23.7	15623.48
707	10.26667	COMB6	-10321.4	13909.48	-23.7	9354.74
707	10.73333	COMB6	-10321.4	14797.51	-23.7	2653.42
707	11.2	COMB6	-10321.4	15607.67	-23.7	-4444.15
707	11.66667	COMB6	-10321.4	16339.96	-23.7	-11901.63
707	12.13333	COMB6	-10321.4	16994.37	-23.7	-19682.67
707	12.6	COMB6	-10321.4	17570.91	-23.7	-27750.93
707	0	COMB7	-5513.94	-12391.7	8.749E-14	-14400.3
707	0.46667	COMB7	-5513.94	-11917.01	8.749E-14	-8726.19
707	0.93333	COMB7	-5513.94	-11388.95	8.749E-14	-3286.06
707	1.4	COMB7	-5513.94	-10807.52	8.749E-14	1895.19
707	1.86667	COMB7	-5513.94	-10172.72	8.749E-14	6792.66
707	2.33333	COMB7	-5513.94	-9484.54	8.749E-14	11381.43
707	2.8	COMB7	-5513.94	-8742.99	8.749E-14	15636.59
707	3.26667	COMB7	-5513.94	-7949.73	8.749E-14	19533.31
707	3.73333	COMB7	-5513.94	-7141.47	8.749E-14	23054.59
707	4.2	COMB7	-5513.94	-6333.2	8.749E-14	26198.68
707	4.2	COMB7	-5514.87	-3637.2	3.197E-14	26198.68
707	4.66667	COMB7	-5514.87	-2828.93	3.197E-14	27707.45
707	5.13333	COMB7	-5514.87	-2020.67	3.197E-14	28839.02
707	5.6	COMB7	-5514.87	-1212.4	3.197E-14	29593.4
707	6.06667	COMB7	-5514.87	-404.13	3.197E-14	29970.59
707	6.53333	COMB7	-5514.87	404.13	3.197E-14	29970.59
707	7	COMB7	-5514.87	1212.4	3.197E-14	29593.4
707	7.46667	COMB7	-5514.87	2020.67	3.197E-14	28839.02
707	7.93333	COMB7	-5514.87	2828.93	3.197E-14	27707.45
707	8.4	COMB7	-5514.87	3637.2	3.197E-14	26198.68
707	8.4	COMB7	-5513.94	6333.2	3.553E-14	26198.68
707	8.86667	COMB7	-5513.94	7141.47	3.553E-14	23054.59
707	9.33333	COMB7	-5513.94	7949.73	3.553E-14	19533.31
707	9.8	COMB7	-5513.94	8742.99	3.553E-14	15636.59
707	10.26667	COMB7	-5513.94	9484.54	3.553E-14	11381.43
707	10.73333	COMB7	-5513.94	10172.72	3.553E-14	6792.66
707	11.2	COMB7	-5513.94	10807.52	3.553E-14	1895.19
707	11.66667	COMB7	-5513.94	11388.95	3.553E-14	-3286.06
707	12.13333	COMB7	-5513.94	11917.01	3.553E-14	-8726.19
707	12.6	COMB7	-5513.94	12391.7	3.553E-14	-14400.3
708	0	COMB5	-8212.25	-15797.93	-6.4	-16461.43



708	0.46667	COMB5	-8212.25	-15221.4	-6.4	-9220.56
708	0.93333	COMB5	-8212.25	-14566.99	-6.4	-2266.91
708	1.4	COMB5	-8212.25	-13834.7	-6.4	4363.18
708	1.86667	COMB5	-8212.25	-13024.54	-6.4	10633.36
708	2.33333	COMB5	-8212.25	-12136.5	-6.4	16507.3
708	2.8	COMB5	-8212.25	-11170.59	-6.4	21948.65
708	3.26667	COMB5	-8212.25	-10129.24	-6.4	26921.17
708	3.73333	COMB5	-8212.25	-9065.99	-6.4	31400.05
708	4.2	COMB5	-8212.25	-8002.73	-6.4	35382.76
708	4.2	COMB5	-8229.6	-4367.53	-6.4	35382.43
708	4.66667	COMB5	-8229.6	-3304.28	-6.4	37172.52
708	5.13333	COMB5	-8229.6	-2241.03	-6.4	38466.43
708	5.6	COMB5	-8229.6	-1177.77	-6.4	39264.15
708	6.06667	COMB5	-8229.6	-114.52	-6.4	39565.68
708	6.53333	COMB5	-8229.6	948.73	-6.4	39371.03
708	7	COMB5	-8229.6	2011.99	-6.4	38680.2
708	7.46667	COMB5	-8229.6	3075.24	-6.4	37493.18
708	7.93333	COMB5	-8229.6	4138.49	-6.4	35809.98
708	8.4	COMB5	-8229.6	5201.75	-6.4	33630.59
708	8.4	COMB5	-8249.73	8836.95	-6.4	33630.27
708	8.86667	COMB5	-8249.73	9900.2	-6.4	29258.27
708	9.33333	COMB5	-8249.73	10963.45	-6.4	24390.08
708	9.8	COMB5	-8249.73	12004.8	-6.4	19028.27
708	10.26667	COMB5	-8249.73	12970.71	-6.4	13197.62
708	10.73333	COMB5	-8249.73	13858.75	-6.4	6934.38
708	11.2	COMB5	-8249.73	14668.91	-6.4	274.9
708	11.66667	COMB5	-8249.73	15401.2	-6.4	-6744.49
708	12.13333	COMB5	-8249.73	16055.61	-6.4	-14087.44
708	12.6	COMB5	-8249.73	16632.15	-6.4	-21717.61
708	0	COMB6	-10246.62	-14824.69	-21.33	-10448.49
708	0.46667	COMB6	-10246.62	-14248.15	-21.33	-3661.8
708	0.93333	COMB6	-10246.62	-13593.74	-21.33	2837.67
708	1.4	COMB6	-10246.62	-12861.45	-21.33	9013.58
708	1.86667	COMB6	-10246.62	-12051.29	-21.33	14829.58
708	2.33333	COMB6	-10246.62	-11163.26	-21.33	20249.34
708	2.8	COMB6	-10246.62	-10197.35	-21.33	25236.51
708	3.26667	COMB6	-10246.62	-9156	-21.33	29754.84
708	3.73333	COMB6	-10246.62	-8092.74	-21.33	33779.55
708	4.2	COMB6	-10246.62	-7029.49	-21.33	37308.07
708	4.2	COMB6	-10309.61	-3394.29	-21.33	37307
708	4.66667	COMB6	-10309.61	-2331.04	-21.33	38642.91
708	5.13333	COMB6	-10309.61	-1267.78	-21.33	39482.63
708	5.6	COMB6	-10309.61	-204.53	-21.33	39826.17
708	6.06667	COMB6	-10309.61	858.72	-21.33	39673.53
708	6.53333	COMB6	-10309.61	1921.98	-21.33	39024.7
708	7	COMB6	-10309.61	2985.23	-21.33	37879.68

708	7.46667	COMB6	-10309.61	4048.48	-21.33	36238.48
708	7.93333	COMB6	-10309.61	5111.74	-21.33	34101.09
708	8.4	COMB6	-10309.61	6174.99	-21.33	31467.52
708	8.4	COMB6	-10371.57	9810.19	-21.33	31466.44
708	8.86667	COMB6	-10371.57	10873.44	-21.33	26640.26
708	9.33333	COMB6	-10371.57	11936.7	-21.33	21317.89
708	9.8	COMB6	-10371.57	12978.05	-21.33	15501.89
708	10.26667	COMB6	-10371.57	13943.96	-21.33	9217.06
708	10.73333	COMB6	-10371.57	14832	-21.33	2499.65
708	11.2	COMB6	-10371.57	15642.16	-21.33	-4614.02
708	11.66667	COMB6	-10371.57	16374.44	-21.33	-12087.59
708	12.13333	COMB6	-10371.57	17028.85	-21.33	-19884.72
708	12.6	COMB6	-10371.57	17605.39	-21.33	-27969.07
708	0	COMB7	-5513.98	-12391.7	-1.243E-14	-14400.3
708	0.46667	COMB7	-5513.98	-11917.01	-1.243E-14	-8726.19
708	0.93333	COMB7	-5513.98	-11388.95	-1.243E-14	-3286.06
708	1.4	COMB7	-5513.98	-10807.52	-1.243E-14	1895.2
708	1.86667	COMB7	-5513.98	-10172.72	-1.243E-14	6792.66
708	2.33333	COMB7	-5513.98	-9484.54	-1.243E-14	11381.43
708	2.8	COMB7	-5513.98	-8742.99	-1.243E-14	15636.6
708	3.26667	COMB7	-5513.98	-7949.73	-1.243E-14	19533.32
708	3.73333	COMB7	-5513.98	-7141.47	-1.243E-14	23054.6
708	4.2	COMB7	-5513.98	-6333.2	-1.243E-14	26198.68
708	4.2	COMB7	-5514.97	-3637.2	6.217E-14	26198.68
708	4.66667	COMB7	-5514.97	-2828.93	6.217E-14	27707.45
708	5.13333	COMB7	-5514.97	-2020.67	6.217E-14	28839.02
708	5.6	COMB7	-5514.97	-1212.4	6.217E-14	29593.4
708	6.06667	COMB7	-5514.97	-404.13	6.217E-14	29970.59
708	6.53333	COMB7	-5514.97	404.13	6.217E-14	29970.59
708	7	COMB7	-5514.97	1212.4	6.217E-14	29593.4
708	7.46667	COMB7	-5514.97	2020.67	6.217E-14	28839.02
708	7.93333	COMB7	-5514.97	2828.93	6.217E-14	27707.45
708	8.4	COMB7	-5514.97	3637.2	6.217E-14	26198.68
708	8.4	COMB7	-5513.98	6333.2	5.684E-14	26198.68
708	8.86667	COMB7	-5513.98	7141.47	5.684E-14	23054.6
708	9.33333	COMB7	-5513.98	7949.73	5.684E-14	19533.32
708	9.8	COMB7	-5513.98	8742.99	5.684E-14	15636.6
708	10.26667	COMB7	-5513.98	9484.54	5.684E-14	11381.43
708	10.73333	COMB7	-5513.98	10172.72	5.684E-14	6792.66
708	11.2	COMB7	-5513.98	10807.52	5.684E-14	1895.2
708	11.66667	COMB7	-5513.98	11388.95	5.684E-14	-3286.06
708	12.13333	COMB7	-5513.98	11917.01	5.684E-14	-8726.19
708	12.6	COMB7	-5513.98	12391.7	5.684E-14	-14400.3
709	0	COMB5	-8186.93	-15771.88	-5.24	-16295.76
709	0.46667	COMB5	-8186.93	-15195.34	-5.24	-9067.05
709	0.93333	COMB5	-8186.93	-14540.93	-5.24	-2125.56

709	1.4	COMB5	-8186.93	-13808.64	-5.24	4492.37
709	1.86667	COMB5	-8186.93	-12998.48	-5.24	10750.39
709	2.33333	COMB5	-8186.93	-12110.45	-5.24	16612.17
709	2.8	COMB5	-8186.93	-11144.54	-5.24	22041.36
709	3.26667	COMB5	-8186.93	-10103.19	-5.24	27001.72
709	3.73333	COMB5	-8186.93	-9039.93	-5.24	31468.45
709	4.2	COMB5	-8186.93	-7976.68	-5.24	35438.99
709	4.2	COMB5	-8234.08	-4341.48	-5.24	35437.09
709	4.66667	COMB5	-8234.08	-3278.23	-5.24	37215.02
709	5.13333	COMB5	-8234.08	-2214.97	-5.24	38496.77
709	5.6	COMB5	-8234.08	-1151.72	-5.24	39282.33
709	6.06667	COMB5	-8234.08	-88.47	-5.24	39571.71
709	6.53333	COMB5	-8234.08	974.79	-5.24	39364.9
709	7	COMB5	-8234.08	2038.04	-5.24	38661.91
709	7.46667	COMB5	-8234.08	3101.29	-5.24	37462.73
709	7.93333	COMB5	-8234.08	4164.55	-5.24	35767.36
709	8.4	COMB5	-8234.08	5227.8	-5.24	33575.82
709	8.4	COMB5	-8281.7	8863	-5.24	33573.95
709	8.86667	COMB5	-8281.7	9926.25	-5.24	29189.79
709	9.33333	COMB5	-8281.7	10989.51	-5.24	24309.44
709	9.8	COMB5	-8281.7	12030.86	-5.24	18935.47
709	10.26667	COMB5	-8281.7	12996.77	-5.24	13092.66
709	10.73333	COMB5	-8281.7	13884.8	-5.24	6817.27
709	11.2	COMB5	-8281.7	14694.97	-5.24	145.62
709	11.66667	COMB5	-8281.7	15427.25	-5.24	-6885.92
709	12.13333	COMB5	-8281.7	16081.66	-5.24	-14241.03
709	12.6	COMB5	-8281.7	16658.2	-5.24	-21883.36
709	0	COMB6	-10160.38	-14737.84	-17.47	-9895.75
709	0.46667	COMB6	-10160.38	-14161.3	-17.47	-3149.59
709	0.93333	COMB6	-10160.38	-13506.89	-17.47	3309.34
709	1.4	COMB6	-10160.38	-12774.6	-17.47	9444.72
709	1.86667	COMB6	-10160.38	-11964.44	-17.47	15220.19
709	2.33333	COMB6	-10160.38	-11076.4	-17.47	20599.42
709	2.8	COMB6	-10160.38	-10110.49	-17.47	25546.06
709	3.26667	COMB6	-10160.38	-9069.14	-17.47	30023.86
709	3.73333	COMB6	-10160.38	-8005.89	-17.47	34008.04
709	4.2	COMB6	-10160.38	-6942.64	-17.47	37496.03
709	4.2	COMB6	-10321.35	-3307.44	-17.47	37490.13
709	4.66667	COMB6	-10321.35	-2244.18	-17.47	38785.5
709	5.13333	COMB6	-10321.35	-1180.93	-17.47	39584.7
709	5.6	COMB6	-10321.35	-117.68	-17.47	39887.71
709	6.06667	COMB6	-10321.35	945.58	-17.47	39694.53
709	6.53333	COMB6	-10321.35	2008.83	-17.47	39005.17
709	7	COMB6	-10321.35	3072.08	-17.47	37819.62
709	7.46667	COMB6	-10321.35	4135.34	-17.47	36137.89
709	7.93333	COMB6	-10321.35	5198.59	-17.47	33959.97

709	8.4	COMB6	-10321.35	6261.84	-17.47	31285.87
709	8.4	COMB6	-10476.28	9897.04	-17.47	31279.21
709	8.86667	COMB6	-10476.28	10960.3	-17.47	26412.5
709	9.33333	COMB6	-10476.28	12023.55	-17.47	21049.6
709	9.8	COMB6	-10476.28	13064.9	-17.47	15193.07
709	10.26667	COMB6	-10476.28	14030.81	-17.47	8867.71
709	10.73333	COMB6	-10476.28	14918.85	-17.47	2109.76
709	11.2	COMB6	-10476.28	15729.01	-17.47	-5044.43
709	11.66667	COMB6	-10476.28	16461.29	-17.47	-12558.53
709	12.13333	COMB6	-10476.28	17115.71	-17.47	-20396.19
709	12.6	COMB6	-10476.28	17692.24	-17.47	-28521.07
709	0	COMB7	-5514.19	-12391.7	5.329E-14	-14400.43
709	0.46667	COMB7	-5514.19	-11917.01	5.329E-14	-8726.32
709	0.93333	COMB7	-5514.19	-11388.95	5.329E-14	-3286.19
709	1.4	COMB7	-5514.19	-10807.52	5.329E-14	1895.07
709	1.86667	COMB7	-5514.19	-10172.72	5.329E-14	6792.53
709	2.33333	COMB7	-5514.19	-9484.54	5.329E-14	11381.3
709	2.8	COMB7	-5514.19	-8742.99	5.329E-14	15636.46
709	3.26667	COMB7	-5514.19	-7949.73	5.329E-14	19533.18
709	3.73333	COMB7	-5514.19	-7141.47	5.329E-14	23054.46
709	4.2	COMB7	-5514.19	-6333.2	5.329E-14	26198.55
709	4.2	COMB7	-5515.25	-3637.2	-8.349E-14	26198.41
709	4.66667	COMB7	-5515.25	-2828.93	-8.349E-14	27707.17
709	5.13333	COMB7	-5515.25	-2020.67	-8.349E-14	28838.75
709	5.6	COMB7	-5515.25	-1212.4	-8.349E-14	29593.13
709	6.06667	COMB7	-5515.25	-404.13	-8.349E-14	29970.32
709	6.53333	COMB7	-5515.25	404.13	-8.349E-14	29970.32
709	7	COMB7	-5515.25	1212.4	-8.349E-14	29593.13
709	7.46667	COMB7	-5515.25	2020.67	-8.349E-14	28838.75
709	7.93333	COMB7	-5515.25	2828.93	-8.349E-14	27707.17
709	8.4	COMB7	-5515.25	3637.2	-8.349E-14	26198.41
709	8.4	COMB7	-5514.19	6333.2	-4.086E-14	26198.55
709	8.86667	COMB7	-5514.19	7141.47	-4.086E-14	23054.46
709	9.33333	COMB7	-5514.19	7949.73	-4.086E-14	19533.18
709	9.8	COMB7	-5514.19	8742.99	-4.086E-14	15636.46
709	10.26667	COMB7	-5514.19	9484.54	-4.086E-14	11381.3
709	10.73333	COMB7	-5514.19	10172.72	-4.086E-14	6792.53
709	11.2	COMB7	-5514.19	10807.52	-4.086E-14	1895.07
709	11.66667	COMB7	-5514.19	11388.95	-4.086E-14	-3286.19
709	12.13333	COMB7	-5514.19	11917.01	-4.086E-14	-8726.32
709	12.6	COMB7	-5514.19	12391.7	-4.086E-14	-14400.43
731	0	COMB5	-74.29	-1043.34	-24.56	282.47
731	0.46667	COMB5	-74.29	-805.61	-24.56	719.84
731	0.93333	COMB5	-74.29	-414.98	-24.56	1010.59
731	1.4	COMB5	-74.29	85.55	-24.56	1088.39
731	1.86667	COMB5	-74.29	590.85	-24.56	930.56

731	2.33333	COMB5	-74.29	1096.16	-24.56	536.92
731	2.8	COMB5	-74.29	1601.47	-24.56	-92.52
731	3.26667	COMB5	-74.29	2102	-24.56	-957.59
731	3.73333	COMB5	-74.29	2492.63	-24.56	-2035.62
731	4.2	COMB5	-74.29	2730.36	-24.56	-3260.26
731	0	COMB6	-1280.12	663.42	-5.4	3796.35
731	0.46667	COMB6	-1280.12	901.15	-5.4	3437.23
731	0.93333	COMB6	-1280.12	1291.78	-5.4	2931.49
731	1.4	COMB6	-1280.12	1792.31	-5.4	2212.8
731	1.86667	COMB6	-1280.12	2297.62	-5.4	1258.48
731	2.33333	COMB6	-1280.12	2802.92	-5.4	68.36
731	2.8	COMB6	-1280.12	3308.23	-5.4	-1357.58
731	3.26667	COMB6	-1280.12	3808.76	-5.4	-3019.14
731	3.73333	COMB6	-1280.12	4199.39	-5.4	-4893.65
731	4.2	COMB6	-1280.12	4437.12	-5.4	-6914.79
731	0	COMB7	350.29	-1162.17	3.41	-775.78
731	0.46667	COMB7	350.29	-985.67	3.41	-271.34
731	0.93333	COMB7	350.29	-724.96	3.41	131.08
731	1.4	COMB7	350.29	-403.72	3.41	394.95
731	1.86667	COMB7	350.29	-79.85	3.41	507.78
731	2.33333	COMB7	350.29	244.01	3.41	469.48
731	2.8	COMB7	350.29	567.88	3.41	280.04
731	3.26667	COMB7	350.29	889.11	3.41	-60.44
731	3.73333	COMB7	350.29	1149.82	3.41	-539.46
731	4.2	COMB7	350.29	1326.33	3.41	-1120.51
732	0	COMB5	-735.42	-1319.78	-227.82	-579.6
732	0.46667	COMB5	-735.42	-1100.09	-227.82	-10.42
732	0.93333	COMB5	-735.42	-763.6	-227.82	428.99
732	1.4	COMB5	-735.42	-343.14	-227.82	687.93
732	1.86667	COMB5	-735.42	80.97	-227.82	749.11
732	2.33333	COMB5	-735.42	505.07	-227.82	612.37
732	2.8	COMB5	-735.42	929.18	-227.82	277.71
732	3.26667	COMB5	-735.42	1349.64	-227.82	-254.73
732	3.73333	COMB5	-735.42	1686.14	-227.82	-967.62
732	4.2	COMB5	-735.42	1905.82	-227.82	-1810.28
732	0	COMB6	-884.72	-507.56	-104.8	1044.67
732	0.46667	COMB6	-884.72	-287.87	-104.8	1234.82
732	0.93333	COMB6	-884.72	48.63	-104.8	1295.18
732	1.4	COMB6	-884.72	469.08	-104.8	1175.09
732	1.86667	COMB6	-884.72	893.19	-104.8	857.23
732	2.33333	COMB6	-884.72	1317.3	-104.8	341.45
732	2.8	COMB6	-884.72	1741.4	-104.8	-372.24
732	3.26667	COMB6	-884.72	2161.86	-104.8	-1283.72
732	3.73333	COMB6	-884.72	2498.36	-104.8	-2375.64
732	4.2	COMB6	-884.72	2718.04	-104.8	-3597.34
732	0	COMB7	-587.47	-1262.44	-40.74	-966.99

732	0.46667	COMB7	-587.47	-1088.01	-40.74	-415.44
732	0.93333	COMB7	-587.47	-833.52	-40.74	36.03
732	1.4	COMB7	-587.47	-521.49	-40.74	352.68
732	1.86667	COMB7	-587.47	-206.95	-40.74	522.65
732	2.33333	COMB7	-587.47	107.58	-40.74	545.84
732	2.8	COMB7	-587.47	422.11	-40.74	422.24
732	3.26667	COMB7	-587.47	734.15	-40.74	151.96
732	3.73333	COMB7	-587.47	988.64	-40.74	-253.13
732	4.2	COMB7	-587.47	1163.06	-40.74	-758.31
733	0	COMB5	-9288.79	-15664.75	-5.72	-15617.7
733	0.46667	COMB5	-9288.79	-15088.21	-5.72	-8438.98
733	0.93333	COMB5	-9288.79	-14433.8	-5.72	-1547.48
733	1.4	COMB5	-9288.79	-13701.51	-5.72	5020.46
733	1.86667	COMB5	-9288.79	-12891.35	-5.72	11228.49
733	2.33333	COMB5	-9288.79	-12003.32	-5.72	17040.27
733	2.8	COMB5	-9288.79	-11037.41	-5.72	22419.47
733	3.26667	COMB5	-9288.79	-9996.06	-5.72	27329.84
733	3.73333	COMB5	-9288.79	-8932.8	-5.72	31746.57
733	4.2	COMB5	-9288.79	-7869.55	-5.72 ..	35667.12
733	4.2	COMB5	-9076.88	-4234.35	-5.72	35660.8
733	4.66667	COMB5	-9076.88	-3171.1	-5.72	37388.73
733	5.13333	COMB5	-9076.88	-2107.84	-5.72	38620.49
733	5.6	COMB5	-9076.88	-1044.59	-5.72	39356.05
733	6.06667	COMB5	-9076.88	18.66	-5.72	39595.44
733	6.53333	COMB5	-9076.88	1081.92	-5.72	39338.64
733	7	COMB5	-9076.88	2145.17	-5.72	38585.65
733	7.46667	COMB5	-9076.88	3208.42	-5.72	37336.48
733	7.93333	COMB5	-9076.88	4271.68	-5.72	35591.12
733	8.4	COMB5	-9076.88	5334.93	-5.72	33349.58
733	8.4	COMB5	-8866.31	8970.13	-5.72	33360.16
733	8.86667	COMB5	-8866.31	10033.38	-5.72	28926.01
733	9.33333	COMB5	-8866.31	11096.64	-5.72	23995.67
733	9.8	COMB5	-8866.31	12137.99	-5.72	18571.71
733	10.26667	COMB5	-8866.31	13103.9	-5.72	12678.9
733	10.73333	COMB5	-8866.31	13991.93	-5.72	6353.51
733	11.2	COMB5	-8866.31	14802.09	-5.72	-368.12
733	11.66667	COMB5	-8866.31	15534.38	-5.72	-7449.66
733	12.13333	COMB5	-8866.31	16188.79	-5.72	-14854.76
733	12.6	COMB5	-8866.31	16765.33	-5.72	-22547.09
733	0	COMB6	-13828.97	-14380.74	-19.08	-7620.98
733	0.46667	COMB6	-13828.97	-13804.2	-19.08	-1041.46
733	0.93333	COMB6	-13828.97	-13149.79	-19.08	5250.83
733	1.4	COMB6	-13828.97	-12417.5	-19.08	11219.56
733	1.86667	COMB6	-13828.97	-11607.34	-19.08	16828.39
733	2.33333	COMB6	-13828.97	-10719.31	-19.08	22040.97
733	2.8	COMB6	-13828.97	-9753.4	-19.08	26820.96

733	3.26667	COMB6	-13828.97	-8712.05	-19.08	31132.12
733	3.73333	COMB6	-13828.97	-7648.79	-19.08	34949.65
733	4.2	COMB6	-13828.97	-6585.54	-19.08	38270.99
733	4.2	COMB6	-13122.43	-2950.34	-19.08	38269.94
733	4.66667	COMB6	-13122.43	-1887.09	-19.08	39398.68
733	5.13333	COMB6	-13122.43	-823.83	-19.08	40031.22
733	5.6	COMB6	-13122.43	239.42	-19.08	40167.59
733	6.06667	COMB6	-13122.43	1302.67	-19.08	39807.76
733	6.53333	COMB6	-13122.43	2365.93	-19.08	38951.76
733	7	COMB6	-13122.43	3429.18	-19.08	37599.56
733	7.46667	COMB6	-13122.43	4492.43	-19.08	35751.19
733	7.93333	COMB6	-13122.43	5555.69	-19.08	33406.63
733	8.4	COMB6	-13122.43	6618.94	-19.08	30565.88
733	8.4	COMB6	-12420.71	10254.14	-19.08	30581.15
733	8.86667	COMB6	-12420.71	11317.39	-19.08	25547.79
733	9.33333	COMB6	-12420.71	12380.65	-19.08	20018.24
733	9.8	COMB6	-12420.71	13422	-19.08	13995.07
733	10.26667	COMB6	-12420.71	14387.91	-19.08	7503.07
733	10.73333	COMB6	-12420.71	15275.94	-19.08	578.47
733	11.2	COMB6	-12420.71	16086.11	-19.08	-6742.37
733	11.66667	COMB6	-12420.71	16818.39	-19.08	-14423.11
733	12.13333	COMB6	-12420.71	17472.8	-19.08	-22427.42
733	12.6	COMB6	-12420.71	18049.34	-19.08	-30718.95
733	0	COMB7	-5511.77	-12391.7	-2.132E-14	-14405.1
733	0.46667	COMB7	-5511.77	-11917.01	-2.132E-14	-8730.99
733	0.93333	COMB7	-5511.77	-11388.95	-2.132E-14	-3290.85
733	1.4	COMB7	-5511.77	-10807.52	-2.132E-14	1890.4
733	1.86667	COMB7	-5511.77	-10172.72	-2.132E-14	6787.86
733	2.33333	COMB7	-5511.77	-9484.54	-2.132E-14	11376.63
733	2.8	COMB7	-5511.77	-8742.99	-2.132E-14	15631.8
733	3.26667	COMB7	-5511.77	-7949.73	-2.132E-14	19528.52
733	3.73333	COMB7	-5511.77	-7141.47	-2.132E-14	23049.8
733	4.2	COMB7	-5511.77	-6333.2	-2.132E-14	26193.89
733	4.2	COMB7	-5513.14	-3637.2	7.461E-14	26187.16
733	4.66667	COMB7	-5513.14	-2828.93	7.461E-14	27695.92
733	5.13333	COMB7	-5513.14	-2020.67	7.461E-14	28827.5
733	5.6	COMB7	-5513.14	-1212.4	7.461E-14	29581.88
733	6.06667	COMB7	-5513.14	-404.13	7.461E-14	29959.07
733	6.53333	COMB7	-5513.14	404.13	7.461E-14	29959.07
733	7	COMB7	-5513.14	1212.4	7.461E-14	29581.88
733	7.46667	COMB7	-5513.14	2020.67	7.461E-14	28827.5
733	7.93333	COMB7	-5513.14	2828.93	7.461E-14	27695.92
733	8.4	COMB7	-5513.14	3637.2	7.461E-14	26187.16
733	8.4	COMB7	-5511.77	6333.2	5.684E-14	26193.89
733	8.86667	COMB7	-5511.77	7141.47	5.684E-14	23049.8
733	9.33333	COMB7	-5511.77	7949.73	5.684E-14	19528.52

733	9.8	COMB7	-5511.77	8742.99	5.684E-14	15631.8
733	10.26667	COMB7	-5511.77	9484.54	5.684E-14	11376.63
733	10.73333	COMB7	-5511.77	10172.72	5.684E-14	6787.86
733	11.2	COMB7	-5511.77	10807.52	5.684E-14	1890.4
733	11.66667	COMB7	-5511.77	11388.95	5.684E-14	-3290.85
733	12.13333	COMB7	-5511.77	11917.01	5.684E-14	-8730.99
733	12.6	COMB7	-5511.77	12391.7	5.684E-14	-14405.1
734	0	COMB5	-8344.63	-15660.49	-6.96	-15854.36
734	0.46667	COMB5	-8344.63	-15083.96	-6.96	-8677.62
734	0.93333	COMB5	-8344.63	-14429.55	-6.96	-1788.11
734	1.4	COMB5	-8344.63	-13697.26	-6.96	4777.84
734	1.86667	COMB5	-8344.63	-12887.1	-6.96	10983.89
734	2.33333	COMB5	-8344.63	-11999.06	-6.96	16793.69
734	2.8	COMB5	-8344.63	-11033.15	-6.96	22170.9
734	3.26667	COMB5	-8344.63	-9991.8	-6.96	27079.28
734	3.73333	COMB5	-8344.63	-8928.55	-6.96	31494.02
734	4.2	COMB5	-8344.63	-7865.29	-6.96	35412.59
734	4.2	COMB5	-8301.13	-4230.09	-6.96	35023.43
734	4.66667	COMB5	-8301.13	-3166.84	-6.96	36749.38
734	5.13333	COMB5	-8301.13	-2103.59	-6.96	37979.14
734	5.6	COMB5	-8301.13	-1040.33	-6.96	38712.73
734	6.06667	COMB5	-8301.13	22.92	-6.96	38950.12
734	6.53333	COMB5	-8301.13	1086.17	-6.96	38691.34
734	7	COMB5	-8301.13	2149.43	-6.96	37936.36
734	7.46667	COMB5	-8301.13	3212.68	-6.96	36685.21
734	7.93333	COMB5	-8301.13	4275.93	-6.96	34937.86
734	8.4	COMB5	-8301.13	5339.19	-6.96	32694.34
734	8.4	COMB5	-8334.37	8974.39	-6.96	33234.08
734	8.86667	COMB5	-8334.37	10037.64	-6.96	28797.95
734	9.33333	COMB5	-8334.37	11100.89	-6.96	23865.62
734	9.8	COMB5	-8334.37	12142.24	-6.96	18439.67
734	10.26667	COMB5	-8334.37	13108.15	-6.96	12544.88
734	10.73333	COMB5	-8334.37	13996.19	-6.96	6217.51
734	11.2	COMB5	-8334.37	14806.35	-6.96	-506.11
734	11.66667	COMB5	-8334.37	15538.64	-6.96	-7589.64
734	12.13333	COMB5	-8334.37	16193.05	-6.96	-14996.73
734	12.6	COMB5	-8334.37	16769.59	-6.96	-22691.04
734	0	COMB6	-11410.11	-14366.56	-23.22	-7910.61
734	0.46667	COMB6	-11410.11	-13790.02	-23.22	-1337.71
734	0.93333	COMB6	-11410.11	-13135.61	-23.22	4947.96
734	1.4	COMB6	-11410.11	-12403.32	-23.22	10910.07
734	1.86667	COMB6	-11410.11	-11593.16	-23.22	16512.28
734	2.33333	COMB6	-11410.11	-10705.12	-23.22	21718.24
734	2.8	COMB6	-11410.11	-9739.21	-23.22	26491.62
734	3.26667	COMB6	-11410.11	-8697.86	-23.22	30796.16
734	3.73333	COMB6	-11410.11	-7634.61	-23.22	34607.07

734	4.2	COMB6	-11410.11	-6571.36	-23.22	37921.79
734	4.2	COMB6	-11380.95	-2936.16	-23.22	37707.21
734	4.66667	COMB6	-11380.95	-1872.9	-23.22	38829.32
734	5.13333	COMB6	-11380.95	-809.65	-23.22	39455.25
734	5.6	COMB6	-11380.95	253.6	-23.22	39584.99
734	6.06667	COMB6	-11380.95	1316.86	-23.22	39218.55
734	6.53333	COMB6	-11380.95	2380.11	-23.22	38355.93
734	7	COMB6	-11380.95	3443.36	-23.22	36997.12
734	7.46667	COMB6	-11380.95	4506.62	-23.22	35142.12
734	7.93333	COMB6	-11380.95	5569.87	-23.22	32790.94
734	8.4	COMB6	-11380.95	6633.12	-23.22	29943.57
734	8.4	COMB6	-11375.91	10268.32	-23.22	30660.12
734	8.86667	COMB6	-11375.91	11331.58	-23.22	25620.14
734	9.33333	COMB6	-11375.91	12394.83	-23.22	20083.98
734	9.8	COMB6	-11375.91	13436.18	-23.22	14054.19
734	10.26667	COMB6	-11375.91	14402.09	-23.22	7555.56
734	10.73333	COMB6	-11375.91	15290.13	-23.22	624.35
734	11.2	COMB6	-11375.91	16100.29	-23.22	-6703.11
734	11.66667	COMB6	-11375.91	16832.57	-23.22	-14390.47
734	12.13333	COMB6	-11375.91	17486.99	-23.22	-22401.4
734	12.6	COMB6	-11375.91	18063.52	-23.22	-30699.55
734	0	COMB7	-5351.77	-12391.7	7.105E-14	-14584.97
734	0.46667	COMB7	-5351.77	-11917.01	7.105E-14	-8910.86
734	0.93333	COMB7	-5351.77	-11388.95	7.105E-14	-3470.73
734	1.4	COMB7	-5351.77	-10807.52	7.105E-14	1710.52
734	1.86667	COMB7	-5351.77	-10172.72	7.105E-14	6607.99
734	2.33333	COMB7	-5351.77	-9484.54	7.105E-14	11196.76
734	2.8	COMB7	-5351.77	-8742.99	7.105E-14	15451.92
734	3.26667	COMB7	-5351.77	-7949.73	7.105E-14	19348.64
734	3.73333	COMB7	-5351.77	-7141.47	7.105E-14	22869.92
734	4.2	COMB7	-5351.77	-6333.2	7.105E-14	26014.01
734	4.2	COMB7	-5349.05	-3637.2	5.684E-14	25662.42
734	4.66667	COMB7	-5349.05	-2828.93	5.684E-14	27171.18
734	5.13333	COMB7	-5349.05	-2020.67	5.684E-14	28302.75
734	5.6	COMB7	-5349.05	-1212.4	5.684E-14	29057.14
734	6.06667	COMB7	-5349.05	-404.13	5.684E-14	29434.33
734	6.53333	COMB7	-5349.05	404.13	5.684E-14	29434.33
734	7	COMB7	-5349.05	1212.4	5.684E-14	29057.14
734	7.46667	COMB7	-5349.05	2020.67	5.684E-14	28302.75
734	7.93333	COMB7	-5349.05	2828.93	5.684E-14	27171.18
734	8.4	COMB7	-5349.05	3637.2	5.684E-14	25662.42
734	8.4	COMB7	-5351.77	6333.2	-7.105E-14	26014.01
734	8.86667	COMB7	-5351.77	7141.47	-7.105E-14	22869.92
734	9.33333	COMB7	-5351.77	7949.73	-7.105E-14	19348.64
734	9.8	COMB7	-5351.77	8742.99	-7.105E-14	15451.92
734	10.26667	COMB7	-5351.77	9484.54	-7.105E-14	11196.76

734	10.73333	COMB7	-5351.77	10172.72	-7.105E-14	6607.99
734	11.2	COMB7	-5351.77	10807.52	-7.105E-14	1710.52
734	11.66667	COMB7	-5351.77	11388.95	-7.105E-14	-3470.73
734	12.13333	COMB7	-5351.77	11917.01	-7.105E-14	-8910.86
734	12.6	COMB7	-5351.77	12391.7	-7.105E-14	-14584.97

Lampiran III

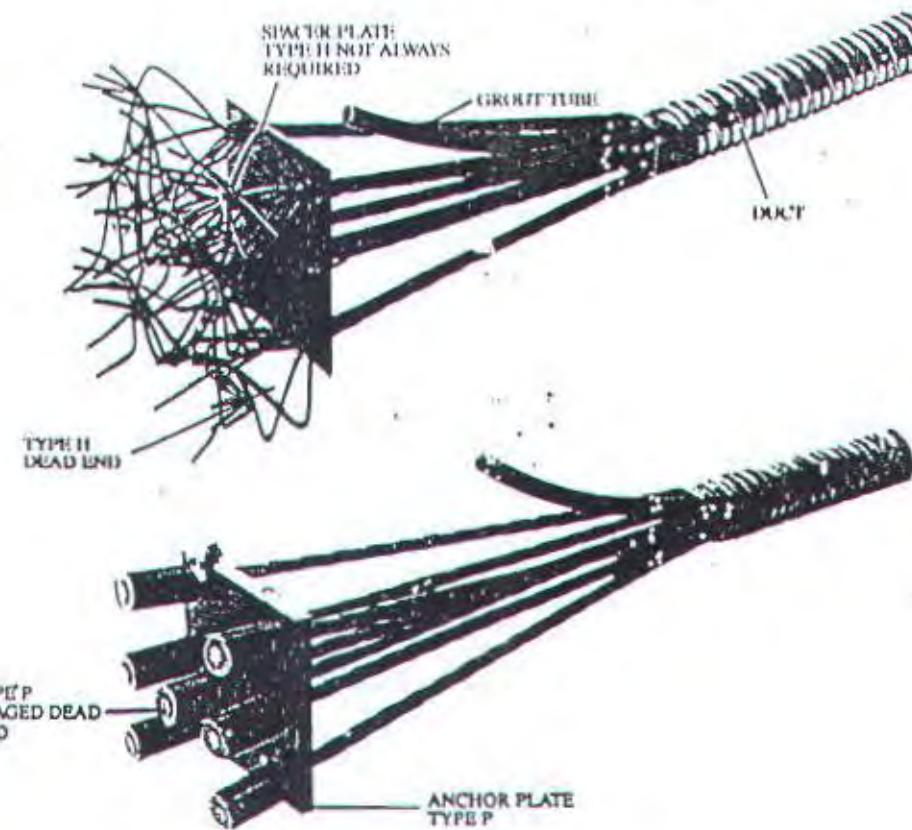
PERENCANAAN BALOK PRATEKAN

Strand 270 ksi diameter $\frac{V_1}{2}$ in.

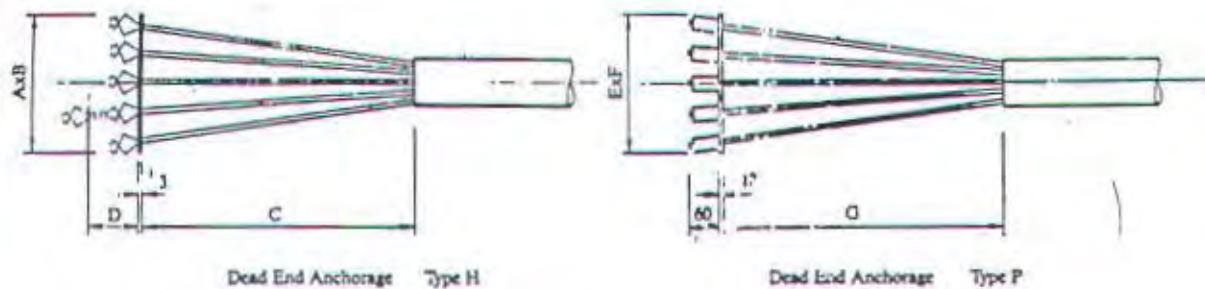
Unit	Jumlah Strand	Luas Baja (in. ²)	Berat (lb/ft)	Diameter Selongsong Dalam Inci		Temp. Maks Gaya 2.5 f _{pu} (°F)	Gaya Awal 0.7 f _{pu} (k)
				Pipa log+m Lentur (D.)	Pipa Dinding Tipis Tegar (S.D.)		
E5-3	2	0,306	1,050	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	66,1	57,8
	3	0,459	1,575	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	99,1	86,7
E5-4	4	0,612	2,100	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	132,2	115,6
E5-7	5	0,765	2,625	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	165,2	144,5
	6	0,918	3,150	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	195,2	173,5
	7	1,071	3,675	2	2 $\frac{1}{4}$	231,3	202,4
E5-12	8	1,224	4,200	2	2 $\frac{1}{4}$	264,3	231,3
	9	1,377	4,725	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	297,4	260,2
	10	1,530	5,250	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	330,4	289,1
	11	1,683	5,775	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	363,4	318,0
	12	1,836	6,300	2 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	396,5	346,9
E5-19	13	1,989	6,825	2 $\frac{1}{4}$	3	429,5	375,8
	14	2,142	7,350	2 $\frac{1}{4}$	3	462,6	404,7
	15	2,295	7,875	2 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	495,6	433,6
	16	2,448	8,400	2 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	528,6	462,6
	17	2,601	8,925	3	3 $\frac{1}{4}$	561,7	491,5
	18	2,754	9,450	3	3 $\frac{1}{4}$	594,7	520,4
	19	2,907	9,975	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	627,8	549,3
E5-22	20	3,060	10,500	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	660,5	573,2
	21	3,213	11,025	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	693,3	607,1
	22	3,366	11,550	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	726,9	636,0
E5-31	23	3,519	12,075	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	759,9	664,9
	24	3,672	12,600	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	793,0	693,8
	25	3,825	13,125	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	826,0	722,7
	26	3,978	13,650	3 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{4}$	859,0	751,7
	27	4,131	14,175	3 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{4}$	892,1	780,5
	28	4,284	14,700	3 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{4}$	925,1	809,5
	29	4,437	15,225	3 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{4}$	958,2	838,4
	30	4,590	15,750	4	4 $\frac{1}{4}$	991,2	867,3
	31	4,743	16,275	4	4 $\frac{1}{4}$	1024,2	896,2
E5-55	35	8,415	25,375	5 $\frac{1}{4}$	6	1317,5	1190,4

71.15 = 0.54 (1000) + 11.445 x 5%

DEAD END ANCHORAGE



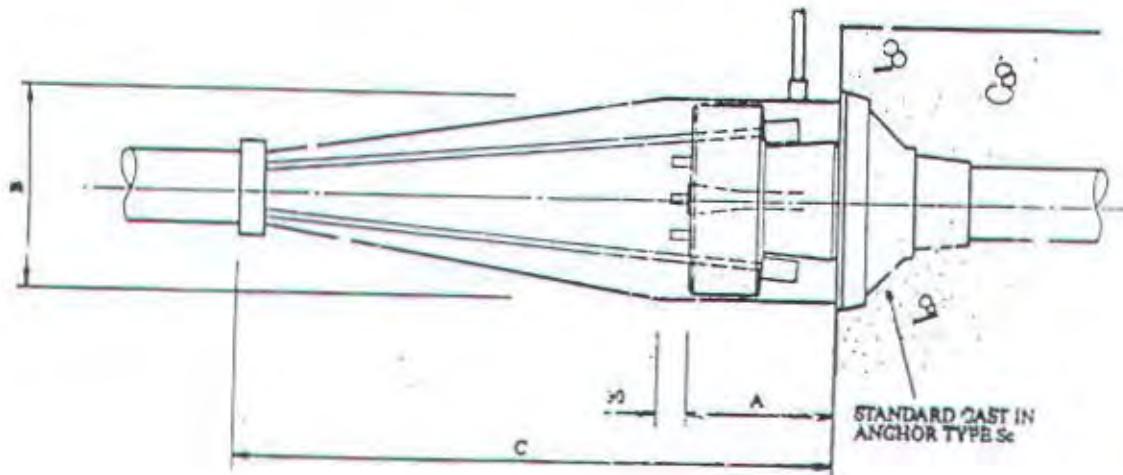
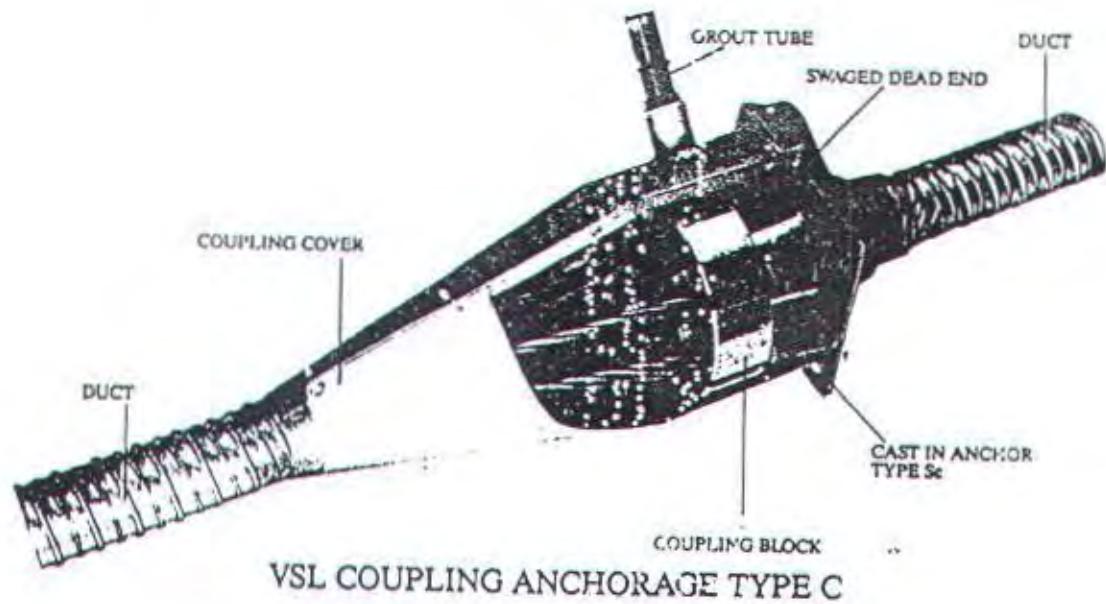
VSL DEAD END ANCHORAGES TYPE H-TYPE P



VSL TYPE H 12.7mm	A	Dimensions (mm)	B	C	D
3H	125	125	600	-	
4H	175	195	600	-	
5H	175	150	600	-	
19H	313	250	1000	150	
19H	313	300	1000	150	
27H	450	400	1000	150	
37H	513	450	1000	150	
44H	643	450	1200	150	
48H	643	500	1200	150	

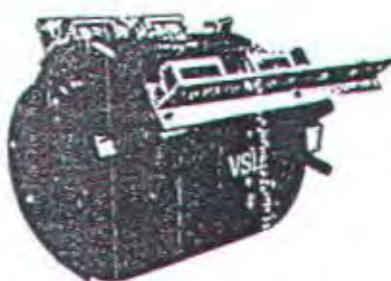
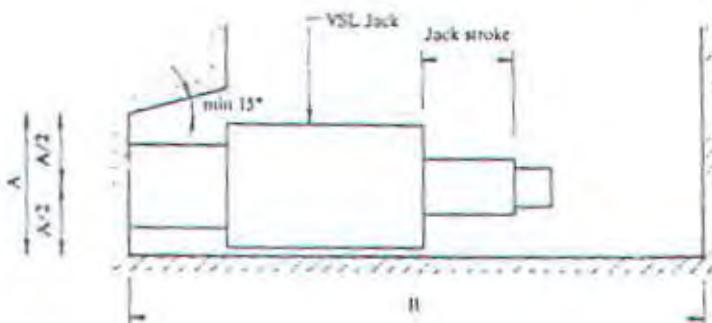
VSL TYPE P 12.7mm	E	Dimensions (mm)	F	G
3P	100	100	100	
4P	150	150	150	
5P	150	150	150	
19P	150	250	300	
24P	400	400	400	
27P	500	500	650	
37P	525	525	650	
44P	575	575	650	
45P	600	400	1000	
55P	625	425	1000	

COUPLING ANCHORAGE

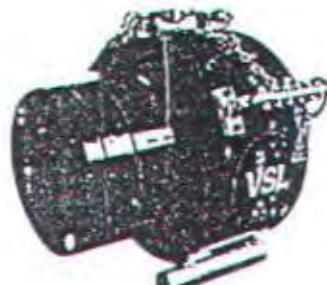


VSL TYPE	A	B	C	C_f characteristic load (kN)
3c	110	140	420	1452
5c	140	170	420	2252
7c	110	180	410	2566
10c	140	200	470	3210
19c	110	240	430	5500
22c	140	260	620	4050
27c	110	300	560	4970
31c	140	300	560	5700
37c	140	90	1000	6810
42c	140	90	1000	7730
48c	150	420	1000	8830
55c	140	100	1000	10120

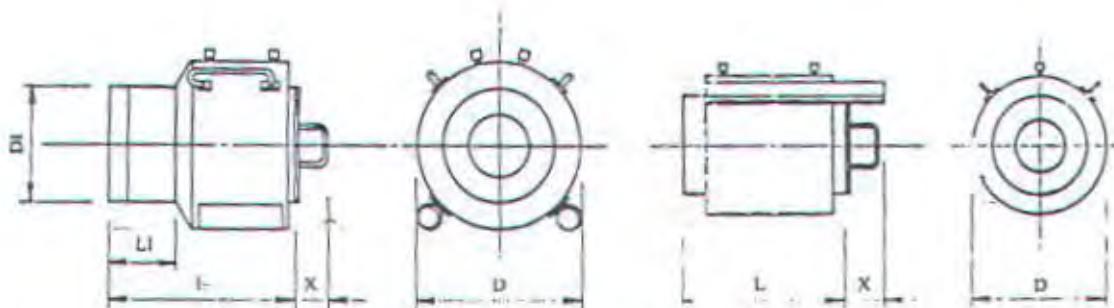
STRESSING JACKS



JACK CLEARANCE REQUIREMENTS



Dimensions (mm)	VSL JACK TYPE					
	VSL50	VSL100	VSL180L	VSL190	VSL190M	VSL290
A	250	325	400	400	450	500
B	1000	1000	1800	1600	1300	1500
VSL460	VSL670	VSL750	VSL1000	VSL1250	VSL1650	VSL1900
A	600	130	200	900	1500	1000
B	1400	2400	2500	2300	2800	1800

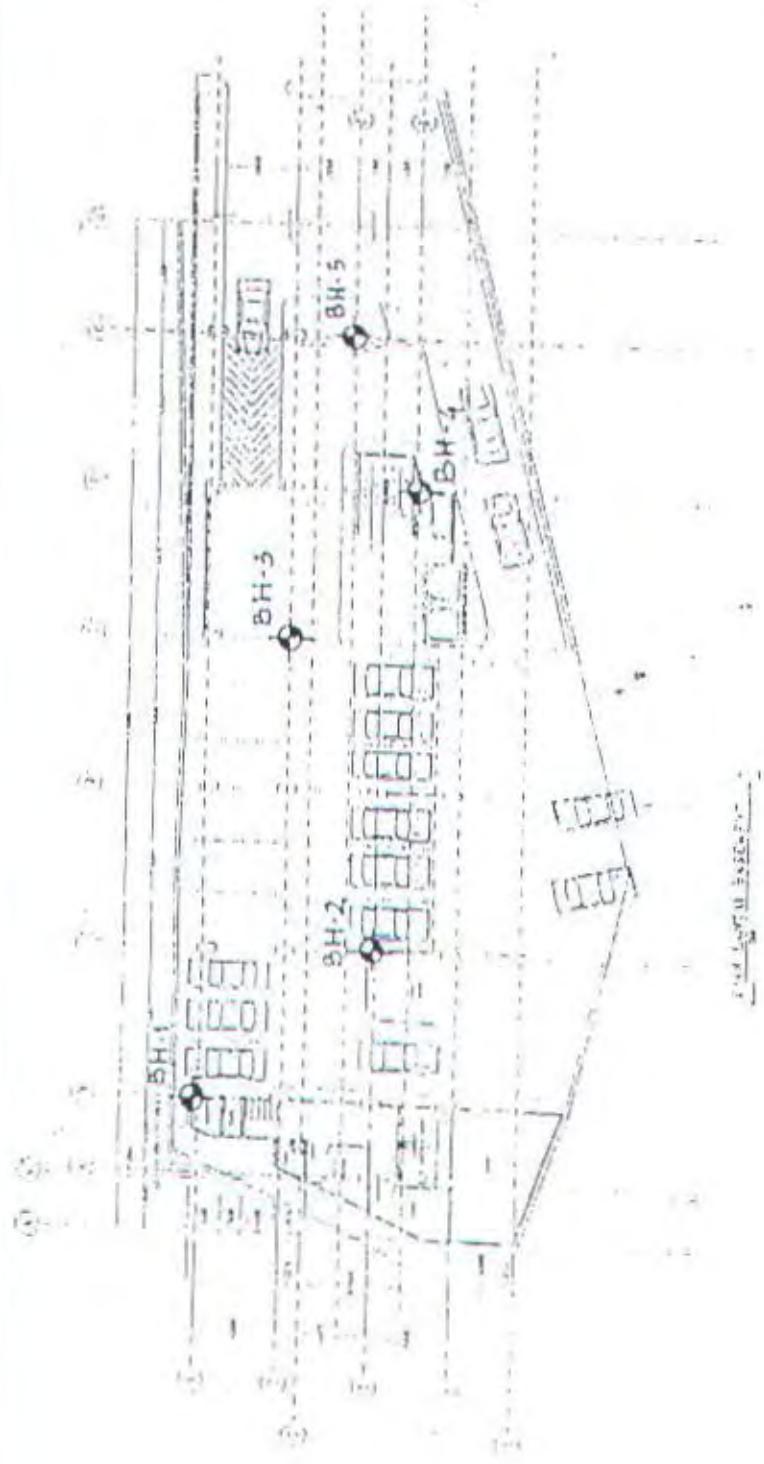


STRESSING JACK DETAILS

VSL JACK TYPE	TENDON TYPE	NOMINAL CAP. (kN)	D	D1	DIMENSIONS (mm)			STROKE (mm)	MASS (kg)
VSL50	164	400	210	-	430	110	110	150	34
VSL100	164	1000	272	272	510	110	110	160	54
VSL180L	17	1800	305	-	713	110	90	205	273
VSL190	19	1900	210	210	930	110	90	100	161
VSL190M	12	1900	350	-	440	110	90	140	160
VSL1250	19	12500	830	970	2400	1140	230	100	450
VSL460	31	4600	485	330	510	210	85	100	143
VSL670	41	6700	650	-	1260	240	165	500	110
VSL750	264	7500	520	410	1030	240	115	165	200
VSL1000	44	10000	920	1130	1130	1130	160	200	270
VSL1250	35	12500	710	420	1125	1992	210	150	730
VSL1650	46	16500	630	600	1310	210	165	150	143
VSL1900	91	19000	875	-	1030	210	165	150	306

Lampiran IV

PERENCANAAN PONDASI



A.1. LETAK TITIK-TITIK BORING

TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.BL.1, BORING LOG

BOREHOLE P.

BH - 1

Hotel Pacific,
Jl. A. Yani, Balikpapan

COORDINATE

DEPTH

-30 m

UPRIGHT WATER LEVEL

+0.70 m

SOIL DESCRIPTION

STANDARD

GROUND SURFACE LEVEL

10.90 m

PENETRATION TEST

STRENGTH TEST

ATTERBERG LIMITS

G, C, S_rSand, light brown, fine to coarse
grained, trace silt, looseSand, light grey, fine to coarse
grained, trace silt, looseSand, light brown, fine to coarse
grained, trace silt, mediumSand, light grey, fine to coarse
grained, trace silt, mediumClay and silt, brownish grey
inorganic, little to some sand, still
to hardClay and sand, brownish grey
inorganic, some silt, very stiffClay and silt, brownish grey,
inorganic, trace to some sand,
cemented at some depth, hardSand, light gray, fine to coarse
grained, trace silt, very dense.

End of boring

10 % = Trace

20-25 % = Light

25-50 % = Dense

50-100 % = Very

 = Trivially = SPT = CPT = Standard penetration test value = Internal friction angle, ϕ

U.U = Unconsolidated undrained

C.U = Consolidated undrained

C.D = Consolidated drained

SPT = Standard penetration test value

U.C = Undrained unloading strength value

G = Void ratio, e

C = Plastic limit, %

S_r = Liquid limit, %

Pore water pressure, u

Sieve grain size, d

Consistency



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.BL.2. BORING LOG

BOREHOLE #

BH - 2

PROJECT : Hotel Pacific
 LOCATION : Jl. A. Yani, Balikpapan.

COORDINATE

DEPTH

-30 m

GROUND WATER LEVEL

+9.70 m

GROUND SURFACE LEVEL

+0.00 m

DEPTH: m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST						STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS						GK	GD
		S	I ₁	I ₂	I ₃	M	N ₁	N ₂	P ₁	C	E ₁	E ₂	E ₃	F ₁	F ₂			
0.0	<input checked="" type="checkbox"/> Sand, light brown, fine to coarse grained, trace silt, loose																	
1.0																		
2.0																		
3.0																		
4.0																		
5.0	<input checked="" type="checkbox"/> Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, loamy to medium																	
6.0																		
7.0																		
8.0																		
9.0																		
10.0	<input checked="" type="checkbox"/> Clay and silt, yellowish grey, inorganic, trace to little sand, soft																	
11.0																		
12.0																		
13.0																		
14.0	<input checked="" type="checkbox"/> Clay and silt, grey, inorganic, little to some sand, stiff to very stiff																	
15.0																		
16.0																		
17.0																		
18.0																		
19.0	<input checked="" type="checkbox"/> Clay and sand, brownish grey, inorganic, some silt, very stiff to hard																	
20.0																		
21.0																		
22.0	<input checked="" type="checkbox"/> Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace to little sand, cemented at some depth, hard																	
23.0																		
24.0																		
25.0																		
26.0	<input checked="" type="checkbox"/> Sand and silt, brownish grey, some clay, hard																	
27.0																		
28.0	<input checked="" type="checkbox"/> Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, very dense																	
29.0																		
30.0																		
	End of boring																	

NOTE:

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = Much

= Thin Wall
 = SPT
 = CBR
 ✓ = CBR determined against
 ✓ = Unreinforced concrete
 ✓ = Reinforced concrete

CL = Consolidated Undrained
 CU = Consolidated Undrained
 CD = Consolidated Drained
 SPT = Standard Penetration Test
 CBR = Compressive Bearing Ratio
 G = Gravity
 E₁ = Atterberg Limit Plasticity Index
 E₂ = Atterberg Limit Liquidity Index
 E₃ = Atterberg Limit Shrinkage Index
 F₁ = Saturated Unit Weight
 F₂ = Dry Unit Weight
 G = Specific Gravity
 D = Dry Density
 L = Liquid Limit
 P = Plastic Limit
 S = Shrinkage Limit
 C = Compaction Test
 D = Dry Density
 L = Liquid Limit
 P = Plastic Limit
 S = Shrinkage Limit

TESTANIA ENGINEERING, Inc.

ABL.3 BORING LOG

BII - 3

otel Pasifik,

L. A. Yan, Balikpapan.

1,15 m
+ 0,65 m

GROUND SURFACE LEVEL

INCHES IN FEET

METERS IN FEET

+ 0,65 m

DEPTH .10 m

C/N/H/D/I/A

SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS					S	Os	ed	Sr	
	N ₆₀	T ₃₀	N ₁₀	N ₅	t	HR	S	R	A	B	C	D	E					
Sand, yellowish brown, fine to coarse grained, trace silt																		
Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, loose to medium																		
Clay and silt, brownish grey, inorganic, some sand, medium to stiff									01	0,15	*2	17	37	40	1,62	2,31	0,96	3,00
Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, medium																		
Clay and silt, grey, inorganic, trace to little sand, very stiff to hard									100	0,50	0	24	20	42	+ 31	2,45	0,76	1,12
Clay and silt, brownish grey, inorganic, little to some sand, cemented at some depth, hard																		
Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, very dense																		
End of boring																		

0 to 10 % = Trace

10 to 20 % = Silt

20 to 35 % = Sand

35 to 50 % = Silt

 = Free Water = SPT

S = CBR on unconfined test

e = Unconfined compression test

CL = Unconsolidated unstrained

CL = Consolidated unstrained

CL = Consolidated drained

SPT = Standard penetration test (N₆₀)

CBR = Unconfined compression test

e = Plastic limit %

e = Liquid limit %

e = Dry density g/cm³

e = Specific gravity

e = Shrinkage %

TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.BL.4. BORING LOG

BOREHOLE # BH - 4

SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST						STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS						I	Gs	BD	SI	
	S	I	M	N	R	S	Type	C	O	L	A	N	P	T	V					
Sand, light brown, fine to coarse grained, trace silt, dense.																				
Clay and sand, dark brown, inorganic, some silt, very soft																				
Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, medium																				
Clay and silt, brownish grey, inorganic, some sand, soft							OT	0.13	12	19	10	23	26	17	72	2.62	1.05	120		
							UU	0.48	0	17	35	39	41	10	68	2.67	0.94	100		
Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace to little sand, very stiff to hard																				
Clay and silt, brownish grey, inorganic, little to some sand cemented at some depth, hard																				
Sand, light grey, fine to coarse grained, trace silt, dense.																				
End of boring																				

No 10-14 = Trace

No 16-20 = Little

No 25% = Some

No 50% = A lot

 = Thin Weathered = SPTC = Extension increment, kN/cm
f = Internal friction angle, deg

CU = Unconsolidated undrained

CD = Consolidated undrained

SEI = Standard penetration test, blow count

SC = Specified compression test, 200-2000

= Volume content, %

= Plastic limit, %

= Liquid limit, %

= Soil density, Mg/m³

= Specific gravity

= Voids ratio

INEERING, Inc

A.BL.5. BORING LOG

BOREHOLE # BH - 5

Tipe Tiang
Type of Pile

: Tiang Pancang Beton Pratekan
Prestressed Concrete Pile

Bentuk Penampang
Section

: Bulat Berongga
Round Hollow

Proses Produksi
Manufacturing Process

: Sistin; Sentrifugal
Centrifugal Casted

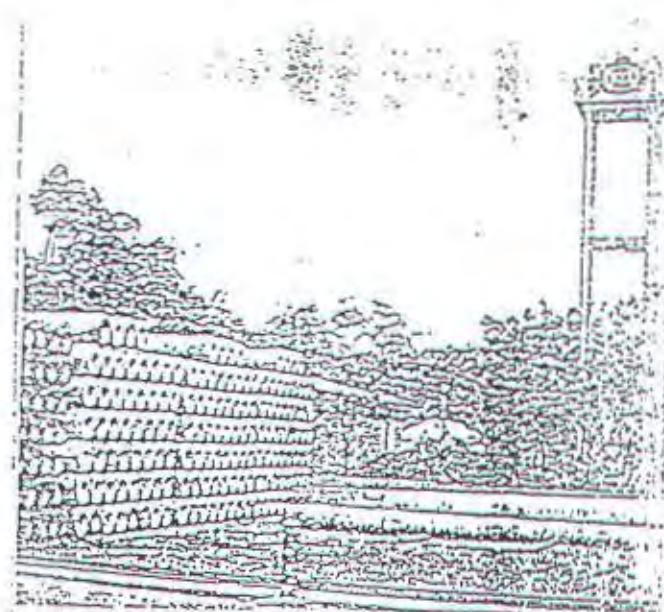
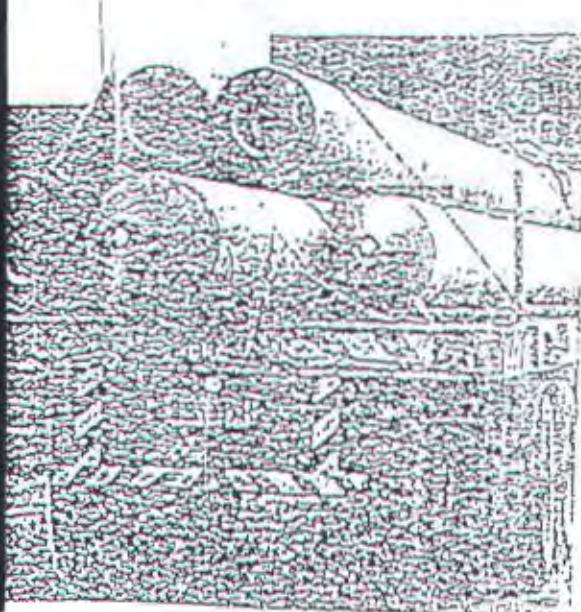
Bahan Standar
Steel

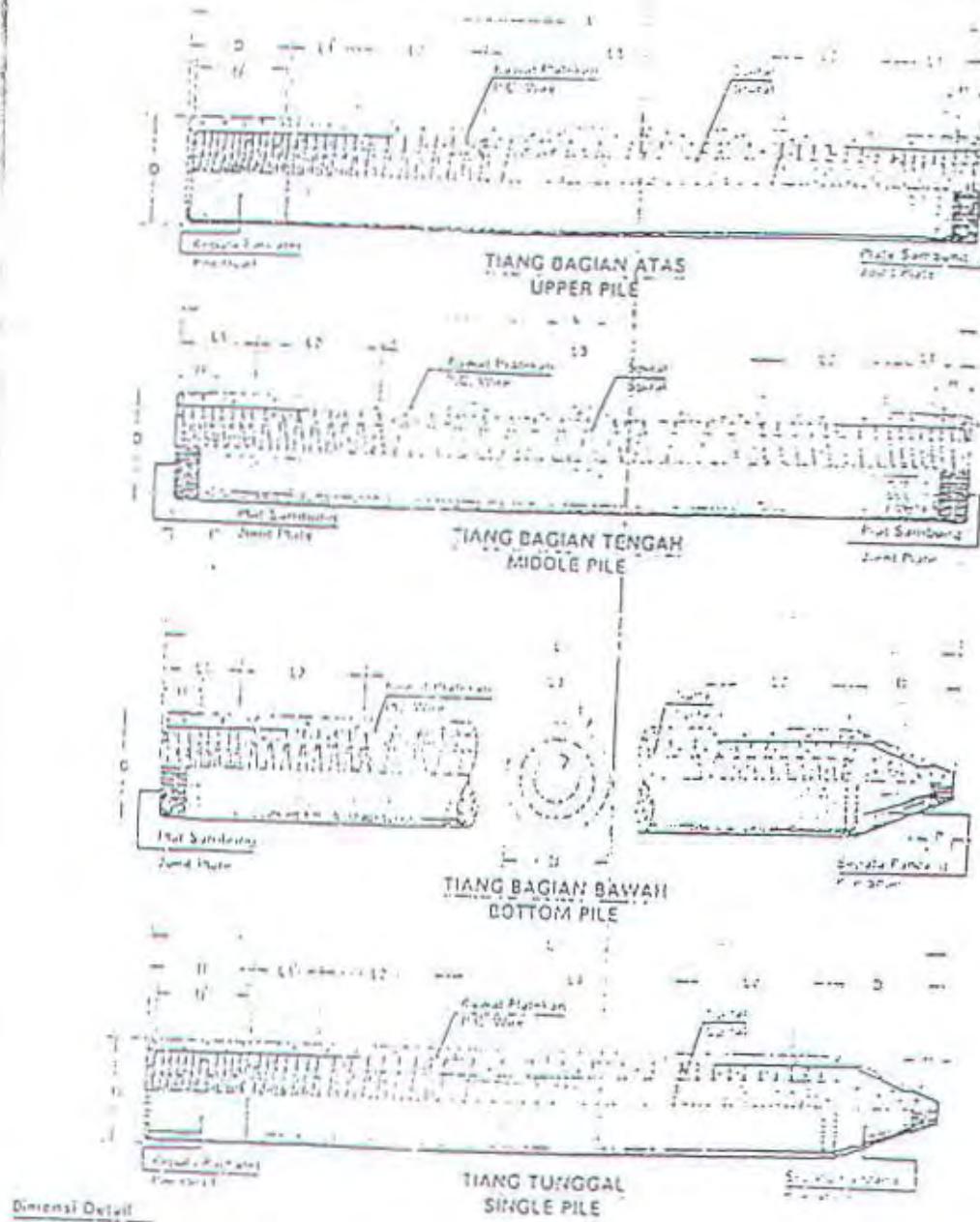
: Plat Sambung baja dilas
Welded steel Joint Plate

Bentuk Standard
Standard Dimension

Diameter (mm)	Total 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	295	6 - 18
600	100	400	6 - 18

*) Kelipatan 1 m
1 m interval

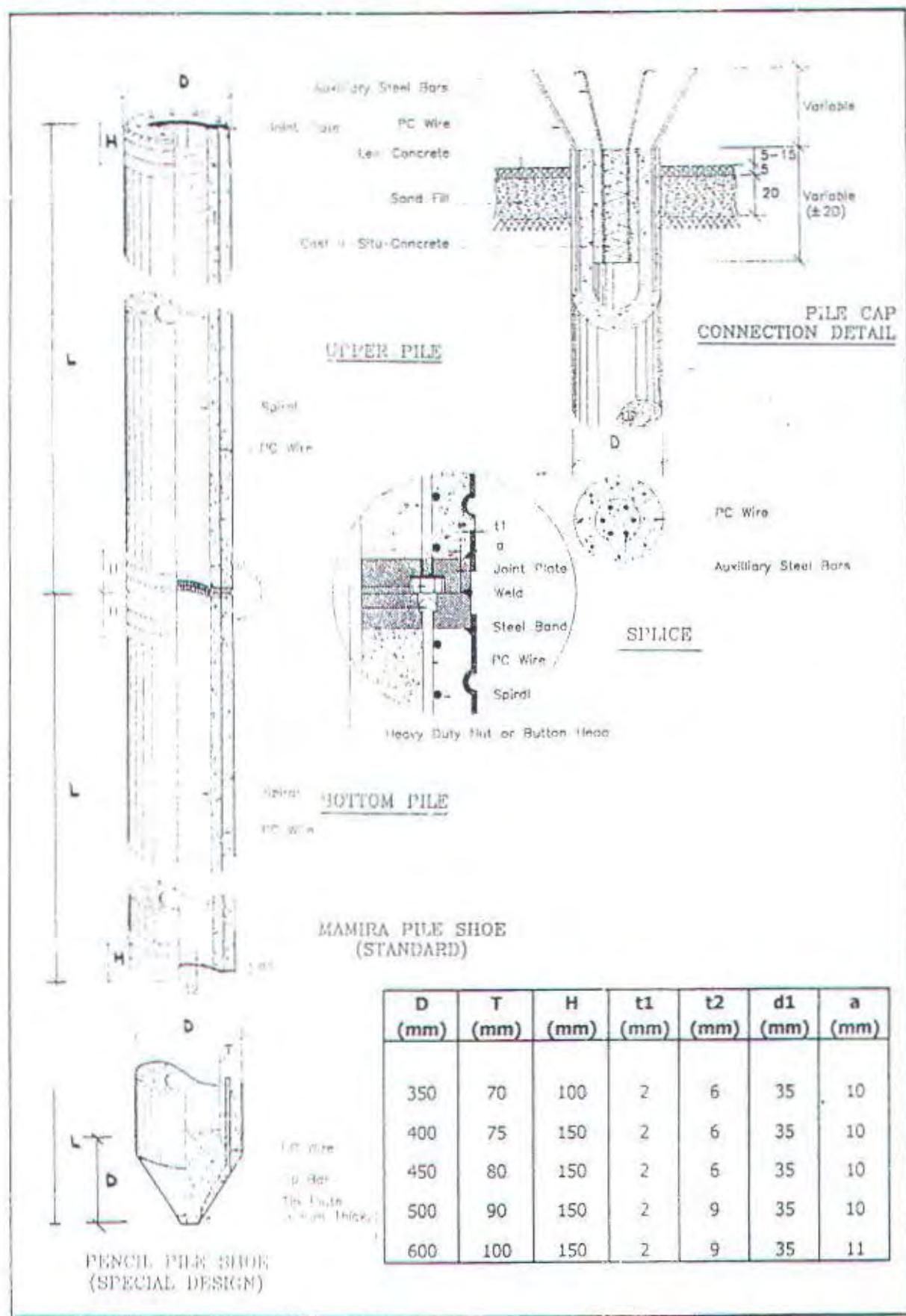


Detail Dimension
Detail Dimension

	200	300	360	450	500	600	630	660	720	L3	75	100
200	30	200	45	250	45	600	63	663	120	L3	75	100
300	30	260	45	300	45	700	60	200	120	L3	75	100
360	(30)	230	45	250	45	520	60	65	120	L3	75	100
450	30	450	45	400	45	500	60	500	120	L3	100	100
500	30	540	45	400	45	1000	60	1000	120	L3	100	100

Bahan khusus dapat dipersiapkan sesuai spesifikasi pembeli
Special design can be prepared according to customer specification

PILE HEAD, SPLICE & SHOE



KA PILE CLASSIFICATION

STEEL

Pile Diameter (mm)	Thick (mm)	Class	PC Wire		Area of Steel (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Effective Prestress (Kgf/cm ²)	Allowable Axial (T)	Bending Moment	
			D(mm)	Numb						Crack (Tfm)	Ult (Tm)
350	70	A1	7	8	3.08	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
		A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.39	4.20	6.30
		B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.07	5.00	9.00
		C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.55	83.26	6.00	12.00
400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
		A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.33	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
450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.40	139.23	7.50	11.25
		A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.15
		A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	136.04	10.00	15.00
			7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	137.79	10.00	15.00
		B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.00
		C	9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00
500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
		A2	7	20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	164.34	12.50	18.75
			9	12	7.63	1159.25	10398.31	56.02	171.63	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	104.53	155.64	17.00	34.00
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	28.00
		A3	9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00
			7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
		B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.10	221.12	25.00	45.00
		C	9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.05	211.60	29.00	58.00

Generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & FBI 71.
Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm² at 28 days.
Axial load is applicable to pile acting as a short strut.

STEEL

Outside
Diameter
(mm)

406.4
406.4
508.0
508.0

609.6
609.6
609.6

609.6
609.6
609.6

711.2
711.2
711.2

711.2
711.2
711.2

812.8
812.8
812.8

812.8
812.8
812.8

914.4
914.4
914.4

914.4
914.4
914.4

1016.7
1016.7
1016.7

1016.7
1016.7
1016.7

1016.7
1016.7
1016.7

1016.7
1016.7
1016.7

1016.7
1016.7
1016.7

Large
requir
Maxim
Maxim