

TUGAS AKHIR
STUDI KASUS PEMASANGAN
BALOK SUSULAN
PADA PORTAL UTAMA
GEDUNG BERTINGKAT



Disusun oleh :

Nama : ARIEF HUSNY FIRDAUS
No. Mhs : 89310001
NIRM : 89 0051013114120 002

Nama : MUHAMAD AFIF
No.Mhs : 89310131
NIRM : 89 0051013114120 124

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997

TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS PEMASANGAN
BALOK SUSULAN
PADA PORTAL UTAMA
GEDUNG BERTINGKAT**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi
Syarat-syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh :

Nama : ARIEF HUSNY FIRDAUS
No. Mhs : 89310001
NIRM : 89 0051013114120 002

Nama : MUHAMAD AFIF
No.Mhs : 89310131
NIRM : 89 0051013114120 124

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS PEMASANGAN BALOK SUSULAN PADA PORTAL UTAMA GEDUNG BERTINGKAT

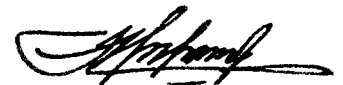
Disusun oleh :

Nama : ARIEF HUSNY FIRDAUS
No. Mhs : 89310001
NIRM : 89 0051013114120 002

Nama : MUHAMAD AFIF
No.Mhs : 89310131
NIRM : 89 0051013114120 124

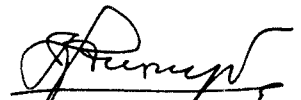
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Moch Teguh, MSCE
Dosen Pembimbing I



Tanggal: 11 - 3 - 1997

Ir.H. Harsoyo, MSc
Dosen Pembimbing II



Tanggal: 11 Maret '97

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur serta sujud terimakasih dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan tugas akhir dengan judul “STUDI KASUS PEMASANGAN BALOK SUSULAN PADA PORTAL UTAMA” ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk meraih gelar kesarjanaan pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan tugas akhir ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya pada kesempatan ini rasa terimakasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada Bapak Ir. Moch Teguh, MSCE. Dan Bapak Ir. H Harsoyo, MSc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberi tambahan ilmu dan meluangkan waktunya untuk membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.

Ucapan dan rasa terimakasih juga disampaikan kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP UII,
3. Seluruh staf pengajar di lingkungan Teknik Sipil FTSP UII. Yang telah menularkan ilmunya,
4. Seluruh karyawan yang telah banyak membantu dalam segala hal,
5. Keluarga tercinta atas dukungan moril dan materiil yang tanpa henti,

6. Seluruh rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, "that's what friends are for".

Semoga Allah swt. membalas semua budi baik tersebut dan semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Syawal 1417 H
Februari 1997

Penyusun

ABSTRAK

Perencanaan struktur yang baik belum tentu menjamin hasil akhir struktur yang baik apabila tidak ditunjang dengan pelaksanaan struktur yang baik juga. Seperti yang terjadi pada proyek pembangunan apartemen “Permata Gandaria” Jakarta. Pada proyek tersebut terjadi kesalahan berupa tertinggalnya satu balok induk pada waktu pengecoran akibat kesalahan “shop drawing” yang tidak sesuai dengan gambar rencana. Pemecahan masalah yang diambil di lapangan adalah dengan memasang balok susulan tetapi pemasangan balok susulan tersebut ternyata tidak memenuhi secara ilmiah. Hal ini dikarenakan kekuatan pengankuran baut pada beton yang sudah mengeras yang mendukung balok susulan dianggap kurang kuat. Pemecahan masalah yang selanjutnya dibahas pada studi kasus ini adalah menganalisis struktur dengan kondisi balok susulan yang telah terlanjur terpasang. Metode yang digunakan dalam analisis dimulai dengan menghitung momen dan gaya lintang yang terjadi dengan Analisis struktur menggunakan program komputer SAP 90. Langkah selanjutnya adalah menganalisis kapasitas tampang elemen struktur. Kemudian dari perbandingan besarnya kapasitas tampang dengan hasil analisis struktur dapat diketahui perilaku elemen struktur setelah mengalami perubahan pembebanan. Solusi yang diambil sebagai alternatif dari pemecahan permasalahan tersebut adalah membatasi beban yang bekerja pada struktur. Beban batas yang diambil berdasar dari kapasitas tampang elemen yang tidak aman yaitu balok anak B-21. Setelah dihitung pada pembahasan studi kasus ini, beban yang bekerja pada struktur dibatasi sebesar $255,12 \text{ kg/m}^2$, karena struktur tersebut berfungsi sebagai tempat parkir maka beban yang bekerja adalah beban kendaraan, berat kendaraan yang boleh masuk dibatasi 2000 kg (hasil konversi dari beban kerja $255,12 \text{ kg/m}^2$). Solusi diatas tidak menutup kemungkinan adanya solusi yang lain, misalnya dengan memberi portal struktur yang berdiri sendiri di bawah pelat lantai mengingat pelat lantai tersebut bertulangan rangkap sehingga diperkirakan mampu menahan momen negatif akibat tumpuan pada portal. Dengan demikian beban kerja pada pelat lantai tidak perlu dibatasi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PRAKATA	ii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan dan Batasan Studi Kasus	4
1.4 Metode analisis	4
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Analisis Struktur	7
2.1.2 Analisis Elemen Struktur	8
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Pelat	10
2.2.2 Balok	12
2.2.3 Kolom	14
BAB III. METODE PEMASANGAN BALOK SUSULAN	
3.1 Umum	16
3.2 Pelaksanaan Pemasangan Balok Susulan	17
3.2.1 Pengukuran Keadaan Sesungguhnya	17
3.2.2 Pembuatan Lubang Pada Pelat Lantai dan Lubang Baut	17
3.2.3 Pemasangan Baut dan Pelat Ujung	18

3.2.4 Pemasangan Profil Baja	19
3.2.5 Pemasangan Perancah dan Acuan	19
3.2.6 Pengecoran Beton Non Struktural	20
3.2.7 "Finishing"	20

BAB IV. ANALISIS STRUKTUR

4.1 Umum	21
4.2 Data Bahan dan Sifat-sifat Tampang	21
4.3 Beban Grafitasi Pada Portal	22
4.4 Perhitungan Beban Ekuivalen Yang Bekerja Pada Portal	24
4.4.1 Balok "Basement"-1 Untuk As-J	24
4.4.2 Balok "Basement"-1 Untuk As-K	26
4.4.3 Balok "Basement"-1 Untuk As-1A	26
4.4.4 Balok "Ground floor" Untuk As-1A	28
4.4.5 Balok "Ground floor" Untuk As-K	30
4.4.6 Balok "Ground floor" Untuk As-J	33
4.4.7 Portal Membujur As-2A	33
4.4.8 Portal Membujur As-3A	34
4.4.9 Portal Membujur As-4A	36
4.5 Beban Terpusat Yang Bekerja Pada Balok	39
4.5.1 Balok "Ground Floor" As-K	39
4.5.2 Balok As A-J	41
4.6 Hasil Analisis Struktur	45

BAB V. ANALISIS TAMPANG ELEMEN

5.1 Umum	46
5.2 Beban Batas Pelat	47
5.3 Balok	51

5.3.1 Balok Induk B-8	51
5.3.2 Balok Induk B-37	58
5.3.3 Balok Anak B-21	60
5.3.4 Balok B-1	62
5.4 Kolom	69
5.4.1 Kolom 11	69
5.4.2 Kolom 14	76
5.5 Kekuatan Baut	84
5.6 Balok Anak B-21 Sebagai Balok T	92
5.7 Pembahasan	96

BAB IV. SIMPULAN DAN SARAN

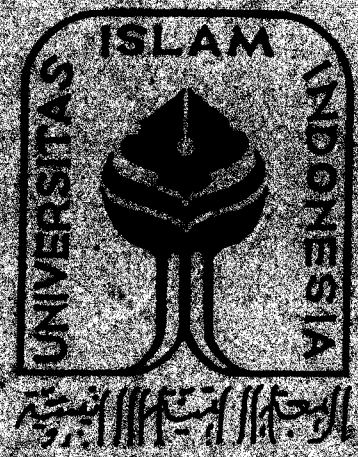
6.1 Simpulan	100
6.2 Saran	101

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar Metode Pemasangan Balok Susulan
2. Gambar Denah dan Gambar Pembebanan
3. "Running Out Program SAP 90"
4. Perhitungan Beban Gandar Maksimum



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai masalah sering ditemui dalam pelaksanaan pekerjaan pada proyek-proyek konstruksi. Berbagai masalah tersebut meliputi kesalahan prosedur pekerjaan, kesalahan personil (“human error”) yang tidak disengaja atau kesalahan pada pengadaan material yang tidak sesuai dengan material yang direncanakan.

Kesalahan-kesalahan tersebut terjadi akibat dari berbagai hal berikut:

1. kesalahan dari perencana,
2. banyaknya perubahan pada gambar kerja dalam pelaksanaan pekerjaan,
3. komunikasi kerja yang kurang baik pada organisasi proyek, ataupun organisasi intern kontraktor sendiri,
4. keterampilan dan ketelitian serta kemampuan tiap-tiap personil yang berbeda,
5. target waktu penyelesaian pekerjaan yang harus ditepati, sehingga membutuhkan waktu ekstra (lembur),
6. kondisi alam (hujan, gempa dan sebagainya).

Seperti kasus yang terjadi pada proyek pembangunan Apartemen Permata Gandaria Jakarta, yaitu peristiwa tidak dicornya satu balok induk sehingga struktur mengalami perubahan dari perencanaan. Kasus tersebut terjadi karena kesalahan personil (“human error”), yaitu kesalahan penggambaran “shop

drawing” yang tidak sesuai dengan gambar rencana, yaitu terdapat balok induk yang tidak tergambar dalam “shop drawing” tersebut. Meskipun gambar tersebut sudah melalui proses pemeriksaan dari pihak pengawas dan kontraktor sendiri untuk mendapatkan persetujuan dilaksanakan di lapangan. Kesalahan ini baru diketahui setelah semua pekerjaan sudah selesai yakni pada saat pengecekan mutu pekerjaan oleh pengawas.

Balok tersebut merupakan balok struktur, maka harus diambil pemecahan masalah untuk menjamin struktur tetap stabil dan aman. Kemudian diambil beberapa alternatif penyelesaian dari pihak kontraktor, meliputi:

1. pengecoran balok susulan dengan cara membobok pelat lantai yang telah selesai dicor secara menyeluruh sepanjang balok (lihat lampiran no 1),
2. pengecoran balok susulan dengan membobok pelat lantai pada tempat tertentu (lihat lampiran no 1),
3. pemasangan balok baja sebagai balok susulan.

Setelah mendapat persetujuan dari pihak konsultan pengawas akhirnya dipilih alternatif ke-3.

Berdasarkan pada kenyataan pelaksanaan di lapangan kasus ini kemudian dijadikan sebagai topik tugas akhir ini dengan mencakup berbagai masalah sebagai berikut:

- a. kelayakan metode tersebut terhadap kemungkinan yang terjadi secara teori, baik dari analisis struktur maupun kekuatan elemen struktur,

- b. penyampaian metoda pelaksanaan yang meliputi semua urutan pekerjaan dan cara pelaksanaannya beserta alat yang digunakan.

1.2 Permasalahan

Pekerjaan pemasangan balok baja ini merupakan pekerjaan susulan sehingga dalam pelaksanaannya cukup banyak kendala yang harus dihadapi, baik pada saat perencanaan maupun pelaksanaannya di lapangan.

Permasalahan yang timbul berkaitan dengan pemasangan balok susulan adalah hasil akhir dari pemasangan tersebut tidak dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sehingga tidak menyelesaikan masalah. Kekuatan sambungan balok susulan dengan elemen struktur lainnya kurang kuat. Cara pemasangan balok susulan tersebut adalah dengan memakai baut yang diangkurkan pada beton yang telah mengeras. Balok tersebut dilobangi dengan bor, sehingga hasil lubang bor tersebut cukup halus mengakibatkan sewaktu pemasangan baut bidang kontakny menjadi kurang kuat meskipun telah diberikan zat kimia ("chemical anchor"). Akibat pemasangan balok susulan tersebut juga menyebabkan tambahan beban pada balok anak. Untuk itu perlu dicari pemecahan masalah dengan berdasar pada kondisi yang sudah ada yaitu adanya keterlanjuran balok susulan yang telah terpasang.

1.3 Tujuan dan Batasan Studi Kasus

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis kelayakan balok baja (balok susulan) dan elemen struktur portal di sekitar balok susulan dalam

mendukung beban, yang meliputi kemampuan tiap bagian dari struktur tersebut sebagai satu bagian dari portal utama.

Batasan-batasan yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini baik cara menganalisis maupun dari spesifikasi bahan yang digunakan di lapangan meliputi berbagai hal berikut ini.

1. Analisis struktur 3 dimensi dengan menggunakan perhitungan analisis struktur program komputer SAP 90.
2. Analisis pelat lantai parkir dalam mendukung beban, apabila tanpa didukung oleh balok susulan .
3. Analisis kapasitas tampang struktur dengan tata cara analisis struktur beton ultimit, struktur baja dan tata cara perhitungan yang mendukung lainnya.
4. Perhitungan pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

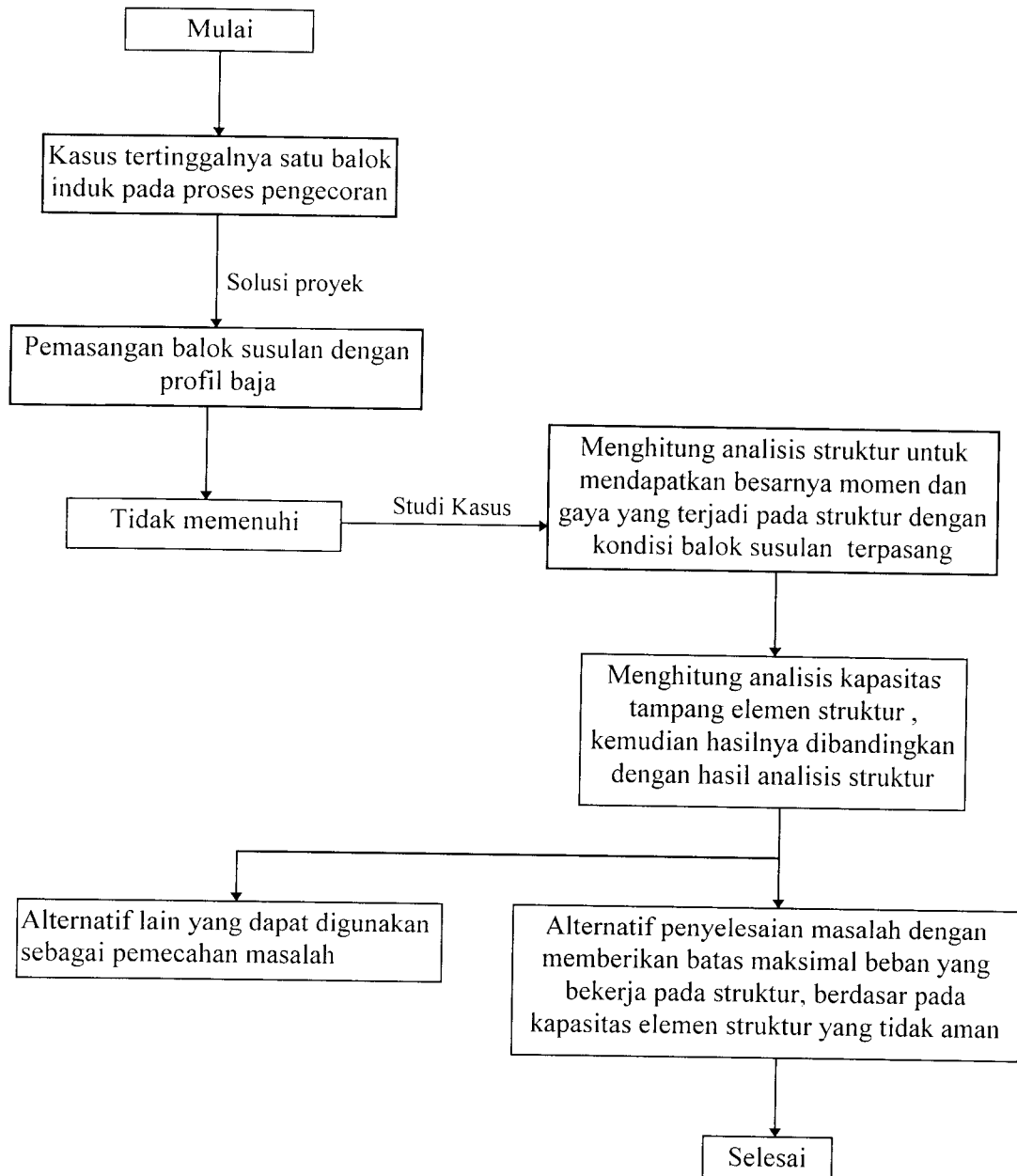
1.4 Metode Analisis

Metode analisis kelayakan elemen struktur disekitar balok susulan ini dapat diuraikan sebagai berikut ini.

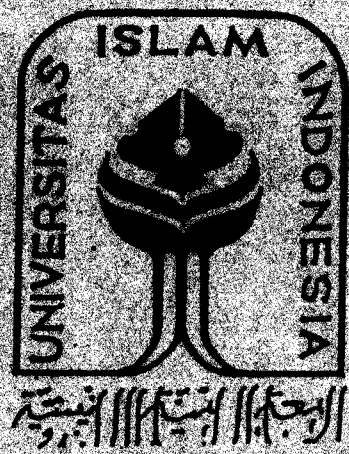
1. Penyajian metode pemasangan balok susulan sesuai dengan pekerjaan yang sudah dilaksanakan di lapangan dan dasar pemilihan cara yang digunakan dalam mengatasi kasus ini.
2. Pengumpulan data bahan material yang digunakan.

3. Perhitungan pembebanan berdasarkan PBI 1983.
4. Analisis struktur portal 3 dimensi dengan menggunakan program SAP 90.
5. Perhitungan kemampuan pelat lantai mendukung beban yang bekerja tanpa didukung balok susulan.
6. Analisis kapasitas tampang balok dan kolom disekitar balok susulan.
7. Perbandingan hasil analisis struktur portal dengan hasil analisis kapasitas tampang elemen struktur.
8. Menarik kesimpulan serta manfaat yang berguna bagi penulis maupun pembaca tugas akhir ini.

Untuk mendukung penjelasan tentang metode analisis untuk solusi permasalahan yang dihadapi maka dibuat kerangka pikir tentang studi kasus ini (lihat gambar 1.1)



Gambar 1.1 Bagan Landasaan Pikir Studi Kasus



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pelaksanaan pekerjaan yang tidak sesuai dengan gambar rencana struktur mengakibatkan struktur pendukung pada portal utama mengalami perubahan dari asumsi perencana. Hal ini akan mengakibatkan elemen struktur pendukung portal utama tersebut akan mengalami perubahan pada pembebanan. Begitu pula pada saat masa layan, elemen pendukung portal setiap struktur kemungkinan besar akan bekerja melebihi dari ketentuan keamanan yang direncanakan. Apabila portal itu masih mampu dan layak secara konstruksi, maka perubahan perilaku yang dialami setiap elemen pendukung portal tersebut, yang meliputi pelat, balok dan kolom harus ditinjau kembali.

Pelaksanaan analisis pada setiap elemen pendukung portal dilaksanakan perbagian struktur. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui perubahan perilaku tiap-tiap elemen struktur tersebut, sehingga bisa diketahui apakah elemen struktur tersebut masih aman dalam mendukung beban yang bekerja di atasnya.

2.1.1. Analisis struktur

Pemeriksaan besarnya gaya dan momen yang terjadi pada tiap-tiap elemen struktur perlu dilakukan. Hal ini untuk mendasari perhitungan analisis

elemen struktur akibat pelaksanaan pekerjaan yang berbeda dengan perencanaan.

perhitungan analisis struktur pada studi kasus ini menggunakan SAP 90. SAP 90 merupakan program komputer untuk analisis struktur. SAP 90 mempunyai fasilitas perhitungan mekanika portal 3 dimensi, jadi dengan menggunakan program ini dapat dilihat perubahan besarnya gaya lintang dan momen pada elemen struktur di sekitar balok yang tidak dicor tersebut.

2.1.2 Analisis Elemen Struktur

1. Pelat

Analisis yang digunakan pada pemeriksaan kapasitas momen pelat adalah analisis seperti pada balok tulangan sebelah. Analisis pelat ini beranggapan bahwa pelat dua arah yang ditumpu keempat sisinya merupakan struktur statis tak tentu. Momen lentur yang bekerja pada tiap bagian pelat diasumsikan bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing dalam arah-x dan pada arah-y.

Penyaluran beban dari pelat ke tumpuan untuk pelat dua arah menggunakan dinyatakan dalam bentuk amplop. Reaksi pada perletakan berbentuk trapesium pada tepi yang panjang dan berbentuk segitiga pada tepi yang pendek.

Hasil dari analisis kapasitas momen pelat tersebut merupakan input perhitungan analisis beban batas yang bekerja pada pelat dengan teori garis leleh.

Analisis metode garis leleh menghasilkan batas atas dari kapasitas beban batas pelat dengan mengkaji mekanisme keruntuhan. Anggapan dasar teori garis leleh menurut Chu Kia Wang adalah sebagai berikut.

- a. Tulangan baja sepenuhnya meleleh sepanjang garis leleh pada saat keruntuhan.
- b. Pelat berdeformasi secara plastis pada keruntuhan dan pelat dipisah dalam berbagai segmen oleh garis leleh.
- c. Momen-momen lentur dan puntir terdistribusi secara merata sepanjang garis leleh dan merupakan momen-momen maksimum dalam dua arah yang saling tegak lurus.
- d. Pelat berputar sebagai segmen datar pada saat keruntuhan.

2. Balok

Proses analisis balok dalam mendukung momen lentur merujuk dari analisis balok oleh Chu Kia Wang. Menurut Chu Kia Wang Analisis Balok dalam mendukung momen Lentur, memakai prinsip-prinsip dasar sebagai berikut ini.

- a. Kekuatan unsur-unsur harus didasarkan pada perhitungan yang memenuhi syarat keseimbangan dan kompatibilitas regangan.

- b. Regangan dalam baja tulangan dan beton berbanding lurus dengan jarak terhadap garis netral.
- c. Regangan maksimum beton pada serat tekan diambil sebesar 0,003.
- d. Kekuatan tarik beton diabaikan .

3. Kolom

Analisis kolom menurut Edaward G. Nawy beranggapan bahwa kolom merupakan bagian vertikal suatu elemen struktur yang menerima beban aksial tekan, dan diharapkan mampu menahan gaya beban dari lantai-lantai atas sampai lantai paling bawah untuk diteruskan ketanah melalui pondasi.

Kekuatan kolom dianalisis berdasarkan pada prinsip-prinsip seperti pada analisis balok diatas.

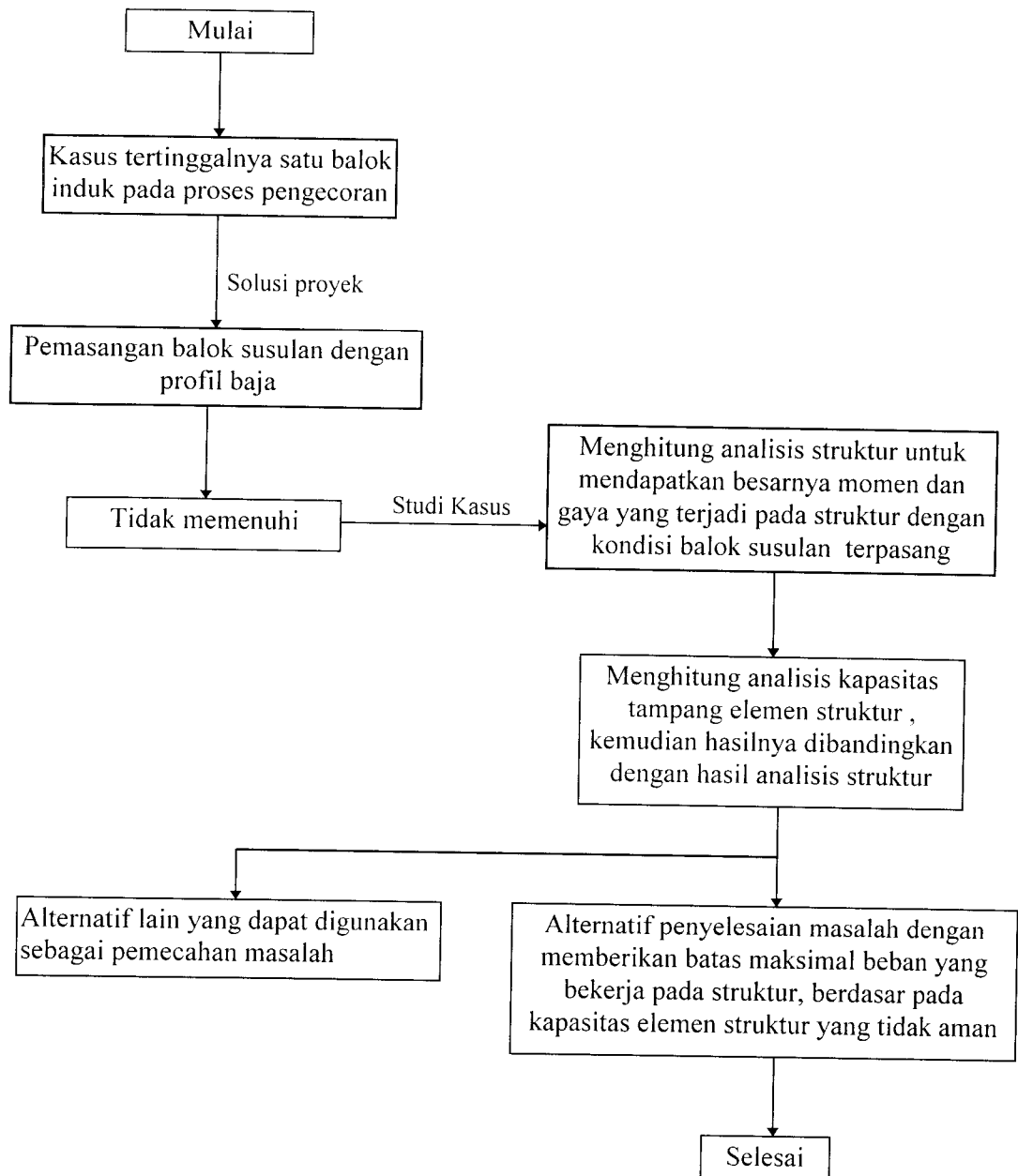
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pelat

Pelat lantai dianalisis dengan menghitung momen yang terjadi pada dua arah peninjauan yang saling tegak lurus. Karena terdapat tahanan pada tumpuan, maka momen tersebut didistribusikan menjadi momen positif dan momen negatif. Selanjutnya tinggal memeriksa dimensi dan distribusi penulangan pada kedua arah yang sesuai dengan arah peninjauan momen rencana.

Data yang didapat dari pelat terpasang di lapangan meliputi:

1. mutu beton ($f'c$),



Gambar 1.1 Bagan Landasaan Pikir Studi Kasus

Dari analisis kapasitas momen tampang yang didapat maka momen tersebut digunakan dalam perhitungan teori garis leleh. Analisis pelat dua arah dengan teori garis leleh menggunakan rumus untuk mencari beban merata batas atas sebagai berikut:

$$\frac{W_u}{\varnothing} = \frac{12 [a^2 (M_{ny} + M_{py}) + 2 \cdot b \cdot y (M_{nx} + M_{px})]}{a^2 (3 \cdot b \cdot y - 2 \cdot y^2)} \quad (2.6)$$

$$\frac{W_u}{\varnothing} = \frac{24 \cdot b (M_{nx} + M_{px})}{2 \cdot a^2 \cdot y + 3 \cdot a^2 (b - 2 \cdot y)} \quad (2.7)$$

$$\frac{W_u}{\varnothing} = \frac{6 (M_{ny} + M_{py})}{y^2} \quad (2.8)$$

Dengan syarat hasil dari ketiga perhitungan tersebut harus sama.

2.2.2 Balok

Analisis balok bertulangan rangkap dipergunakan dalam pemeriksaan balok pada kasus ini, karena pada kenyataannya semua balok yang terdapat di lapangan adalah balok bertulangan rangkap. Analisis balok tulangan rangkap mempunyai Langkah-langkah sebagai berikut ini.

Dari gambar penulangan balok didapatkan b , d , A_s , A'_s , f'_c dan f_y , kemudian dicari rasio penulangannya dengan rumus

$$\rho = A_s / b \cdot d \quad \text{dan} \quad \rho' = A'_s / b \cdot d \quad (2.9)$$

untuk mengontrol apakah tulangan tekan sudah leleh harus memenuhi:

$$\rho - \rho' \geq \left(\frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot d'}{f_y \cdot d} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + y} \right) \quad (2.10)$$

apabila tulangan tekan sudah leleh, kemudian dihitung:

$$\rho_b = \beta_1 \left(\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{600}{600 + y} \right) \quad (2.11)$$

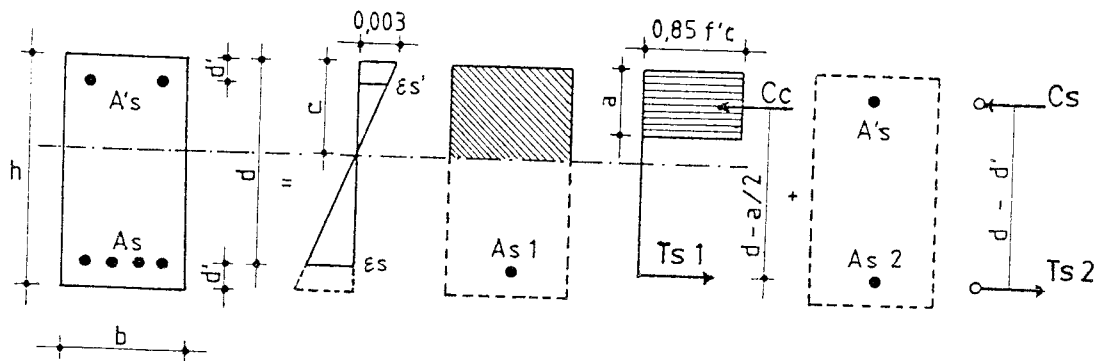
$$\rho_{max} \leq 0,75 \cdot \rho_b + \rho' (f's/f_y) \quad (2.12)$$

dengan $f's = \epsilon's \cdot E_s$

dan bisa dihitung momen ultimitnya:

$$M_u = \phi [(A_s \cdot f_y - A's \cdot f's)(d-a/2) + A's \cdot f's(d-d')] \quad (2.13)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A's \cdot f's}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (2.14)$$



Gambar 2.1 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Balok Segiempat Bertulangan

Rangkap

2.2.3 Kolom

Analisis kolom pada bahasan ini merujuk pada analisis kolom yang dibebani dengan beban eksentris. Analisis kolom tersebut meliputi kemampuan kolom dalam mendukung beban aksial (P_n) dan Momen (M_n)

Kekuatan kolom yang dibebani eksentris dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad (2.15)$$

Momen tahanan nominal M_n sebesar $P_n \cdot e$, dapat dihitung dengan keseimbangan momen terhadap garis netral.

$$M_n = P_n e = 0,85 f_c' b a (y - a/2) + A's f's (y - d') - A_s f_y (d - y) \quad (2.16)$$

dengan,

$$f's = \frac{600 \cdot (cb - d')}{cb} < f_y \quad (2.17)$$

$$a = \frac{\beta_1 \cdot d \cdot 600}{600 + f_y} \quad (2.18)$$

Apabila $P_n < P_{nb}$ maka kolom akan mengalami runtuh tarik yang diawali dengan luluhnya tulangan tarik, jadi P_n yang terjadi adalah

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot c \cdot d \cdot b \left(\frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} + \sqrt{\left(\frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right) \quad (2.19)$$

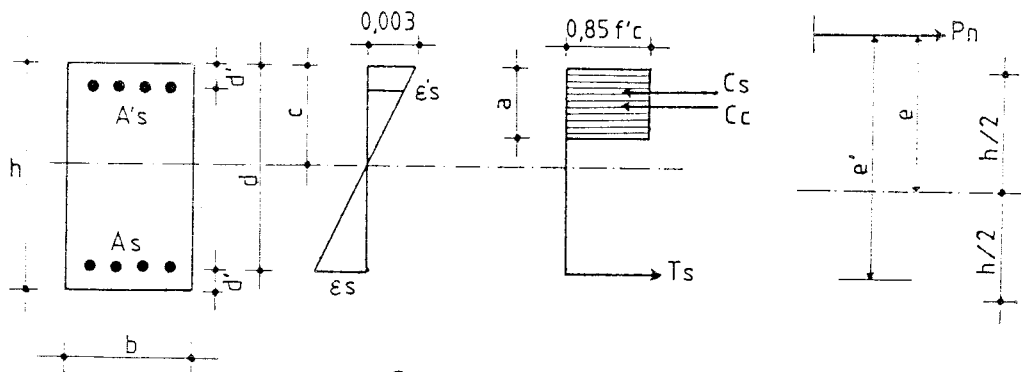
$$\text{dengan, } m = f_y / (0,85 \cdot f_c') \quad (2.20)$$

Apabila $P_n > P_{nb}$ maka kolom akan mengalami patah desak yang diawali dengan kehancuran beton. Pada keadaan ini gaya aksial P_n ditentukan dari:

$$P_n = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f'_s + A_s \cdot f_s \quad (2.21)$$

Atau dengan rumus pendekatan Whitney Yaitu:

$$P_n = \frac{A_s \cdot f_y}{(e/(d-d')) + 0.5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c}{(3 \cdot h \cdot e/d^2) + 1.18} \quad (2.22)$$



Gaya dalam :

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$C_s = A_s' \cdot f'_s$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

Gambar 2.2 Distribusi Tegangan dan Gaya Pada Kolom



BAB III

METODE PEMASANGAN BALOK SUSULAN

3.1 Umum

Pemasangan balok susulan diharapkan dapat mengkondisikan balok susulan tersebut bekerja seperti balok yang seharusnya ada, sesuai dengan perencanaan semula. Pekerjaan pemasangan balok susulan ini baru dapat dilaksanakan setelah melalui proses pemeriksaan dan persetujuan dari pihak pengawas. Proses pemasangan balok susulan ini dibagi dalam beberapa tahapan pekerjaan supaya memudahkan dan menjamin ketelitian pekerjaan di lapangan. Tahapan pekerjaan tersebut meliputi:

1. pengukuran dan pengamatan keadaan sesungguhnya di lapangan,
2. pembuatan lubang pada pelat lantai untuk memasukkan mortar dan pemboran lubang baut,
3. pemasangan baut pelat ujung dengan “chemical anchor”,
4. pemasangan profil dan pengelasan sengkang,
5. pemasangan acuan dan perancah,
6. pengecoran balok susulan,
7. pekerjaan “finishing”.

3.2 Pelaksanaan Pemasangan Balok Susulan

3.2.1 Pengukuran Keadaan Sesungguhnya Di Lapangan

Pekerjaan pengukuran ini merupakan kelanjutan dan penerapan data perencanaan balok susulan agar dapat diterapkan pada pekerjaan di lapangan. Pekerjaan pengukuran ini meliputi pengukuran bentang bersih yang digunakan untuk menentukan kebutuhan panjang profil. Ruang bebas untuk pekerjaan yang terbatas menuntut ukuran yang didapat agar memungkinkan pemasangan balok susulan tersebut dengan sistem “knocked down”, yaitu dengan mengangkat profil tersebut ke atas hingga menempel pada pelat lantai dengan lubang baut yang sudah tepat kedudukannya dan tinggal memasang baut serta menguatkannya.

3.2.2 Pembuatan Lubang Pada Pelat Lantai dan Lubang Baut

Pembuatan lubang baut meliputi lubang baut untuk “dyna bolt” pada pelat lantai yang nantinya dianggap sebagai “shear connector” dan lubang baut pada plat ujung sebagai tumpuan.

Pembuatan lubang baut ini menemui banyak kendala, diantaranya ialah sulitnya mata bor menembus lapisan beton pada kolom yang mempunyai mutu beton K 450 dan mendapatkan posisi baut yang sesuai dengan perencanaan yaitu tidak boleh mengenai tulangan pada kolom maupun balok. Hal ini mengakibatkan sebagian baut kedudukannya miring tidak tegak lurus seperti pada gambar. Kedalaman baut minimal 20 cm.

Pembuatan lubang pada pelat lantai ini dimaksudkan sebagai lubang tempat pemasukan mortar yang berfungsi sebagai penutup profil. Letak lubang tersebut dibuat sedemikian hingga pemadatan beton bisa dilaksanakan.

3.2.3 Pemasangan Baut dan Pelat Ujung

Hal yang penting untuk diperhatikan dalam pemasangan baut ini adalah penentuan diameter mata bor yang sesuai dengan diameter baut dan kebersihan lubang baut, sehingga dapat dihasilkan tumpuan baut yang kuat.

Cara pengerjaan membuat dudukan baut tersebut, secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Lubang baut yang sudah dibor dibersihkan dengan menggunakan “compressor” sampai tidak ada debu dan pasir yang tertinggal lagi (benar-benar bersih).
2. Bahan kimia yang berbentuk kapsul dimasukkan kedalam lubang yang sudah bersih dan ditekan dengan baut dengan jalan memutar baut seperti menguatkan baut biasa. Bahan kimia tersebut akan pecah setelah mencapai ujung lubang kemudian proses kimia berlangsung pada beton yang menyelimuti baut (mencairkan beton dan kemudian mengeras lagi), sehingga baut dapat terangkur dengan baik seperti pada beton yang masih baru.
3. Baut didiamkan selama 4 jam, setelah itu beton dudukan difinishing dengan pasta semen yang sudah dicampur dengan “hardening”. Pelat tumpuan profil dipasang setelah beton benar-benar keras kembali.

3.2.4 Pemasangan Profil Baja

Pemasangan profil baja ini dikondisikan sehingga memudahkan pekerjaan selanjutnya. pekerjaan pemasangan profil baja tersebut meliputi berbagai hal berikut ini.

1. Pemotongan profil bagian sayap untk keperluan pengecoran dan memudahkan pemasangan.
2. Pemasangan profil ini hanya dengan mengangkat profil yang sudah siap pasang hingga menempel pada slab dan mendukungnya dengan “scaffolding”.
3. Baut untuk dudukan profil dipasang dan dikuatkan.
4. Baut “connector” (“dyna bolt”) dipasang dan dikuatkan.
5. Pengelasan besi \varnothing 10 mm berbentuk U yang difungsikan sebagai sengkang.
6. Tulangan pengisi ditambahkan dibawah profil, tulangan tersebut difungsikan sebagai pengisi selimut beton bagian bawah.

3.2.5 Pemasangan Perancah dan Acuan

Pemasangan perancah (“scaffolding”) digunakan untuk menahan seluruh pelat lantai disekitar balok susulan dan untuk mendukung acuan balok susulan itu sendiri. Pemasangan acuan tersebut untuk mencetak selimut beton yang berfungsi untuk menutupi profil. Proses pemasangan acuan tersebut sama dengan pemasangan acuan balok beton biasa.

3.2.6 Pengecoran Beton

Pengecoran beton dilaksanakan setelah perancah dan acuan siap. Penuangan campuran beton dilakukan melalui lubang yang telah dibuat pada pelat lantai. Proses pemadatan menggunakan “vibrator” supaya mendapatkan hasil yang maksimal. Agregat yang digunakan adalah agregat kecil, yang memungkinkan lewat di antara sayap profil dan acuan. Mutu beton yang dipakai adalah K 350.

3.2.7 “Finishing”

Pekerjaan “finishing” adalah untuk memperbaiki hasil pekerjaan yang kurang sempurna setelah pembukaan acuan pada umur beton 6 hari. Perancah balok susulan masih dipasang pada jarak tertentu untuk menahan balok susulan sampai campuran mengeras (mencapai hasil akhir), supaya menghasilkan elemen struktur yang monolit dengan elemen yang lainnya. Untuk penjelasan yang lebih detail dapat dilihat pada gambar metode pelaksanaan (lihat di lampiran No.1)



BAB IV ANALISIS STRUKTUR

4.1 Umum

Analisis Struktur dilaksanakan untuk mengetahui besarnya gaya dan momen yang terjadi pada portal akibat beban yang bekerja pada portal tersebut. Analisis struktur pada studi kasus ini dikerjakan dengan bantuan program komputer "Structural Analysis Program 1990" (SAP 90). SAP 90 dipilih sebagai analisis struktur karena mempunyai fasilitas analisis struktur portal 3 dimensi. Analisis struktur portal 3 dimensi digunakan untuk dasar perhitungan analisis elemen struktur karena dalam masa layan beban yang bekerja pada portal dianggap membebani kesemua arah.

4.2. Data Bahan dan Sifat-sifat Tampang

- Kolom tipe 1 dinamakan sebagai Material 1

$$f'c = 45 \text{ Mpa}$$

$$A = 400 \text{ mm} \cdot 650 \text{ mm} = 260000 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 1/12 \cdot 400 \cdot 600^3 = 9,1542 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 1/12 \cdot 400^3 \cdot 600 = 3,4667 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} = 4700 \cdot \sqrt{45} \\ &= 31528,56 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Kolom tipe 2 dinamakan sebagai Material 2

$$f_c = 45 \text{ Mpa}$$

$$A = 500 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 1/12 \cdot 500 \cdot 500 = 5,2083 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 31528,56 \text{ N/mm}^2$$

- Balok Induk dinamakan sebagai Material 3

$$f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$A = 250 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 1/12 \cdot 400 \cdot 600 = 7,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{35} = 27805,58 \text{ N/mm}^2$$

4.3 Beban Gravitasi Pada Portal

Beban gravitasi yang terjadi pada portal tersebut berupa beban terpusat dan beban merata. Beban-beban tersebut adalah berat pelat dan beban berguna yang bekerja diatas pelat serta berat sendiri balok yang didukung oleh balok tersebut. Beban-beban tersebut diterapkan sebagai beban yang didukung balok dengan menggunakan metoda amplop.

Beban merata dari berat sendiri balok tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Balok Induk:

Untuk tebal pelat 130 mm

$$q_{BI} = (600-130) \cdot 400 \cdot 24 \cdot 10^{-6}$$

$$= 4,512 \text{ N/mm}$$

Untuk tebal pelat 120 mm

$$\begin{aligned} q_{BI} &= (600-120).250.24.10^{-6} \\ &= 4,806 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban sendiri yang akan dimasukkan ke perhitungan analisis struktur harus dikalikan faktor beban sebesar 1,2, jadi

untuk tebal pelat 130 mm

$$q_{BI} = 1,2. 4,512 = 5,4144 \text{ N/mm}$$

untuk tebal pelat 120 mm

$$q_{BI} = 1,2. 4,608 = 5,5296 \text{ N/mm}$$

2. Balok Anak:

Untuk tebal pelat 130 mm

$$\begin{aligned} q_{BA} &= (600-130).250.24.10^{-6} \\ &= 2,82 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Untuk tebal pelat 120 mm

$$\begin{aligned} q_{BA} &= (600-120).250.24.10^{-6} \\ &= 2,88 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Pembebanan Pelat Lantai menurut tebal pelat seperti berikut ini.

1. Untuk pelat 130 mm

-Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} q_{DL} &= 130.24.10^{-6} \\ &= 3.23.10^{-3} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Untuk pelat 120 mm

- Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} q_{DL} &= 120.24.10^{-6} \\ &= 2.88.10^{-6} \end{aligned}$$

3. Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang bekerja pada lantai parkir menurut peraturan pembebanan untuk gedung 1983 adalah sebesar

$$q_{LL} = 400 \text{ kg/m}^2 = 4.10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

faktor beban :

$$q_u = 1,2.q_{DL} + 1,6.q_{LL}$$

-Untuk tebal pelat 130 mm

$$q_u = 1,2.3,12.10^{-3} + 1,6.4.10^{-3} = 10,44.10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

-Untuk tebal Pelat 120 mm

$$q_u = 1,2.2,88.10^{-3} + 1,6.4.10^{-3} = 9,856.10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Perhitungan Beban Ekuivalen Yang Bekerja Pada Balok

4.4.1 Balok "Basement" - I. Untuk As - J

1. Beban Merata Bentang A-B/elemen.53 (gambar1, di lampiran No.2)

$$R_A = R_B = 5072865,88 \cdot q$$

$$x = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2931.1621.1465,5 + \frac{1}{2} \cdot 5575.2787,5.5718,5}{10145731,75}$$

$$x = 4722,68 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}} &= \left[R_A \cdot 4253 - 2931.1621.0,5.2787,5 - \frac{(1322)^3}{6} \right] q \\
 &= 1,4568.10^{10} \cdot 10,144.10^{-3} \text{ N.mm} \\
 &= 147776867,10 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= \left[R_A \cdot 4722,68 - 0,5.2931.1621.3257,18 - \frac{(1791,68)^3}{6} \right] q \\
 &= 1,5621.10^{10} \cdot 10,144.10^{-3} \\
 &= 154810235,6 \text{ N.mm} \quad \rightarrow \text{ M maksimum}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8.154810235,6}{(8506)^2} = 17,1175 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Untuk pembebanan pada kedua sisi balok :

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ex A-B}} &= 17,1175 \cdot 2 \text{ N/mm} \\
 &= 34,2350 \text{ N/mm} \quad (\text{"Basement" I})
 \end{aligned}$$

2 - Untuk bentang B - F sama dengan pada balok "Ground Floor" hanya satu sisi , maka beban merata untuk bentang B - F:

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ex B-C}} &= 8,5360 \text{ N/mm, Elemen 54} \\
 q_{\text{ex C-D}} &= 6,3448 \text{ N/mm, Elemen 55} \\
 q_{\text{ex D-E}} &= 9,3016 \text{ N/mm, Elemen 56} \\
 q_{\text{ex E-F}} &= 22,8932 \text{ N/mm, Elemen 57}
 \end{aligned}$$

3- Beban Merata Bentang B - E (Ramp.) / el. 141,142 dan 143

(gambar2, di lampiran No. 2)

$$\begin{aligned}
 \text{tg} \alpha^\circ &= \frac{3000}{17725} = 0,1693 \\
 \alpha^\circ &= \text{Arc.tg } 0,1693 = 9,606^\circ
 \end{aligned}$$

$$R_B = R_E = \frac{2300 \cdot (2300 + 13125)}{2} \cdot q$$

$$R_B = 17738728,38 \cdot q$$

$$M_{maks} = -\left[\frac{1}{2} \cdot 2300^2 \cdot 7329,2 + \frac{1}{2} \cdot 2300(6562,5)^2\right] \cdot q + R_B \cdot 8862,5$$

$$= 8,8297 \cdot 10^{10} \cdot q$$

$$= 870258968,1$$

$$M_{maks} = 870258968,1 \cdot \cos 9,606^\circ$$

$$= 858056690,9 \text{ N/mm}$$

$$M_{maks} = \frac{1}{8} \cdot q_{ex} \cdot \ell^2$$

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 858056690,9}{17725^2} = 21,8491 \text{ N/mm}$$

4.4.2 Balok “Basement” - I. Untuk As - K

1 - Bentang Q - R /elemen 58(gambar3, di lampiran No. 2)

$$q_{ex} \text{ Q-R} = 22,8982 \text{ N/mm}$$

2 - Balok Ramp./el.138,139 dan140 (gambar4, di lampiran No.2)

$$q_{ex} = 21,8491 \text{ N/mm}$$

4.4.3 Balok “Basement” - I. Untuk As - 1A

1 - Bentang A - B./elemen 70(gambar5, di lampiran No.2)

Beban Merata q_{ex} :

$$R_A = R_B = 4404804 \cdot q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[4404804 \cdot 3025 - 0,5 \cdot 3025 \cdot \left(\frac{3025 \cdot 2476}{3068} \right) \frac{3025}{3} \right] q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = 960129947,4 \cdot q$$

$$= 9601299474 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3}$$

$$= 97395581,86 \text{ N/mm}$$

$$R_A = R_B = 2906348 \cdot q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[2906348 \cdot 3025 - \frac{1}{2} \cdot 1382 \cdot 1198 \cdot 2104 - \frac{(1643)^2 \cdot 1198}{2} \right] q$$

$$= 5433003677 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3}$$

$$= 53547684,24 \text{ N/mm}$$

M_{maks} dua sisi pembebanan balok :

$$M_{\text{maks}} = 97395581,86 + 53547684,24 = 150943266,10 \text{ N.mm}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \quad \rightarrow \quad q_{\text{ex}} = \frac{8 \cdot 150943266,10}{(6050)^2}$$

$$q_{\text{ex A-B}} = 32,9908 \text{ N/mm}$$

2 - Beban Merata Bentang B - D/elemen 71,72 (gambar6, di lampiran No.2)

$$R_B = R_D = 4469164 \cdot q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[R_B \cdot 4600 - \frac{1}{2} \cdot (2788)^2 \cdot 2741 \cdot \frac{(1812)^2}{2} \right] q$$

$$= 1,5977 \cdot 10^{10} \cdot q$$

$$= 1,5977 \cdot 10^{10} \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 162073593,2 \text{ N.mm}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{162073593,2 \cdot 8}{(9200)^2} = 15,3188 \text{ N/mm}$$

$$R_B = R_C = \frac{2300 \cdot 4600}{4} q = 2645000 \cdot q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2},} &= 0,0417 \cdot q \cdot (L_x)^3 \\
 &= 0,0417 \cdot (9,856 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 9,7445) (4600)^3 \\
 &= 39427453,24 \text{ N.mm} \\
 M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 39427453,24}{(4600)^2} = 14,9064 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Maka di dapat :

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ex B-C}} &= 15,3188 + 14,9064 = 30,2253 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{ex C-D}} &= 15,3188 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

3 - Beban Merata Bentang D - E/elemen.73 (gambar7, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned}
 R_D = R_E &= \frac{5697000}{2} \cdot q = 2848500 \cdot q \\
 M_{\frac{1}{2},} &= (2848500 \cdot 3375 - \frac{1}{2} \cdot 1688 \cdot 3375 \cdot 1688) \cdot q \\
 &= 4805419500 \cdot q \\
 M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8(4805419500 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} + 4805419500 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3})}{(6750)^2} \\
 &= 16,8750 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

4.4.4 Balok "Ground Floor As" - 1A

1 - Bentang B - C/elemen.113,114 (gambar8, di lampiran No.2):

$$\begin{aligned}
 R_B = R_C &= 2645000 \cdot q \\
 M_{\frac{1}{2},} &= \left[R_B \cdot 2300 - \frac{1}{6} (2300)^2 \right] \cdot q = 4055666667 \cdot q \text{ N.mm} \\
 R_B = R_C &= 1669195,5 \cdot q
 \end{aligned}$$

$$M_{\frac{1}{2}} = \left[R_B \cdot 2300 - \frac{1}{2} \cdot (903)^2 \cdot 1698 - 903 \cdot \frac{(1397)^2}{2} \right] = 2265715946 \text{ q N.mm}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{(4055666667 + 2265715946) \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{(4600)^2} = 23,5552 \text{ N/mm}$$

2 - Bentang D - E /elemen 115,116 (gambar9, di lampiran No.2):

$$R_D = 3233212,5 \cdot q$$

$$R_E = 2284912,5 \cdot q$$

$$x = \frac{1,5424 \cdot 10^{10}}{5518125,0} = 2795 \text{ mm}$$

$$M_{\text{maks}} = \left[R_E \cdot (6750 - x) - \frac{1}{2} \cdot (6750 - x) \cdot \frac{(6750 - x) \cdot 1635}{5115} \cdot \frac{(6750 - x)}{3} \right] \cdot q$$

$$= 5741032864 \cdot q \text{ N.mm}$$

$$R_D = R_E = 2639920,5 \cdot q$$

$$M_{\text{maks}} = \left[R_D \cdot 3375 - \frac{1}{2} \cdot (903)^2 \cdot 2773 - 903 \cdot \frac{(2472)^2}{2} \right] \cdot q = 5020148133 \cdot q$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{8(5741032864 + 5020148132) \cdot 9,856 \cdot 10^{-3}}{(6750)^2} = 18,6227 \text{ N/mm}$$

Untuk beban terpusat akibat tritisan / list plank.

$$P = 200 \cdot 800 \cdot \frac{4769}{2} \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 9156,48 \text{ N}$$

$$P = 9,1565 \text{ KN}$$

Untuk tinjauannya dengan manual (jepit satu tumpuan)

$$q = 8,6227 + 5,5296 = 24,1523 \text{ N/mm}$$

4.4.5 Balok "Ground Floor" untuk As - K

1 - Beban Merata Balok A - C ("Ground Floor") El.89 :

(gambar 10, di lampiran No.2)

$$R_A = R_C = 4954037,8 \cdot q$$

$$x = \frac{(2931 \cdot 1627 \cdot 0,5) \left(\frac{2931}{2} + 5575 \right) + (975 + 2300) 2300 \left(\frac{5575}{2} \right)}{9908075,6}$$

$$= 3807,21 \text{ mm}$$

Cek momen : $\frac{1}{2} \ell$:

$$\left[R_A \cdot \frac{1}{2} \ell - 0,5 \cdot 2931 \cdot 1621 \left(\frac{1}{2} \ell - \frac{2931}{2} \right) \left[\left(\frac{1}{2} \ell - 2931 \right) \frac{2300 \left(\frac{1}{2} \ell - 2931 \right)}{2300} \cdot 0,5 \cdot \frac{\left(\frac{1}{2} \ell - 2931 \right)}{3} \right] \right] q$$

$$(4954037 \cdot 8 \cdot 4253 - 0,5 \cdot 2931 \cdot 1621 \cdot 2787,5 - 873842 \cdot 1418) q =$$

$$M_{\frac{1}{2} \ell} = 1,32088 \cdot 10^{10} \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 130185828,1 \text{ N.mm}$$

Cek momen :

$$M_x = R_A \cdot 4698,79 - 0,5 \cdot 2931 \cdot 1621 \cdot 3233,3 - (1767,8)^2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1767,8}{3}$$

$$M_x = 1,46763 \cdot 10^{10} \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 144649485,1 \text{ N.mm} \rightarrow M \text{ maksimum}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{8 \cdot 144649485,1}{(2931 + 5575)^2} = 15,9921 \text{ N/mm}$$

Untuk dua sisi beban maka :

$$q_{\text{ex A-C}} = 2 \cdot 15,9921 = 31,9842 \approx 32 \text{ N/mm (Ground Floor)}$$

2 - Beban Merata Balok C - E. ("Ground Floor")/elemen.90

(gambar 11, di lampiran No.2)

$$R_C = R_E = 1505496 \cdot q$$

$$x = \frac{\frac{1}{2} \cdot 1806.903.903 + \frac{1}{2} \cdot 2963.1482.3288}{3010992} = 26421,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_C \cdot x - 0,5 \cdot 903.1806 (x - 903) - 0,5 (x - 1806)^2 \left(\frac{x - 1806}{3} \right) \\ &= (1505496 \cdot 26421,1 - 1418077792 - 97414458,3) \text{ q} \\ &= 2462178731 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \text{ N.mm} \\ &= 24267233,58 \text{ N.mm} \rightarrow M \text{ maks.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \\ q_{\text{ex}} &= \frac{8.24267233,58}{(4769)^2} = 8,5360 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Untuk dua sisi beban pada balok, maka

$$q_{\text{ex C-E}} = 2 \cdot 8,5360 = 17,0720 \text{ N/mm}$$

3 - Beban Merata Balok E - G. ("Ground Floor") elemen 91 (gambar12, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} R_E = R_G &= (0,5 \cdot 2575 \cdot 1287,5) \text{ q} \\ &= 1657656,25 \cdot \text{q} \end{aligned}$$

Cek momen pada $\frac{1}{2}$ segitiga ($\frac{1}{4} \ell$) :

$$\begin{aligned} M_{\frac{1}{4}\ell} &= \left[1657656,25 \cdot 1287,5 - 0,5 \cdot (1287,5)^2 \cdot \frac{1287,5}{3} \right] \text{ q} \\ &= 1778527018 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \text{ N.mm} \\ &= 17529162,29 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Cek momen ditengah ben tang $\frac{1}{2} \ell$:

$$\begin{aligned} M_{\frac{1}{2}\ell} &= (1657656,25 \cdot 2575 - 0,5 \cdot 2575 \cdot 1287,5 \cdot 1287,5) \text{ q} \\ &= 2134232422 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \text{ N.mm} \\ &= 21034994,75 \text{ N.mm} \rightarrow M \text{ maks.} \end{aligned}$$

Untuk pembebanan pada dua sisi balok E - G

$$q_{ex \ E-G} = 2 \cdot 6,3448 = 12,6896 \text{ N/mm}$$

4 - Beban Merata Balok G - I/eleman 92 (gambar13, di lampiran No.2).

$$\begin{aligned} R_G = R_I &= \frac{1}{2} \cdot 3775 \cdot 1887,5 \cdot q \\ &= 3562656,25 \cdot q \end{aligned}$$

Momen ditengah bentang $\frac{1}{2} \ell$:

$$\begin{aligned} M &= \left[R_G \cdot 3775 - \left(0,5 \cdot 3775 \cdot 1887,5 \right) \frac{1}{2} \cdot 3775 \right] q \\ &= 6724513672 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \text{ N.mm} \\ &= 66276806,75 \text{ N.mm} \rightarrow M \text{ maks.} \end{aligned}$$

$$M_{maks} = \frac{1}{8} \cdot q_{ex} \cdot \ell^2$$

Beban Merata Bentang G - I.

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 66276806,75}{(7550)^2} = 9,3016 \text{ N/mm}$$

Untuk pembebanan pada kedua sisi :

$$q_{ex \ G-I} = 2 \cdot 9,3016 = 18,6032 \text{ N/mm}$$

5 - Beban Merata Balok I - K./el.93 ("Ground Floor") (gbr14, dilampiran No.2)

$$R_I = R_K = 2281328,125 \cdot q$$

$$x = \frac{0,5 \cdot 2000 \cdot (1000)^2 + 0,5 \cdot 3775 \cdot 1887,5 (2000 + 1887,5)}{4562656,25} = 3254,65 \text{ mm}$$

Cek momen pada $\frac{1}{2}$ bentang

$$\begin{aligned} M_{\frac{1}{2}} &= \left[2281328,125 \cdot 2887,5 - \left(0,5 \cdot 2000 \cdot 1000 \right) 1887,5 - 0,5 \cdot \frac{(887,5)^3}{3} \right] q \\ &= 4583327474 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 45173275,58 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= \left[2281328,125 \cdot 3254,65 - 0,5 \cdot 2000 \cdot 1000 \cdot 2254,65 - \frac{(1254,5)^3}{3} \right] q \\
 &= 4841618738 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 47718994,28 \text{ N.mm} \rightarrow M_{\text{maks.}} \\
 M_{\text{maks}} &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{ex}} \cdot \ell^2 \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 47718994,28}{(5775)^2} = 11,4466 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Untuk dua sisi pembebanan :

$$q_{\text{ex 1-K}} = 2 \cdot 11,4466 = 22,8932 \text{ N/mm}$$

4.4.6 Balok "Ground Floor" untuk As - J.

Beban merata untuk tiap bentangan balok As-J sama dengan pembebanan balok As - K. perbedaan hanya pada panjang bentang A - B dan besarnya beban terpusat dari balok anak.

4.4.7 Beban Merata Portal Membujur As - 2A.

1. "GroundFloor" /elemen.74,117 (gambar15,di lampiranNo.2)

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{1288(3353+1288)}{2} q = 2988804 q \\
 M_{x'} &= \left[R_A \cdot 2965 - \frac{1}{2} \cdot (1288)^2 \cdot 2106 - 1288 \frac{(1677)^2}{2} \right] q \\
 &= 5303795952 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 52274212,9 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 522744212,9}{(5929)^2} = 11,8964 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

2 .elemen. 118,119 (gambar 16,di lampiran No.2)

$$R_A = \frac{1482(1482+2965)}{2} q = 3295227 q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_A \cdot 2965 - \frac{1}{2} (1482)^2 \cdot 1977 - 1482 \frac{(1482)^2}{2} \right] q \\
 &= 5969608632 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 58836462,68 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 58836462,68}{(5929)^2} = 13,3898 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{ex total}} &= 11,8964 + 13,3898 = 25,2862 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

3. elemen .120,121(gambar 17, di lampiran No.2)

$$R_D = \frac{1482 (1482 + 3786)}{2} q = 3903588 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_D \cdot 3375 - \frac{1}{2} (1482)^2 \cdot 2387 - 1482 \cdot \frac{(1893)^2}{2} \right] q \\
 &= 7897961097 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 77842304,57 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 77842304}{(6750)^2} = 13,6678 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$R_D = \frac{1288 (1288 + 4178)}{2} q = 352010,4 q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_D \cdot 3375 - \frac{1}{2} (1288)^2 \cdot 2516 - 1288 \frac{(2087)^2}{2} \right] q \\
 &= 6988413012 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 68877798,65 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 68877798,65}{(6750)^2} = 12,0938 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{ex total}} &= 13,6678 + 12,0938 = 25,7616 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

4.4.8 Beban Merata Portal Membujur As - 3A.

(1).elemen.76,122(gambar 18, di lampiran No,2)

$$R_D = \frac{1288 (1288 + 4178)}{2} q = 352010,4 \cdot q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_A \cdot 2964,5 - \frac{1}{2} (1888)^2 \cdot 1706 - 1888 \cdot \frac{(1077)^2}{2} \right] q \\
 &= 7173161000 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 70698674,82 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 70698674,82}{(5929)^2} = 16,0893 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{ex total}} &= 11,8979 + 16,0893 = 27,9872 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

(3).elemen .125,126(gambar 20, di lampiran No.2)

$$R_C = \frac{1288(1288+2024)}{2} q = 2132928 \cdot q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_C \cdot 2300 - \frac{1}{2} (1288)^2 \cdot 1441 - 1288 \cdot \frac{(1012)^2}{2} \right] q \\
 &= 305091651,20 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 30069833,14 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 30069833,14}{(4600)^2} = 11,3686 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$R_C = \frac{1888(1888+824)}{2} q = 2560128 \cdot q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_C \cdot 2300 - \frac{1}{2} (1888)^2 \cdot 1041 - 1888 \cdot \frac{(412)^2}{2} \right] q \\
 &= 3872710912 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 38169438,75 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 38169438,75}{(4600)^2} = 14,4308 \text{ N/mm} \\
 q_{\text{ex total}} &= 11,3686 + 14,4308 = 25,7994 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

4.4.9 Beban Merata Portal Membujur As-4A

$$\begin{aligned}
 \text{elemen.78,127} \longrightarrow & R_A = 3814704 \text{ q} \\
 & M_{\frac{1}{2}l} = 70698674,82 \text{ N.mm} \\
 & q_{\text{ex}} = 16,0893 \text{ N/mm} \\
 & q_{\text{ex total}} = 16,0893 + 11,8979 = 27,9872 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{elemen.128,129} \quad R_B = \frac{903(903+2794)}{2} q = 1669195,50 \cdot q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[R_B \cdot 2300 - \frac{1}{2} (903)^2 \cdot 602 - 903 \cdot \frac{(1397)^2}{2} \right] q$$

$$= 2712560078 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 26734992,12 \text{ N.mm}$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{8 \cdot 26734992,12}{(4600)^2} = 10,1077 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ex total}} = 10,1077 + 14,4308 = 24,5385 \text{ N/mm}$$

$$\text{elemen.130,131} \quad R_D = \frac{1575(1575+3600)}{2} q = 4075312,5 \cdot q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[R_D \cdot 3375 - \frac{1}{2} (1575)^2 \cdot 2325 - 1575 \cdot \frac{(1800)^2}{2} \right] q$$

$$= 8318953125 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 81991602 \text{ N.mm}$$

$$q_{\text{ex}} = \frac{8 \cdot 81991602}{(6750)^2} = 14,3963 \text{ N/mm}$$

$$q_{\text{ex total}} = 14,3963 + 8,6876 = 23,0839 \text{ N/mm}$$

(1).Element. 59 (gambar21, di lampiran No.2)

$$R_A = \frac{\frac{1}{2} [2998 \cdot 1563 \cdot 2562 + (1563)^2 \cdot 1042]}{4561} q$$

$$= 1595130,77 q$$

$$M_x = \left[R_A \cdot x - \frac{1}{2} x \left(\frac{x \cdot 1563}{2998} \right) \frac{x}{3} \right] q$$

$$\frac{dM_x}{dx} = R_A - \frac{3}{6} \cdot \frac{1563 \cdot x^2}{2998}$$

$$x = \sqrt{1595130,77 \cdot 2998 \cdot 2} = 2473,71 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= \left[R_A \cdot 2473,71 - \left(\frac{1563 \cdot x^3}{6 \cdot 2998} \right) \right] q \\
 &= 2630598106 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 26684787,19 \text{ N.mm} \\
 q_{ex} &= \frac{8 \cdot 26684787,19}{(4561)^2} = 10,2620 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

(2). Element 94 (gambar 22, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned}
 R_C &= \frac{\frac{1}{2} [2926 \cdot 1563 \cdot 2610 + (1635)^2 \cdot 1090]}{4561} q \\
 &= 1627957,403 q
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= \left[R_A \cdot x - \frac{1}{2} x \left(\frac{x \cdot 1635}{2926} \right) \frac{x}{3} \right] q \\
 \frac{dM_x}{dx} &= 0 \Rightarrow x = 2413,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 2619790583 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 25820655,98 \text{ N.mm} \\
 q_{ex} &= \frac{8 \cdot 25820655,98}{(4561)^2} = 9,9272 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

(3). Element 59 (gambar23, di lampiran No.2)

$$R_E = \frac{\frac{1}{2} \cdot 5575 (2788)^2}{5575} q = 3886472 q$$

$$\begin{aligned}
 M_{\frac{1}{2}l} &= \left[R_E \cdot 2788 - \frac{1}{2} (2788)^2 \frac{(2788)^2}{3} \right] q \\
 &= 7223655957 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 73276766,03 \text{ N.mm} \\
 q_{ex} &= \frac{8 \cdot 73276766,03}{(5575)^2} = 18,8611 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

(4).Element 94 (gambar 24, di lampiran No.2)

$$R_G = \frac{2300(2300 + 975)^2}{2} q = 3766250 q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[R_G \cdot 2788 - \frac{1}{2}(2300)^2 \cdot 1254 - 2300 \frac{(487,5)^2}{2} \right] q$$

$$= 6910170313 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 68106638,6 \text{ N.mm}$$

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 68106638,6}{(5575)^2} = 17,5272 \text{ N/mm}$$

(5).Elemen 60,61,66 dan 67(gambar 25, di lampiran No.2)

$$R_1 = \frac{1688(1688 + 1394)^2}{2} q = 2601208 q$$

$$M_{\frac{1}{2}l} = \left[R_1 \cdot 2385 - \frac{1}{2}(1688)^2 \cdot 1260 - 1688 \frac{(697)^2}{2} \right] q$$

$$= 3998771564 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 39411892,53 \text{ N.mm}$$

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 39411892,53}{(4769)^2} = 13,8632 \text{ N/mm}$$

4.5 Beban Terpusat yang Bekerja Pada Balok

4.5.1 Beban Terpusat pada Balok "Ground Floor" As - K

1 - Titik B/elemen.89 (gambar 26, di lampiran No.2)

$$P_B = 16537175 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 162990,40 \text{ N}$$

$$P_B = \frac{\frac{1}{2} [3962 \cdot 901 + (1218)^2 + (1267)^2 + 2 \cdot 4600 \cdot 2300] + 2115 + \frac{(1267 + 1218)}{2}}{2} \cdot q$$

$$= \frac{16537175 q}{2} = \frac{16537175 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{167753,10}{2} \text{ N}$$

$$= 83876,55 \text{ N}$$

2 - Titik D/elemen.90 (gambar 27,di lampiran N0.2)

$$\begin{aligned} P_D &= [903 (2794 + 903) + 1482 (1482 + 1636)] \\ &= 7959267 \cdot q = 7959267 \cdot 9,856 \cdot 1 \\ &= 78446,54 \text{ N} \end{aligned}$$

3 - Titik E /elemen portal 2 dimensi (gambar28 , di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} P_E &= q (1482 + 1636) 1482 + 1288 (1288 + 2024) \\ &= 8886732 \cdot q = 8886732 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} \\ &= 87587,63 \text{ N} \end{aligned}$$

4 - Titik F/elemen.91 (gambar29, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} P_F &= 2 (2024 + 1288) 1288 \cdot q = 8531712 \cdot q \\ &= 8531712 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 84088,55 \text{ N} \end{aligned}$$

5 - Titik G/elemen portal 2 dimensi (gambar30, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} P_G &= q [(1288 + 2024) 1288 + 1888 (824 + 1888)] \\ &= 9386112 \cdot q = 9386112 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 92509,52 \text{ N} \end{aligned}$$

6 - Titik H / elemen 92 (gambar31, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} P_H &= 2 \cdot (1888 + 824) 1888 \cdot q = 10240512 \cdot q \\ &= 10240512 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 100930,49 \text{ N} \end{aligned}$$

7 - Titik I dan J /elemen 93(gambar32, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} P_I &= q [(1888 + 824) 1888 + (1000 + 2600) 1000] \\ &= 8720256 \cdot q = 8720256 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 85946,84 \text{ N} \end{aligned}$$

6 - Titik 6 /elemen.56 (gambar38, di lampiran No.2)

$$P = 2 \cdot q \left[(2153 + 1888) 1888 \right] = 15258816 \cdot q$$

$$= 15258816 \cdot 9,586 \cdot 10^{-3} = 150390,89 \text{ N}$$

7 - Titik 7/elemen portal 2 dimensi (gambar39, di lampiran No.2)

$$P = \left[(1888 + 2153) 1888 + \frac{1}{2} \left[(1000)^2 + (1611)^2 \right] + 3318 \cdot \frac{(1000 + 1611)}{2} \right] q$$

$$= 13758717,5 \cdot q = 13758717 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 135605,92 \text{ N}$$

8 - Titik 8 /elemen .57(gambar40, di lampiran No.2)

$$P = \left[\frac{1}{2} \cdot 1205 \cdot 1819 + \frac{1}{2} \cdot 2435 \cdot 1819 + 2547 \cdot 1819 + \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} \cdot 2163 \cdot 1612 + \frac{1}{2} \cdot 845 \cdot 1134 + 3179 \cdot \frac{(1612 + 1134)}{2} \right]$$

$$= 14530833 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 143215,89 \text{ N}$$

9 -Ramp. Ujung elemen.58,63 (gambar41, di lampiran No.2)

$$P_I = \frac{1}{2} \cdot q \cos 9,606^\circ \cdot 4600 \cdot 2300$$

$$= 5212826,62 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3}$$

$$= 51407,19 \text{ N}$$

$$P_{II} = (2600 + 1000) 1000 \cdot q$$

$$= 3600000 \cdot q = 3600000 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3}$$

$$= 35481,6 \text{ N}$$

10 - Beban Merata Balok "Basement" untuk Bentang A-C As-K. el.balok susulan (gambar42, di lampiran No.2)

$$M_x = 1,46763 \cdot 10^{10} \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 148876387,2$$

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 148876387,2}{(8506)^2} = 16,4613 \text{ N/mm}$$

Untuk Beban pada kedua sisi balok :

$$q_{ex} = 2 \cdot 16,4613 = 32,9227 \text{ N/mm}$$

11 - Beban Merata dan Beban titik Balok Anak. (gambar 43, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned} \text{Beban terpusat } P &= \frac{1}{2} \cdot q (8292 \cdot 1210) + (2788 + 3624) 2788 q = 22893316 \cdot q \\ &= 22893316 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 232229,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{[0,5 (1210)^2 \cdot 7485 + 0,5 \cdot 7082 \cdot 1210 \cdot 4721 + (2788 + 3624) 2788 \cdot 3692] q}{8292} \\ &= 11059774,72 q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{(2788 + 3624) 2788 \cdot 4600 + \frac{1}{2} (1210)^2 \frac{1210 \cdot 2}{3} + \frac{7028 \cdot 1210}{2} \left(1210 + \frac{7028}{3}\right) q}{22893316 q} \\ &= 4286,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= \left[11059774,72 \cdot 4286,06 - \frac{1}{2} (2788)^2 \cdot 2427,4 - 2788 \cdot \frac{(1498,06)^2}{2} - \frac{1}{2} \cdot (1210)^2 \cdot 3479,4 - \right. \\ &\quad \left. \left[\frac{2796 \cdot 1210}{7028} + 1210 \right] 0,5 \cdot \frac{(3076)^2}{2} \right] q \\ &= 2,83012 \cdot 10^{10} \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 287086962,50 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$q_{ex} = \frac{8 \cdot 287086962,50}{(8292)^2} = 33,4030 \text{ N/mm}$$

12-.Beban merata balok anak, dengan balok suslan (gambar 44, lampiran 2)

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot 4600 \cdot 2300 \cdot 6446 + \frac{1}{2} \cdot 4600 \cdot 2300 \cdot 2300 + \frac{1}{2} \cdot 901 \cdot 3692 \cdot 6006,75 + \frac{1}{2} (1218)^2 \cdot 37 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} (1267)^2 \cdot 845 + \frac{(1267 + 1218)}{2} \cdot 2115 \cdot 2324,5 \right] q}{8292} \\ &= 8029935,78 q \end{aligned}$$

$$R_B = 16415540 q - 8029935,78 q = 8385604,22 q$$

$$x = \frac{8029935,78 \cdot 8292}{16415540} = 4056,17 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= \left[8029935,78 \cdot 4235,83 - \frac{1}{2} \cdot 4600 \cdot 2300 \cdot 2389,8 - \frac{1}{2} \cdot 901 \cdot 3692 \cdot 1950,58 - \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{2} \cdot 543,83 \cdot 1087,66 \cdot \frac{543,83}{3} \right] q \\
 &= 1,8074 \cdot 10^{10} \quad q = 1,8074 \cdot 10^{10} \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 183337520,70 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 183337520,70}{(8292)^2} = 21,3316 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

13 - Untuk Beban titik / Terpusat. (gambar45, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\left[\frac{1}{2} \cdot 901 \cdot 2168 + \frac{1}{2} \cdot 1267 \cdot 2168 + 2(975 + 2300) 2300 \right] q}{2} \\
 &= \frac{17415112 \cdot q}{2} = 8707556 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 88329,45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

14 - Beban Merata untuk Balok susulan. (gambar46, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned}
 R_A &= R_B = q(975 + 2300) 2300 \\
 R_A &= 7532500 \quad q \quad ; R_B = 7532500 \quad q \\
 M_{\text{maks}} &= \left[7532500 \cdot 2787,5 - \frac{1}{2} \cdot 2300 \cdot 4600 \left(\frac{2300}{3} + 487,5 \right) - \frac{(487,5)^2}{2} \cdot 2300 \right] \\
 &= 1,4089 \cdot 10^{10} \quad q = 1,4089 \cdot 10^{10} \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} = 142918789,6 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 142618789,6}{(5575)^2} = 36,7866 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

15 - Beban Terpusat Portal Membujur As - 1A. (gambar47, di lampiran No.2)

$$\begin{aligned}
 &\frac{1}{2} \cdot 961 \cdot 2681 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{2} \cdot 1720 \cdot 2681 \cdot 10,144 \cdot 10^{-3} + \\
 P &= \frac{2(1688 + 1398) 1688 \cdot 9,856 \cdot 10^{-3}}{2} \\
 &= 69569,72 \text{ N}
 \end{aligned}$$

16 - Balok Ground Floor As - 1A.

Balok A - B : (lihat Balok Basement I)

$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= (9601299474 + 5433003677) \quad q \\
 &= 1,50343 \cdot 10^{10} \cdot 9,856 \cdot 10^{-3} = 148178091,9 \text{ N.mm} \\
 q_{\text{ex}} &= \frac{8 \cdot 148178091,9}{(6050)^2} = 32,3864 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$



BAB V

ANALISIS TAMPANG ELEMEN

5.1 Umum

Langkah selanjutnya dalam analisis portal ini adalah pemeriksaan kekuatan masing-masing elemen struktur. Pemeriksaan kekuatan elemen struktur ini meliputi:

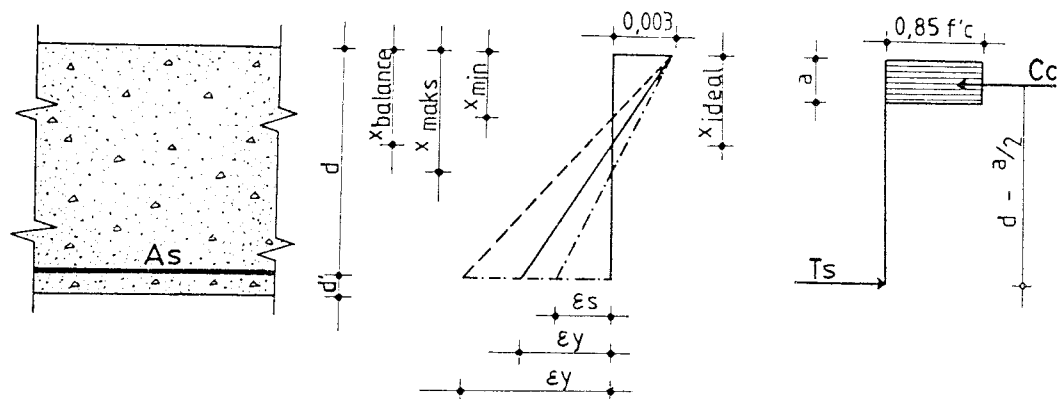
- a) kekuatan pelat ,
- b) kekuatan balok,
- c) kekuatan kolom,
- d) kekuatan sambungan (baut).

dalam mendukung beban baru akibat terjadinya perubahan perilaku struktur karena kurangnya satu balok induk.

Pengerjaan pemeriksaan kekuatan elemen struktur ini menggunakan cara pengerjaan yang mengacu pada referensi dan rumus-rumus yang telah disebutkan pada bab terdahulu.

Hasil akhir dari pemeriksaan kekuatan elemen struktur ini, berupa perbandingan dari perhitungan analisis kekuatan tampang elemen struktur dengan hasil perhitungan mekanika portal. Elemen struktur akan diketahui aman atau tidaknya dari hasil perbandingan tersebut.

5.2 Beban Batas Pada Pelat



Gambar 5.1 Diagram tegangan pelat

Plat terjepit sempurna pada keempat sisinya :

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{9200}{5575} = 1.6502 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Kapasitas Momen Tulangan Arah l_x

Data lapangan:

Tebal pelat 130 mm , tulangan D12 - 200 mm

$$f_y = 400 \text{ MPa} , f_c = 35 \text{ MPa} \quad \beta_1 = 0.81$$

$$d' = 20 + 12/2 = 26 \text{ mm}$$

$$d = 130 - 26 = 104 \text{ mm}$$

$A_s = A_s'$ (tulangan tumpuan sama dengan tulangan lapangan)

Penyelesaian:

$$A_s = (1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2) / 200 = 565,4867 \text{ mm}^2$$

$$x_b = \frac{0,003 \cdot d}{0,003 + f_y / E_s}$$

$$= \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 104}{600 + 400} = 62,4 \text{ mm}$$

$$x_{\text{max}} = 0,75 \cdot x_b$$

$$= 0,75 \cdot 62,4 = 46,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{max}} = 0,81 \cdot x_{\text{max}}$$

$$= 0,81 \cdot 46,8 = 37,91 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$C_c = T_s = A_s \cdot f_y$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$a = A_s \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c \cdot b)$$

$$= 565,4867 \cdot 400 / (0,85 \cdot 35 \cdot 1000)$$

$$= 7,6032 \text{ mm} < a_{\text{max}} = 37,91 \text{ mm}$$

maka:

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a)$$

$$= 565,4867 \cdot 400 \cdot (104 - \frac{1}{2} \cdot 7,6032) = 22664347 \text{ Nmm}$$

$$M_n^+ (\text{lap}) = M_n^- (\text{tumpuan}) = 22664347 \text{ Nmm}$$

Kapasitas Momen Tulangan Arah l_y

Data lapangan:

Tebal pelat 130 mm, tulangan D10 - 200 mm

$f_y = 240 \text{ MPa}$, $f_c = 35 \text{ MPa}$

$$d' = 20 + 12 + 10/2 = 37 \text{ mm}$$

$$d = 130 - 37 = 93 \text{ mm}$$

$$A_s = 1000 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 200 = 392,6991 \text{ mm}^2$$

penyelesaian:

$$x_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 93}{600 + 240} = 66,4286 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} x_{\max} &= 0,75 \cdot x_b \\ &= 0,75 \cdot 66,4286 = 49,8217 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_s = C_c$$

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

$$\begin{aligned} a &= A_s \cdot f_y / (0,85 \cdot F'_c \cdot b) \\ &= 392,6991 \cdot 240 / (0,85 \cdot 35 \cdot 1000) \\ &= 3,168 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T_s (d - a/2) \\ &= 392,6991 \cdot 240 \cdot (93 - 3,168/2) \\ &= 8615755,764 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n^+ (\text{lap}) = M_n^- (\text{tumpuan}) = 8615755,764 \text{ Nmm}$$

-Perhitungan beban batas dengan teori garis leleh

$$M_{nxx} + M_{npx} = 22664347 + 22664347 = 45,3287 \text{ KNm}$$

$$M_{nny} + M_{npy} = 8615755,764 + 8615755,764 = 17,2315 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_{nny} + M_{npy}}{M_{nxx} + M_{npx}} = \frac{17,2315}{45,3287} = 0,3802 < a^2/b^2 = 1,6502$$

Mennghitung panjang x

$$4.a.(Mnmx+Mnpx) \cdot x^2 + 4.b^2.(Mnny + Mnpy) \cdot x - 3 \cdot a \cdot b^2 \cdot (Mnny + Mnpy) = 0$$

$$4 \cdot 9,2 \cdot (45,3287) \cdot x^2 + 4 \cdot 5,575^2 \cdot (17,2315) \cdot x - 3 \cdot 9,2 \cdot 5,575^2 \cdot (17,2315) = 0$$

$$1668,0959 \cdot x^2 + 2142,2646 \cdot x - 14781,6257 = 0$$

$$x^2 + 1,2843 \cdot x - 8,8614 = 0$$

$$x = 2,4032 \text{ m}$$

Beban batas yang terjadi W_u/\emptyset :

$$\frac{W_u}{\emptyset} = \frac{12 \cdot (b^2 \cdot (Mnny + Mnpy) + 2 \cdot a \cdot x \cdot (Mnmx + Mnpx))}{b^2 \cdot (3 \cdot a \cdot x - 2 \cdot x^2)}$$

$$= \frac{12 \cdot (5,575^2 \cdot (17,2315) + 2 \cdot 9,2 \cdot 2,403^2 \cdot (45,3287))}{5,575^2 \cdot (3 \cdot 9,2 \cdot 2,403 - 2 \cdot 2,403^2)}$$

$$= 17,9025 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{W_u}{\emptyset} = \frac{24 \cdot a \cdot (Mnmx + Mnpx)}{2 \cdot b^2 \cdot x + 3 \cdot b^2 \cdot (a - 2 \cdot x)}$$

$$= \frac{24 \cdot 9,2 \cdot (45,3287)}{2 \cdot 5,575^2 \cdot 2,4032 + 3 \cdot 5,575^2 \cdot (9,2 - 2 \cdot 2,403^2)}$$

$$= 17,9025 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{W_u}{\emptyset} = \frac{6 \cdot (Mnny + Mnpy)}{x^2}$$

$$= \frac{6 \cdot (17,2315)}{2,4032^2}$$

$$= 17,9025 \text{ KN/m}^2$$

Jadi beban merata yang terjadi pada pelat tersebut :

$$q_{ult} = \phi \cdot W_u$$

$$= 0,8 \cdot 17,9025$$

$$= 14,3220 \text{ KN/m}^2 > q = 10,144 \text{ KN/m}^2$$

Pelat tersebut aman untuk mendukung beban walaupun terjadi pembesaran bentang akibat balok induk yang tidak dicor.

5.3 Balok

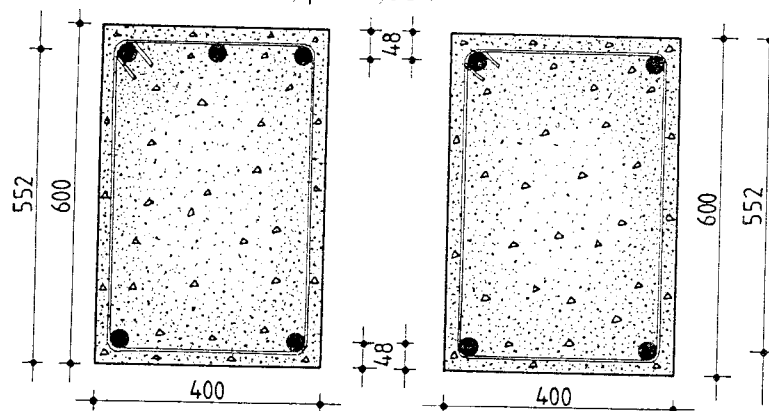
5.3.1 Balok Induk B-8

a . Bagian Lapangan

Dari tampak yang terdapat dilapangan didapat data sebagai berikut:

$$d' = 25 + 12 + 22/2 = 48 \text{ mm}; \quad A_s = A_s' = 2 \cdot A_{D22} = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 22^2 = 760,2654 \text{ mm}^2,$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}, \quad f_c = 35 \text{ MPa}, \quad \beta = 0,81.$$



Gambar 5.3.1 Tampang balok B-8

Penyelesaian :

$$d = 600 - 48 = 552 \text{ mm}$$

Mengacu pada prinsip keseimbangan

$$T_s = C_c + C_s$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 760,2654 \cdot 400 = 304106,1689 \text{ mm}^2$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$$

$$C_s = ((x - d') / x \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'_c) \cdot A_s'$$

maka :

$$T_s = C_s + C_c$$

$$304106,1689 = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + ((x - d') / x) \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'_c \cdot A_s'$$

$$304106,1689 = 0,85 \cdot 35.400 \cdot 0,81 \cdot x + ((x-48)/x) \cdot 0,003 \cdot 2.10^5 - 0,85 \cdot 35) \cdot 760.2654$$

$$9639 \cdot x^2 + 456159,253 \cdot x - 21995644,16 - 22617,896 \cdot x = 304106,1689 \cdot x$$

$$9639 \cdot x^2 + 129435,1881 \cdot x - 2189644,16 = 0$$

$$x^2 + 13,4283 - 2271,5680 = 0$$

$$x = 41,4174 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 41,4174 = 33,5481 \text{ mm}$$

Apabila daerah beton desak tidak dikurangi luasan tulangan atas maka :

$$304106,1689 = 0,85 \cdot 35.400 \cdot 0,81 \cdot x + ((x - 48) / x \cdot 0,003 \cdot 2.10^5 \cdot 760,2654)$$

$$304106,1689 = 9639 \cdot x + 456159,24 - 21895643,52 / x$$

$$9639 \cdot x^2 + 172053,0711 \cdot x - 21895643 = 0$$

$$x^2 + 15,778 \cdot x + 2271,5679 = 0$$

$$x = 40,4218 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 40,4218 = 32,7417 \text{ mm}$$

Kontrol kesetimbangan

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 32,7417 \\ &= 389625,8477 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon'_s &= (d' - x) / x \cdot 0.003 = \frac{(48 - 40,4218)}{40,4218} \cdot 0,003 \\ &= 0,00056 \leq f_y / E_s = 0,002 \text{ Baja desak belum leleh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s' &= \epsilon'_s \cdot E_s \cdot A_s' = 0,00056 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 750,2654 \\ &= 85519,6788 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 760,2654 \cdot 400 = 304106,16 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_c &= T_s' + T_s = 85519,6788 + 304106,16 \\ &= 389625,8388 \text{ N} \quad \text{ok} \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Kapasitas Momen Tampang:

$$\begin{aligned} M_n &= T_s' \cdot (d' - a/2) + T_s \cdot (d - a/2) \\ &= 85519,6788 \left(48 - \frac{32,7147}{2} \right) + 304104,16 \left(552 - \frac{32,7147}{2} \right) \\ &= 165593045 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 165593045 = 132474436 \text{ Nmm}$$

Perhitungan kapasitas tampang dengan balok B-8 dianggap

tulangan sebelah

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{760,2654 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\ &= 25,5551 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$x = 25,5551/0,81 = 31,5496 \text{ mm}$$

$$\varepsilon's = \frac{d'-x}{x} \cdot 0,003 = \frac{48 - 31,5496}{31,5496} \cdot 0,003$$

$$= 0,00156 < f_y/E_s = 0,002 \text{ Baja belum leleh}$$

Kontrol kapasitas momen :

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$= 760,2654 \cdot 400 \cdot (552 - \frac{25,5551}{2}) = 163980687,30 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 163980687,30 = \mathbf{131184639,9 \text{ Nmm}}$$

b. bagian tumpuan

Dari data di lapangan didapat:

$$A_s = 3 \cdot D22 = 1140,3981 \text{ mm}^2; A_s' = 2 \cdot D22 = 760,2654 \text{ mm}^2; d' = 48 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 48 = 552 \text{ mm}; f_c = 35 \text{ MPa}; f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho' = A_s' / b \cdot d = \frac{760,2654}{400 \cdot 552} = 0,00344$$

$$\rho = A_s / b \cdot d = \frac{1140,3981}{400 \cdot 552} = 0,00516$$

Penyelesaian:

$$A_{sl} = A_s - A_s' = 1140,3981 - 760,2654$$

$$= 380,1327 \text{ mm}^2$$

$$\rho - \rho' = 0,0051 - 0,00344 = 0,00172$$

Untuk mengontrol tulangan tekan sudah leleh

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &\geq \frac{0,85 \cdot f'c \cdot d'}{f_y \cdot d} \cdot \frac{600}{600 - f_y} \\ &\geq \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 48}{400 \cdot 552} \cdot \frac{600}{600 - 400} \\ &\geq 0,0194 \end{aligned}$$

$\rho - \rho' = 0,00172 < 0,0194$ maka tahanan tekan belum leleh

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + ((x-d')/x) \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'c \cdot A_s' = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + ((x-48)/x) \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35 \cdot 760,2654 = 1140,3981 \cdot 400$$

$$9639 \cdot x^2 + 456159,24 \cdot x - 21895643,52 - 22617,897 \cdot x = 456159,24$$

$$9639 \cdot x^2 + 22617,8957 \cdot x + 21895643,52 = 0$$

$$x^2 + 2,3465 \cdot x - 2271,5679 = 0$$

$$x = 48,8487 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 48,8487 = 39,5674 \text{ mm}$$

Apabila luas daerah desak tidak dikurangi luasan tulangan

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + (x-d')/x \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + (x-48)/x \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 760,2654 = 1140,3981 \cdot 400$$

$$9639 \cdot x^2 - 21895643,52 = 0$$

$$x^2 = \frac{21895643,52}{9639}$$

$$x = 47,6609 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 47,6609 = 38,6054 \text{ mm}$$

Kontrol keseimbangan:

$$C_c = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 38,6054$$

$$= 459404,0791 \text{ N}$$

$$\varepsilon's = (d' - x) / x \cdot 0,003 = \frac{(48 - 47,6609)}{47,6609} \cdot 0,003$$

$$\varepsilon's = 0,000021 < \varepsilon_y = 0,002 \text{ tulangan desak belum luluh}$$

$$T_s' = \varepsilon's \cdot E_s \cdot A_s'$$

$$= 0,000021 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 760,2654$$

$$= 3244,8391 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 1140,3981 \cdot 400$$

$$= 456159,24 \text{ N}$$

$$C_c = T_s' + T_s$$

$$= 3244,8391 + 456159,24$$

$$= 459404,071 \text{ N ----- ok}$$

Kontrol kapasitas momen tampang:

$$M_n = T_s' (d' - a/2) + T_s (d - a/2)$$

$$= 3244,8391 (48 - 38,6054/2) + 456159,24 (552 - 38,6054/2)$$

$$= 243087917,10 \text{ Nmm}$$

$$Mu = \phi \cdot Mn = 0,8 \cdot 243087917,10$$

$$= \mathbf{194470333,70 \text{ Nmm}}$$

Perhitungan kapasitas tampang dengan balok dianggap tulangan sebelah:

$$Cc = Ts$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = As \cdot fy$$

$$a = \frac{1140,400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 38,3327 \text{ mm}$$

$$x = 38,327/0,81 = 47,3243$$

$$\epsilon's = (d'-x)/x \cdot 0,003 = \frac{48 - 47,3243}{47,3243} \cdot 0,003 = 0,000043$$

$$Cc = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 38,3327 = 456159,13 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot fy = 1140,3981 \cdot 400 = 456159,24 \text{ N}$$

Kontrol kapasitas Momen tampang

$$Mn = Ts \cdot (d-a/2)$$

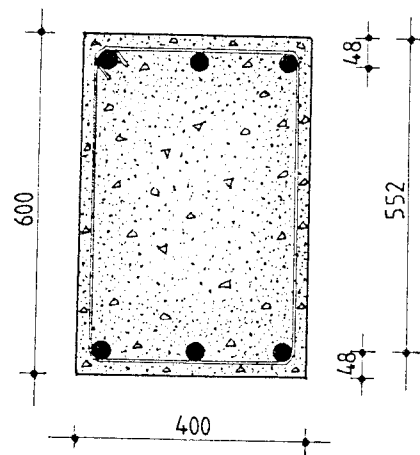
$$= 456159,24 \cdot (552 - 38,3327/2)$$

$$= 243056992,8 \text{ Nmm}$$

$$Mu = \phi \cdot Mn = 0,8 \cdot 243056992,8$$

$$= \mathbf{192285594,24 \text{ Nmm}}$$

5.3.2 Balok B - 37



$$h = 600 \text{ mm}, b = 400 \text{ mm}$$

$$d' = 25 + 12 + 22/2 = 48 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 48 = 552 \text{ mm}$$

$$f'c = 35 \text{ MPa}, \beta = 0.81$$

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

Gambar 5.3.2 Tampang Balok B-37

$$As = As' = 3 \cdot D22 = 3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 = 1140,381 \text{ mm}^2$$

$$Ts = Cc + Cs$$

$$As \cdot fy = (0,003 \cdot (x-d')/x \cdot Es - 0,85 \cdot f'c) As' + 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta \cdot x$$

$$1140,3981 \cdot 400 = (0,003 \cdot (\frac{x-48}{x}) \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35) \cdot 1140,3981 + 0,85 \cdot$$

$$35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x$$

$$456159,24 = 684238,86 - \frac{32843465,28}{x} - 3326,8435 + 9639 \cdot x$$

$$9639 \cdot x - \frac{32843465,28}{x} + 191452,7765 = 0$$

$$9639 \cdot x^2 + 191452,7765 \cdot x - 32843465,28 = 0$$

$$x^2 + 20,1424 \cdot x - 3407,3519 = 0$$

$$x = 49,1638 \text{ mm}$$

Apabila luas beton desak tidak dikurangi luasan tulangan desak maka,

$$Ts = Cs + Cc$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + (x - d')/x \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s'$$

$$1140,3981 \cdot 400 = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + \frac{x - 48}{x} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1140,3981$$

$$456159,24 = 9639 \cdot x + 684238,86 - \frac{32843465,28}{x}$$

$$9639 \cdot x^2 + 228079,62 \cdot x - 32843465,28 = 0$$

$$x^2 + 23,6622 \cdot x - 3407,3519 = 0$$

$$x = 47,7248 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 47,7248 = 38,6599 \text{ mm}$$

Kontrol keseimbangan

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 38,6599$$

$$= 460053,5971 \text{ N}$$

$$\epsilon'_s = (d' - x)/x \cdot 0,003$$

$$= \frac{(48 - 47,7284)}{47,7284} \cdot 0,003$$

$$= 0,000017 < f_y/E_s = 0,002 \text{ baja tekan belum luluh}$$

$$T_s' = \epsilon'_s \cdot E_s \cdot A_s'$$

$$= 0,000017 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1140,3981$$

$$= 3894,3571 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 1140,3981 \cdot 400$$

$$= 456159,24 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= T_{s'} + T_s \\
 &= 3894,3571 + 456159,24 \\
 &= 460053,5971 \text{ N ----- ok}
 \end{aligned}$$

Kapasitas momen tampang

$$\begin{aligned}
 M_n &= T_{s'} \cdot (d' - a/2) + T_s \cdot (d - a/2) \\
 &= 3894,3571 \cdot (48 - 38,6599/2) + 456159,24 \cdot (552 - 38,6599/2) \\
 &= 243094001,40 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 243094001,40 \\
 &= 194475201,10 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

5.3.3 Balok Anak B - 21

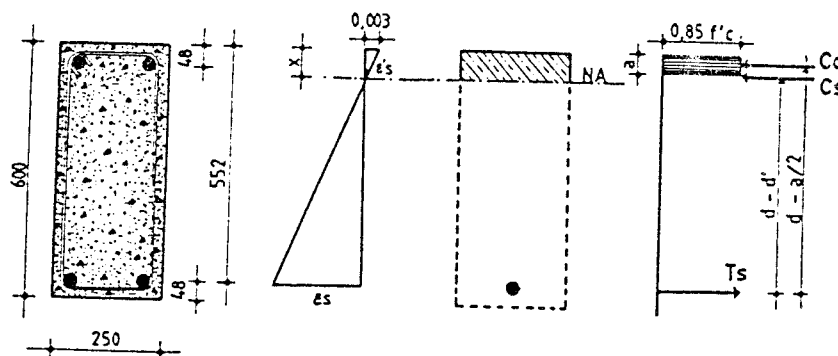
Data :

$$d' = 25 + 22/2 + 12 = 48 \text{ mm}$$

$$d = 552 \text{ mm}$$

$$A_s = A_{s'} = 2 \cdot D22 = 760,2654 \text{ mm}^2$$

$$f_c = 35 \text{ MPa} \quad , \beta_1 = 0,81 ; f_y = 400 \text{ MPa}$$



Gambar 5.3.3 Tampang Balok Anak B-21

-penyelesaian

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot F'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + ((x-d')/x) \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'c) A_s'$$

$$760,2654 \cdot 400 = 0,85 \cdot 35 \cdot 250 \cdot 0,81 \cdot x + ((\frac{x-48}{x}) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35) 760,2654$$

$$304106,16 \cdot x = 6024,375 x^2 + ((x-48) \cdot 600 - 2975 \cdot x) \cdot 760,2654$$

$$6024,375 \cdot x^2 + 456159,24 \cdot x - 21895643,52 - 226178957 \cdot x - 304106,16 \cdot x = 0$$

$$6024,375 \cdot x^2 + 129435,1844 \cdot x - 21895643,52 = 0$$

$$x^2 + 21,4852 \cdot x - 3634,5087 = 0$$

$$x = 50,4939 \text{ mm ,}$$

$$a = 0,81 \cdot 50,4939$$

$$= 40,9 \text{ mm}$$

Kontrol keseimbangan

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 250 \cdot 40,9$$

$$= 304194,3487 \text{ N}$$

$$\epsilon'_s = \frac{50,4939 - 48}{50,4939} \cdot 0,003 = 0,000148 < f_y / E_s = 0,002$$

$$C_s = (0,000148 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35) 760,2654$$

$$= -114,03981 \text{ N}$$

$$T_s = 760,2654 \cdot 40 = 304106,16 \text{ N}$$

Kontrol kapasitas momen tampang

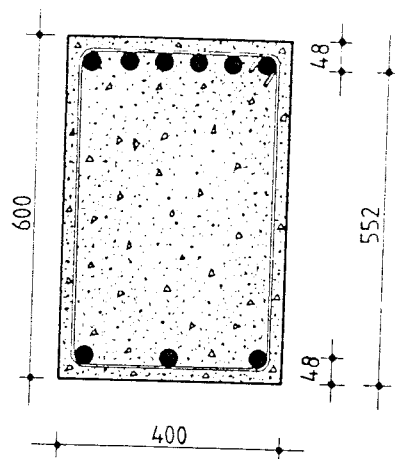
$$M_n = C_c (d-a/2) + C_s (d - d')$$

$$= 304194,34194 (552 - 40,9/2) + 114,03981 (552 - 48) = 161751982,54 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \varphi \cdot M_n = 0,8 \cdot 161751982,54 = 129401586,032 \text{ Nmm}$$

5.3.4 Balok B-1

- Bagian Tumpuan Kiri



Dari data dilapangan di-peroleh:

$$d' = 25 + 12 + 22/2 = 48 \text{ mm}$$

$$b = 400 ; h = 600$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa} ; f_y = 400 \text{ MPa}$$

Gambar 5.3.4 Tampang Balok B-1

$$A_s' = 3 \text{ D } 22 = 1140,381 \text{ mm}^2 ; A_s = 6 \text{ D } 22 = 2280,7962 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2280,7962}{400 \cdot 552} = 0,01033$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d} = \frac{1140,3981}{400 \cdot 552} = 0,00516$$

$$\rho - \rho' = 0,01033 - 0,00516 = 0,00516$$

Kontrol lelehnya tulangan tekan

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot f'c \cdot d'}{f_y \cdot d} \cdot \frac{600}{600 - f_y}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot 35 \cdot 48}{400 \cdot 552} \cdot \frac{600}{600 - 400}$$

$$\rho - \rho' \geq 0,0152$$

0,00516 < 0,0152 jadi tulangan tekan belum leleh

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + ((x-d')/x) \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'c) A_s'$$

$$2280,7962 \cdot 400 = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + \left(\frac{x-48}{x}\right) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35) 1140,398$$

$$912318,48 \cdot x = 9639 \cdot x^2 + ((x-48) \cdot 600 - 29,75 \cdot x) \cdot 1140,398$$

$$9639 \cdot x^2 + 684238,8 \cdot x - 32843462,40 - 33926,8405 \cdot x = 0$$

$$9639 \cdot x^2 + 650311,96 \cdot x - 32843462,40 = 0$$

$$x^2 + 27,1819 \cdot x - 3407,3516 = 0$$

$$x = 73,5248 \text{ mm}$$

$$a = 0,81 \cdot 73,5248$$

$$= 59,551 \text{ mm}$$

Maka,

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 59,551 \cdot 400$$

$$= 708705,5956 \text{ N}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{(x - d')}{x} \cdot 0,003 = \frac{(73,5248 - 48)}{73,5248} \cdot 0,003 = 0,00104 < 0,002$$

$$\begin{aligned} C_s &= \left(\frac{x - d'}{x} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot -0,85 \cdot f_c \right) \\ &= \left(\frac{73,5248 - 48}{73,5248} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot -0,85 \cdot f_c \right) \\ &= 203612,8844 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$\begin{aligned} 912318,48 \text{ N} &= 708705,5956 \text{ N} + 203612,8844 \text{ N} \\ &= 912318,48 \text{ N} \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

Kapasitas Momen Tampang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) + C_s \cdot (d - d') \\ &= 708705,5956 \cdot (552 - \frac{1}{2} \cdot 59,551) + 203612,8844 \cdot (552 - 48) \\ &= 472722869 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 472722869 \\ &= 378178295,20 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Bagian Lapangan

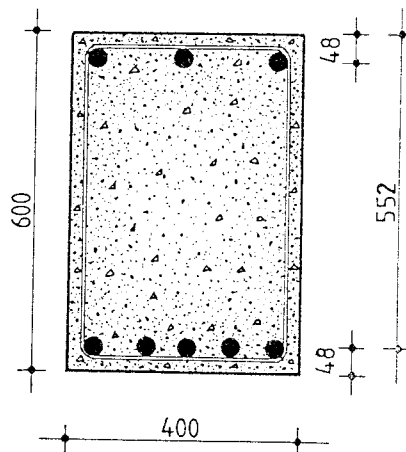
$$d = 25 + 12 + 22/2 = 48 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm} ; h = 600 \text{ mm}$$

$$d' = 600 - 48 = 552 \text{ mm}$$

$$A_s = 3 \text{ D } 22 = 1140,390 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 5 \text{ D } 22 = 1900,664 \text{ mm}^2$$



$$f_c = 35 \text{ MPa} ; f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1900,644}{400 \cdot 552} = 0,0086$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d} = \frac{1140,3981}{400 \cdot 552} = 0,00516$$

$$\rho - \rho' = 0,0086 - 0,00516 = 0,00345$$

Kontrol lelehnya tulangan tekan

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot f'_c \cdot d'}{f_y \cdot d} \cdot \frac{600}{600 - f_y}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot 35 \cdot 48}{400 \cdot 552} \cdot \frac{600}{600 - 400}$$

$$\rho - \rho' \geq 0,01572$$

$0,00345 < 0,01572$ jadi tulangan tekan belum leleh

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + \left(\frac{x - d'}{x} \right) \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'_c \cdot A_s'$$

$$1900,644 \cdot 400 = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + \left(\frac{x - 48}{x} \right) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35 \cdot 1140,398$$

$$760265,422 \cdot x = 9639 \cdot x^2 + ((x - 48) \cdot 600 - 29,75 \cdot x) \cdot 1140,398$$

$$9639 \cdot x^2 + 684238,8 \cdot x - 32843462,40 - 33926,8405 \cdot x = 760265,422 \cdot x$$

$$x^2 - 11,4071 \cdot x - 3407,3516 = 0$$

$$x = 64,3541 \text{ mm} ,$$

$$a = 0,81 \cdot 64,3541$$

$$= 52,1268 \text{ mm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 52,1268 \cdot 400 \\ &= 620308,9981 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s' = \frac{(x - d')}{x} \cdot 0,003 = \frac{(64,3541 - 48)}{64,3541} \cdot 0,003 = 0,00076 < 0,002$$

$$\begin{aligned} C_s &= \left(\frac{x - d'}{x} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot f_c \right) \cdot A_s' \\ &= \left(\frac{64,3541 - 48}{64,3541} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35 \right) \cdot 1140,398 \\ &= 139956,4353 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 1900,644 \cdot 400 = 760265,4222 \text{ N}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$\begin{aligned} 760265,4222 \text{ N} &= 620308,991 \text{ N} + 139956,4353 \text{ N} \\ &= 760265,4222 \text{ N} \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

Kapasitas Momen Tampang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) + C_s \cdot (d - d') \\ &= 620308,991 \cdot (552 - \frac{1}{2} \cdot 59,551) + 139956,4353 \cdot (552 - 48) \\ &= 396781246,80 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,8 \cdot 396781246,80 \\ &= 317424997,40 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Bagian Tumpuan Kanan

Spesifikasi bahan sama dengan bagian lain kecuali,

$$As' = 4 D 22 = 1520,531 \text{ mm}^2$$

$$As = 7 D 22 = 2660,929 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 63 = 537 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d} = \frac{2660,929}{400 \cdot 537} = 0,01238$$

$$\rho' = \frac{As'}{bd} = \frac{1520,531}{400 \cdot 537} = 0,00708$$

$$\rho - \rho' = 0,01236 - 0,00708 = 0,0053$$

Kontrol lelehnya tulangan tekan

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot f'c \cdot d'}{fy \cdot d} \cdot \frac{600}{600 - fy}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \cdot 0,81 \cdot 35 \cdot 48}{400 \cdot 537} \cdot \frac{600}{600 - 400}$$

$$\rho - \rho' \geq 0,0162$$

0,00345 < 0,01572 jadi tulangan tekan belum leleh

$$Ts = Cc + Cs$$

$$As \cdot fy = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x + ((x - d')/x) \cdot 0,003 \cdot Es - 0,85 \cdot f'c) As'$$

$$2660,929 \cdot 400 = 0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 0,81 \cdot x + \left(\frac{x - 48}{x}\right) \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35) 1520,531$$

$$1064371,591 \cdot x = 9639 \cdot x^2 + ((x - 48) \cdot 600 - 29,75 \cdot x) \cdot 150,531$$

$$9639 \cdot x^2 + 912318,5066 \cdot x - 43791288,32 - 45235,7926 \cdot x = 1064371,591 \cdot x$$

$$x^2 - 20,4678.x - 4543,1360 = 0$$

$$x = 78,4092 \text{ mm ,}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,81 \cdot 78,4092 \\ &= 63,5114 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 63,5114 \cdot 400 \\ &= 755785,9403 \text{ N} \end{aligned}$$

$$e_s' = \frac{(x - d')}{x} \cdot 0,003 = \frac{(78,4092 - 48)}{78,4092} \cdot 0,003 = 0,0012 < 0,002$$

$$\begin{aligned} C_s &= \left(\frac{x - d'}{x} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot f_c \right) \cdot A_s' \\ &= \left(\frac{78,4092 - 48}{78,4092} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 35 \right) \cdot 1520,531 \\ &= 308585,6507 \text{ N} \end{aligned}$$

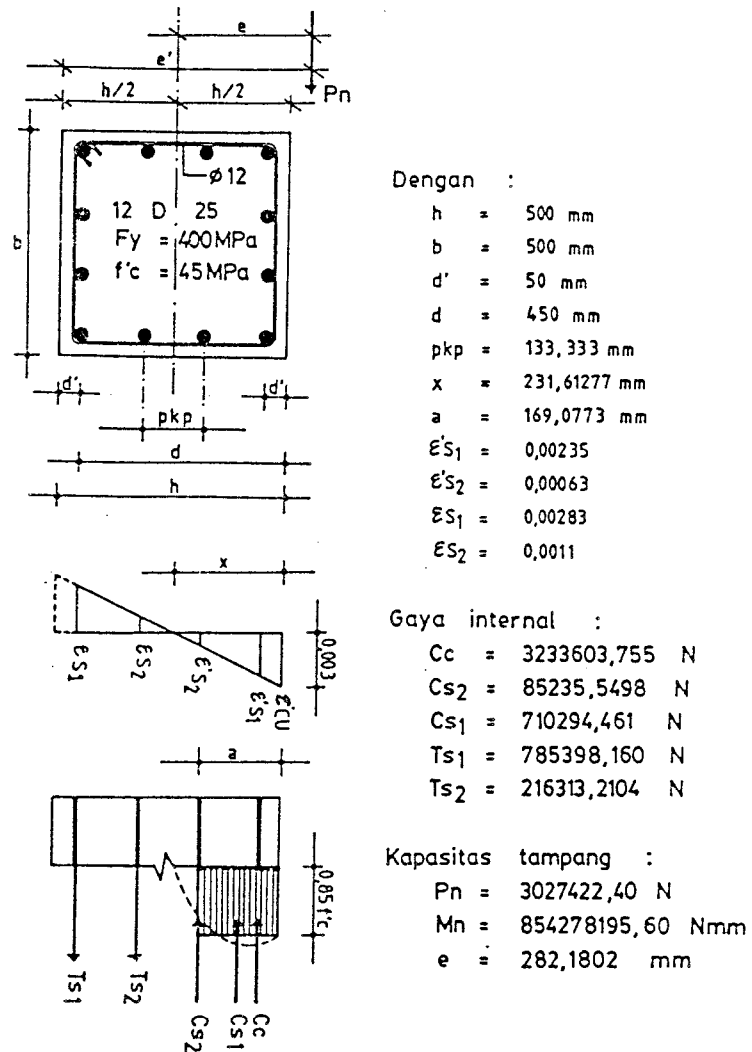
$$T_s = A_s \cdot f_y = 2660,929 \cdot 400 = 1064371,591 \text{ N}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$\begin{aligned} 1064371,591 \text{ N} &= 755785,9403 \text{ N} + 308585,6507 \text{ N} \\ &= 1064371,591 \text{ N} \quad \text{Ok} \end{aligned}$$

Kapasitas Momen Tampang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) + C_s \cdot (d - d') \\ &= 755785,9403 \cdot (537 - \frac{1}{2} \cdot 63,5114) + 308585,6507 \cdot (537 - 48) \end{aligned}$$



Gambar 5.4.1 Tampang dan diagram tegangan Kolom K11

$$\varepsilon's_2 = \frac{x - (d' + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{257,1492 - (50 + 133,33)}{257,1492} \cdot 0,003$$

$$= 0,00086 < 0,002 \text{ baja tulangan belum leleh}$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d - x'}{x} \cdot 0,003 = \frac{450 - 257,1492}{257,1492} \cdot 0,003 = 0,00225 > 0,002$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{(d - x) - p_{kp}}{(d - x)} \cdot 0,003 = \frac{(450 - 257,1492) - 133,333}{(450 - 257,1492)} \cdot 0,003$$

$$= 0,00069 < 0,002$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 45 \cdot 187,7143 \cdot 500 = 3590035,714 \text{ N}$$

$$C_s = A_s'1 \cdot f's_1 + A_s'2 \cdot f's_2$$

$$= 1963,4954 \cdot 400 + 981,7477 \cdot 0,00086 \cdot 2 \cdot 10^5$$

$$= 954258,7651 \text{ N}$$

$$T_s = A_{s1} \cdot f_{s1} + A_{s2} \cdot f_{s2}$$

$$= 1963,4954 \cdot 400 + 981,7477 \cdot 0,00069 \cdot 2 \cdot 10^5$$

$$= 920879,3426 \text{ N}$$

$$P_b = C_c + C_s + T_s = 3590035,714 + 954258,7651 - 920879,3426$$

$$= 3623415,137 \text{ N}$$

$$M_b = C_c \cdot (\frac{1}{2}h - \frac{1}{2}a) + C's_1 \cdot (\frac{1}{2}h - d') + C_s2 \cdot [\frac{1}{2}h - (d' - p_{kp})]$$

$$+ T_{s1} \cdot (\frac{1}{2}h - d') + T_{s2} \cdot [\frac{1}{2}h - (d' - p_{kp})]$$

$$= 3590035,714 \cdot (250 - 93,85715) + 785398,1634 \cdot (250 - 50)$$

$$+ 168860,6051 \cdot [250 - (-(50 + 133,333))] + 785398,1643$$

$$\cdot (250 - 50) + 135481,1832 \cdot [250 - (-(50 + 133,333))]$$

$$= 895007161,70 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{895007161,7}{3623415,137} = 247,0065 \text{ mm}$$

Beban Aksial dan momen Kolom K11 yang didapat dari analisis struktur adalah sebagai berikut ini.

$$\text{Momen} = 112990000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Aksial} = 364418,08 \text{ N} + \text{berat sendiri}$$

$$= 364418,08 \text{ N} + 3600 \text{ N}$$

$$= 400418,08 \text{ N}$$

$$e = \frac{112990000}{400418,08} = 282,1801 \text{ mm} > e_b = 247,0065 \text{ mm}$$

kolom mengalami patah tarik

Regangan yang terjadi lebih kecil atau lebih besar dari $\epsilon_y = 0,002$, luasan beton diperhitungkan penuh.

- Tulangan tekan $A_s'1$ dimisalkan sudah leleh :

$$\begin{aligned} C_{s1} &= (f_y - 0,85 \cdot f'_c) \cdot A_s'1 = (400 - 0,85 \cdot 45) \cdot 1963,4954 \\ &= 710294,464 \text{ N} \end{aligned}$$

- Tulangan tekan $A_s'2$ dimisalkan belum leleh:

$$\begin{aligned} C_{s2} &= \left(\frac{x - (d' + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'_c \right) \cdot A_s'2 \\ &= \left(\frac{x - 183,333}{x} \cdot 600 - 38,25 \right) \cdot 981,7477 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left(\frac{186532082,60}{x} - 589048,62 \right) \cdot 133,333 = 13961,25 \cdot x \cdot (450 - \frac{1}{2}(0,73 \cdot x)) \\
& + 710294,464 \cdot (450 - 50) + (589048,62 - \frac{107992227,4}{x} - 37551,8495) \\
& \cdot [450 \cdot (50 + 133,333)]
\end{aligned}$$

Persamaan diatas menghasilkan persamaan pangkat tiga berikut ini:

$$x^3 + 88,16465664 \cdot x^2 + 787,18414 \cdot x + 17336613,7 = 0$$

Dengan metode Newton Raphson didapat

$$X = 231,6127678 \text{ mm}$$

kontrol x:

$$\begin{aligned}
(231,6127678)^3 + 88,16465664 \cdot (231,6127678)^2 + 787,18414 \cdot 231,6127678 - \\
17336613,70 = 0 \text{ ---- ok}
\end{aligned}$$

Kontrol regangan

$$\epsilon's1 = \frac{x - d'}{x} \cdot 0,003 = \frac{231,6127678 - 50}{231,6127678} \cdot 0,003 = 0,00235 > 0,002$$

baja sudah leleh

$$\epsilon's2 = \frac{x - (d' + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{231,6127678 - (50 + 133,33)}{231,6127678} \cdot 0,003$$

$$= 0,00063 < 0,002 \text{ baja tulangan belum leleh}$$

$$\epsilon_s1 = \frac{d - x'}{x} \cdot 0,003 = \frac{450 - 231,6127678}{231,6127678} \cdot 0,003 = 0,00283 > 0,002$$

$$\epsilon_s2 = \frac{(d - x) - p_{kp}}{(d - x)} \cdot 0,003 = \frac{(450 - 231,6127678) - 133,333}{(450 - 231,6127678)} \cdot 0,003$$

$$= 0,0011 < 0,002$$

Jadi semua regangan yang terjadi sesuai dengan anggapan semula.

$$\begin{aligned}
 P_n &= 13961,25 \cdot x - \frac{294524310}{x} + 1065441,695 \\
 &= 13961,25 \cdot 231,6127678 - \frac{294524310}{231,6127678} + 1065441,695 \\
 &= 3027420,641 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n \cdot e &= C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) + C_s1 \left(\frac{h}{2} - d' \right) + C_s2 \left[\frac{h}{2} - (d' + p_{kp}) \right] \\
 &\quad + T_s1 \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s2 \left[\frac{h}{2} - (d' + p_{kp}) \right]
 \end{aligned}$$

dengan,

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot x \cdot b = 0,85 \cdot 45 \cdot 0,73 \cdot 231,6127678 \cdot 500 \\
 &= 3233603,755 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \left[\frac{x - (d' + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 \cdot E_s - 0,85 \cdot f'_c \right] \cdot A_s2 \\
 &= \left[\frac{231,6127678 - (50 + 133,333)}{231,6127678} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 45 \right] \cdot 981,7477 \\
 &= 85235,5498 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s1 &= (f'_s - 0,85 \cdot f'_c) \cdot A_s'1 \quad \text{---- } \epsilon'_s > \epsilon_y \text{ jadi } f'_s = f_y \\
 &= (400 - 0,85 \cdot 45) \cdot 1963,4954 = 710294,461 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s1 &= f_y \cdot A_s1 \\
 &= 400 \cdot 1963,4954 \\
 &= 785398,160 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= \frac{(d - p_{kp}) - x}{x} \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s^2 \\
 &= \frac{(450 - 133,33) - 231,6127678}{231,6127678} \cdot 0,003 \cdot 200000 \cdot 981,7477 \\
 &= 216313,2104 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{n.e} &= 3233603,755 \cdot \left(\frac{500}{2} - \frac{0,73 \cdot 231,6127678}{2} \right) + 710294,461 \cdot \left(\frac{500}{2} - 50' \right) + \\
 &\quad 85235,5498 \left[\frac{500}{2} - (50' + 133,33) \right] + 785398,160 \cdot \left(\frac{500}{2} - 50' \right) + \\
 &\quad 216313,2104 \left[\frac{500}{2} - (50 + 133,333) \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3027420,641 \cdot 282,1801 &= 3233603,755 \cdot (165,46134) + 710294,461 \\
 \cdot (200) &+ 85235,5498 \cdot (66,667) + 785398,160 \cdot (200) + 216313,2104 \cdot (66,667) \\
 &854277,859,20 \text{ Nmm} \approx 854278195,60 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

selisih 336,359 Nmm ----- 0k

Maka kapasitas ultimit tampang kolom tersebut adalah:

$$P_u = \phi \cdot P_n = 0,65 \cdot 3027420,641 = 1967823,417 \text{ N}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,65 \cdot 854278195,60 = 55280827,10 \text{ Nmm}$$

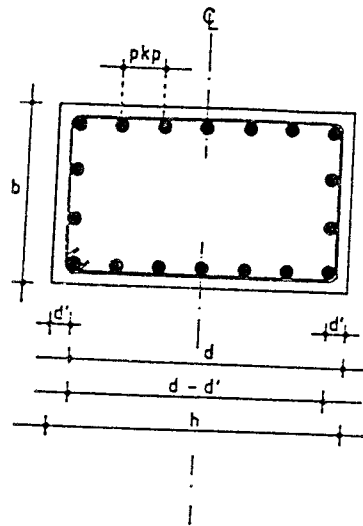
5.4.2 Kolom 14

Dari data di lapangan diketahui:

1. dimensi Kolom = 400 mm x 650 mm,
2. $d' = 25 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 50 \text{ mm}$; $d = 650 - 50 = 600 \text{ mm}$,

3. $f_c = 45 \text{ MPa}$; $f_y = 400 \text{ MPa}$,

4. jarak tulangan (p.k.p) = $\frac{650 - 2 \cdot (50)}{6} = 91,667 \text{ mm}$.



Dengan :

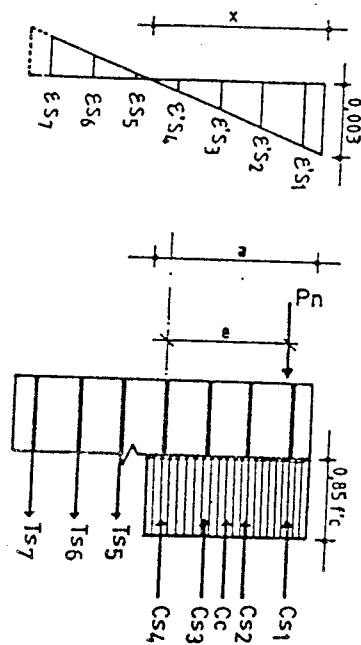
- $h = 650 \text{ mm}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $d' = 50 \text{ mm}$
- $d = 600 \text{ mm}$
- $p.k.p = 91,6667 \text{ mm}$
- $x = 399,87487 \text{ mm}$
- $a = 291,90866 \text{ mm}$
- $\epsilon_{s1} = 0,00262$
- $\epsilon_{s2} = 0,001937$
- $\epsilon_{s7} = 0,00150$

Gaya internal :

- $C_c = 4466202,423 \text{ N}$
- $C_{s1} = 710294,464 \text{ N}$
- $C_{s2} = 342810,0527 \text{ N}$
- $C_{s3} = 207777,4532 \text{ N}$
- $C_{s4} = 72744,8539 \text{ N}$
- $T_{s5} = 24735,60134 \text{ N}$
- $T_{s6} = 233422,3193 \text{ N}$
- $T_{s7} = 589601,6005 \text{ N}$

Kapasitas tampang :

- $P_n = 4952069,725 \text{ N}$
- $M_n = 1284081897 \text{ Nmm}$
- $e = 259,3021 \text{ mm}$



Gambar 5.4.2 Diagram Tegangan dan Regangan Tampang Kolom K14

Penyelesaian analisis adalah sebagai berikut ini.

a. Analisis pada kondisi regangan seimbang.

$$x_b = \frac{0,003 \cdot d}{(f_y / e_s) + 0,003} = \frac{0,003 \cdot (600)}{(400 / 200000) + 0,003} = 360 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,73 \cdot 360 = 262,8 \text{ mm.}$$

Regangan yang terjadi pada Baja Tulangan.

$$\varepsilon'_{s1} = \frac{x - d'}{x} \cdot 0,003 = \frac{360 - 50}{360} \cdot 0,003 = 0,002583 > 0,002 \quad \text{baja sudah leleh}$$

$$\varepsilon'_{s2} = \frac{x - (d' + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{360 - (50 + 91,6667)}{360} \cdot 0,003$$

$$= 0,001819 < 0,002 \quad \text{baja tulangan belum leleh}$$

$$\varepsilon'_{s3} = \frac{x - (d' + 2 \cdot p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{360 - (50 + 2 \cdot 91,6667)}{360} \cdot 0,003 = 0,00106 < 0,002$$

$$\varepsilon'_{s4} = \frac{x - (d' + 3 \cdot p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{360 - (50 + 3 \cdot 91,6667)}{360} \cdot 0,003$$

$$= 0,000292 < 0,002$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{d - x}{x} \cdot 0,003 = \frac{600 - 360}{360} \cdot 0,003 = 0,002$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{d - (x + p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{600 - (360 + 91,6667)}{360} \cdot 0,003$$

$$= 0,001236$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{d - (x + 2 \cdot p_{kp})}{x} \cdot 0,003 = \frac{600 - (360 + 2 \cdot 91,6667)}{360} \cdot 0,003$$

$$= 0,000472$$

Maka:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b = 0,85 \cdot 45 \cdot 262,8 \cdot 500 = 4020840 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_{s1} &= (f_{s1} - 0,85 \cdot f_c) \cdot A_{s1} = (400 - 0,85 \cdot 45) \cdot 1963,4954 \\ &= 710294,464 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s2} &= (f_{s2} - 0,85 \cdot f_c) \cdot A_{s2} \\ &= (0,0019 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 45) \cdot 981,74 \\ &= 319607,9637 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s3} &= (f_{s3} - 0,85 \cdot f_c) \cdot A_{s3} \\ &= (0,00106 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 45) \cdot 981,74 \\ &= 170578,6629 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s4} &= (f_{s4} - 0,85 \cdot f_c) \cdot A_{s4} = (0,00292 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 45) \cdot 981,74 \\ &= 19782,2162 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T_{s5} = f_{s5} \cdot A_{s5} = 0,000472 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 981,7477 = 92676,9829 \text{ N}$$

$$T_{s6} = f_{s6} \cdot A_{s6} = 0,001236 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 981,7477 = 242688,0314 \text{ N}$$

$$T_{s7} = f_{s7} \cdot A_{s7} = 400 \cdot 1963,4954 = 785398,16 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_b &= 4020840 + 710294,464 + 319607,9637 \\ &\quad + 170578,6629 + 19782,2162 + 92676,9829 \\ &\quad + 242688,0314 + 785398,16 = 4130340,133 \text{ N} \end{aligned}$$

- Tulangan daerah tarik sudah leleh.

gaya tekan beton

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta \cdot x$$

$$= 0.85 \cdot 45 \cdot 400 \cdot 0.73 \cdot x$$

$$= 11169 \cdot x$$

$$C_{s1} = (f'_s1 - 0.85 \cdot f'_c) \cdot A_{s1} = (400 - 0.85 \cdot 45) \cdot 1963.4954$$

$$= 710294.464 \text{ N}$$

$$C_{s2} = \left(\frac{(x - 141.6667)}{x} \cdot 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0.85 \cdot 45 \right)$$

$$= 55149.7705 - \frac{83448574.13}{x}$$

$$C_{s3} = \left(\frac{(x - 233.3334)}{x} \cdot 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0.85 \cdot 45 \right)$$

$$= 55149.7705 - \frac{137444717.30}{x}$$

$$C_{s4} = \left(\frac{(x - 325)}{x} \cdot 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 - 0.85 \cdot 45 \right)$$

$$= 55149.7705 - \frac{191440860.4}{x}$$

$$T_{s5} = \frac{416.666 - x}{x} \cdot 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 918.17477$$

$$= \frac{245436885.7}{x} - 589048.62$$

$$T_{s6} = \frac{558.3333 - x}{x} \cdot 0.003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 918.7477$$

$$= \frac{328885459,9}{x} - 589048,62$$

$$\begin{aligned} Ts7 &= \frac{600-x}{x} \cdot 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1963,4954 \\ &= \frac{706858344}{x} - 1178097,24 \end{aligned}$$

Hitung jarak garis netral x:

$$\begin{aligned} &Ts7 \cdot (\frac{1}{2}(d-d') + e) + Ts6 \cdot (\frac{1}{2}(d-d') - p_{kp} + e) + Ts5 \cdot (\frac{1}{2}(d-d') - 2 \cdot p_{kp} + e) \\ &- Cs4 \cdot e - Cs3 \cdot (e + p_{kp}) - Cs2 \cdot (e + 2 \cdot p_{kp}) + Cs1 \cdot (e + 3 \cdot p_{kp}) \\ &- Cc \cdot (\frac{1}{2}(\beta \cdot x) - 65,65,744) = 0 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{706858344}{x} - 1178097,24 \right) \cdot 534,7256 + \left(\frac{328885459,9}{x} - 589048,62 \right) \cdot$$

$$.443,0589 + \left(\frac{245436885,7}{x} - 589048,62 \right) \cdot 351,3922 + 259,7256 \cdot$$

$$\left(55149,7705 - \frac{191440860,4}{x} \right) - \left(55149,7705 - \frac{137444717,30}{x} \right) \cdot$$

$$168,0589 - \left(55149,7705 - \frac{83448574,13}{x} \right) \cdot 76,3922 + 710294,464$$

$$.15,2744 - 11169 \cdot x \cdot (0,365 \cdot x - 65,744) = 0$$

Persamaan diatas menghasilkan persamaan pangkat 3 sebagai berikut ini.

$$4076,685 \cdot x^3 + 734294,736 \cdot x^2 + 1365131578 \cdot x - 6,891312099 \cdot 2 \cdot 10^{11} = 0$$

$$x^3 + 180,120548 \cdot x^2 + 334863,1493 \cdot x - 169042055 = 0$$

Persamaan tersebut diselesaikan dengan Iterasi Newton Rhapsion menghasilkan.

$$X = 399,87487 \text{ mm}$$

$$Ts6 = \frac{328885459,90}{399,87487} - 589048,62 = 233422,3193 \text{ N}$$

$$Ts7 = \frac{70685344}{399,87487} - 1178097,24 = 589601,6005 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Pn &= Cc + Cs1 + Cs2 + Cs3 + Cs4 + Ts5 + Ts6 + Ts7 \\ &= 4466202,423 + 710294,464 + 342810,0527 + 207777,4532 \\ &\quad + 72744,8539 + 24735,60134 + 233422,3193 + 589601,6005 \\ &= 4952069,725 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pn.e &= 4466202,423.(325 - \frac{1}{2}(0,73.399,87487)) + 710294,464.(275) \\ &\quad + 342810,0527.(183,333) + 207777,4532.(91,6667) \\ &\quad + 72744,8539.(0) + 24735,60134.(91,6667) + 233422,3193 .(183,333) + \\ &\quad 589601,6005.(275) \end{aligned}$$

$$Pn.e = 1284081897 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{1284081897}{4952069,275} = 259,3021 \text{ mm} \approx 259,7256 \text{ mm}$$

Jadi Kapasitas tampang kolom K14 adalah:

$$Pu = \phi.Pn = 0,65. 4952069,725 = \mathbf{3218845,321 \text{ N}}$$

$$Mu = \phi.Mn = 0,65. 1284081897 = \mathbf{834653233,20 \text{ Nmm}}$$

5.5 Kekuatan Baut

Baut yang digunakan pada sambungan ini adalah baut A325 dengan \varnothing 20 mm. Data yang didapat dari analisis struktur adalah gaya lintang = 19301,98 N dan momen = 54749277,65 Nmm pada ujung balok susulan.

1. Baut dianggap sebagai sambungan yang menahan geser, maka baut A 325 Ø 20 mm mempunyai tarikan minimum $T_b=141\text{KN}$

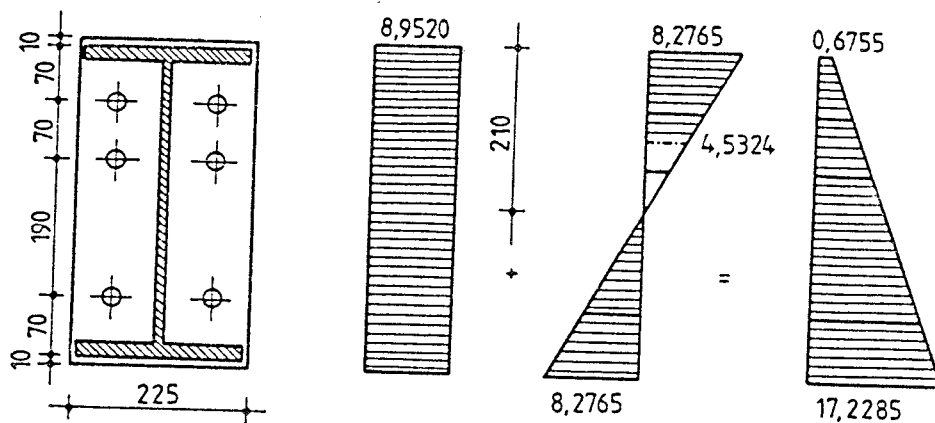
$$P/A = \frac{6.141.1000}{225.420} = 8,952 \text{ N/mm}^2$$

$$f_v = \frac{19301,98}{6.(0,25.\pi.20.20)} = 10,240 \text{ N/mm}^2$$

$$s = \frac{b.h^2}{6} = \frac{225.420^2}{6} = 6615000 \text{ mm}^2$$

f_t (tegangan tarik) = f_c (tegangan desak)

$$f_t = f_c = M/s = \frac{54749277,65}{6625000} = 8,2765 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 5.5.1 Diagram Tegangan Baut

$$T = \frac{(10 + 70 + \frac{70}{2}) . 8,2765}{210} = 4,5324 \text{ N/mm}^2$$

Gaya tarik yang ditahan baut atas:

$$T_m = \frac{8,2765 + 4,5324}{2} \cdot \frac{115,225}{2} = 82857,3717 \text{ N/mm}^2$$

$$F'v = C4 \cdot \left(1 - \frac{f_b \cdot A_b}{T_b}\right)$$

$$= 121 \cdot \left(1 - \frac{82857,3717}{141000}\right) = 49,8954 \text{ N/mm}^2$$

$$f_v = 10,240 \text{ N/mm}^2 < F'v = 49,8954 \text{ N/mm}^2$$

Untuk satu baut atas :

$$\text{Tarikan akhir} = T_b - \left(\frac{0,6755 + 5,2079}{2}\right) \cdot \left(115 \cdot \frac{225}{2}\right)$$

$$= 141000 - 38058,0435$$

$$= 102941,9565 \text{ N}$$

$$f_t = \frac{102941,9565}{0,25 \cdot \pi \cdot 20^2} = \frac{102941,9565}{314,1593}$$

$$= 327,6477 \text{ N/mm}^2$$

$$F_t = c1 - c2 \cdot f_v$$

$$= 380 - 1,4 \cdot 10,240$$

$$= 365,664 \text{ N/mm}^2$$

cek persamaan interaksi: $\left(\frac{f_v}{F_v}\right)^2 + \left(\frac{f_t}{F_t}\right)^2 \leq 1,00$

$$\left(\frac{10,240}{49,8954}\right)^2 + \left(\frac{327,6744}{365,664}\right)^2 \leq 1,00$$

$$0,8451 < 1,00$$

jadi sambungan memenuhi dan mampu menahan beban yang bekerja.

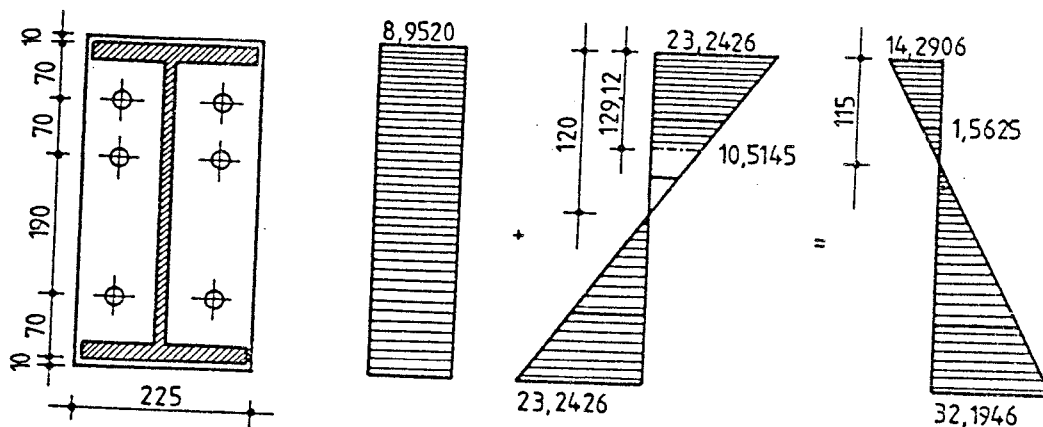
2. Perhitungan kekuatan baut untuk $M = 153750000 \text{ Nmm}$; $V = 131700 \text{ N}$

$$P/A = 8,952 \text{ N/mm}^2$$

$$f_v = \frac{131700}{6,0,25 \cdot \pi \cdot 20^2} = 69,8690 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \text{ (AISC)}$$

$$s = 6615000 \text{ mm}^3$$

$$f_t = f_c = M/s = \frac{153750000}{6615000} = 23,2426 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 5.5.2 Diagram Tegangan Tampang

gaya tarikan yang ditahan baut atas keadaan akhir untuk satu baut:

$$T = T_b - \left(\frac{1,5625 + 14,2906}{2} \right) \cdot (115 \cdot 225 / 2)$$

$$= 141000 - 102549,741$$

$$= 38450,2594 \text{ N}$$

$$f_t = \frac{38450,2594}{0,25 \cdot \pi \cdot 20^2} = 122,3909 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} F_t &= c_1 - c_2 \cdot f_v \\ &= 380 - 1,4 \cdot 69,8690 \\ &= 282,1834 \text{ N/mm}^2 > 122,3909 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{f_v}{F_v} \right)^2 + \left(\frac{f_t}{F_t} \right)^2 \leq 1,00$$

$$\left(\frac{69,8690}{120} \right)^2 + \left(\frac{122,3909}{282,1834} \right)^2 \leq 1,00$$

$$0,5271 < 1,00$$

3. Perhitungan dengan asumsi tanpa tarikan awal:

$$M = 153750000 \text{ Nmm}$$

$$V = 131700 \text{ N}$$

Baut A 325 \varnothing 20 mm

gaya geser baut :

$$R_n = \frac{V}{n} = \frac{131700}{6} = 21950 \text{ N}$$

Tegangan geser:

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{R_v}{A_v} = \frac{21950}{0,25 \cdot \pi \cdot 20^2} = \\ &= 69,8690 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \text{ (AISC)} \end{aligned}$$

Tegangan tarik untuk baut paling atas dengan pendekatan luasan efektif:

$$a = \left(\frac{A}{p}\right) \cdot m = \left(\frac{314,159}{115}\right) \cdot 2 = 5,4636 \text{ mm}$$

$$be = 2 \cdot b = 2 \cdot \left(\frac{225 - 8}{2}\right) = 217 \text{ mm}$$

$$\frac{c1}{c} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{be}} = \frac{\sqrt{5,4636}}{\sqrt{217}} = 0,1587$$

$$h = 420 \text{ mm maka:}$$

$$c1 = 0,1587 \cdot c$$

$$h = c1 + c$$

$$420 = c + 0,1587 \cdot c$$

$$c = \frac{420}{1,1587} = 362,4829 \text{ mm}$$

$$c1 = 420 - 362,4829 = 57,5171 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{a \cdot c^3}{3} + \frac{be \cdot c1^3}{3} \\ &= \frac{5,4636 \cdot (362,4829)^3}{3} + \frac{217 \cdot (57,5171)^3}{3} \\ &= 86803585,16 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

“Section modulus” tampang untuk baut teratas:

$$S = \frac{I}{c - 80} = \frac{86803585,16}{362,4829 - 80} = 307287,9284 \text{ mm}^3$$

maka: $f_t = \frac{M}{s} = \frac{153750000}{307287,9284} = 500,3451 \text{ N/mm}^2 > 303 \text{ N/mm}^2$ tidak memenuhi

Jika data baut menggunakan spesifikasi baut F.10.t dengan tegangan tarik minimum

$$= 84,6 \text{ kg.f/mm}^2 = 846 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{maka } f_t < F_t \text{ ----- } 500,3451 \text{ N/mm}^2 < 846 \text{ N/mm}^2$$

Anggapan gaya tarik awal diabaikan:

menghitung letak garis netral:

$$b. \frac{y^2}{2} = 2.0,25 \cdot \pi \cdot 20^2 \cdot [(80-y) + (270-y) + (340-y)]$$

$$225 \cdot \frac{y^2}{2} = 2.314,159 \cdot [690 - 3 \cdot y]$$

$$112,5 \cdot y^2 = 433539,7862 - 1884,9556 \cdot y$$

$$y^2 + 16,7552 - 3853,6870 = 0$$

$$y = 54,2632 \text{ mm}$$

kontrol:

$$\text{Momen dari luasan bagian tekan} = 225 \cdot \frac{54,2632^2}{2}$$

$$= 331256,0117 \text{ mm}^3$$

Momen dari luasan bagian tarik

$$= 2.0,25 \cdot \pi \cdot 20^2 \cdot [(80-54,2632) + (270-54,2632) + (340-54,2632)]$$

$$= 331256,0117 \text{ mm}^3 \text{ ----- ok!}$$

Momen Inersia:

$$I = \frac{225 \cdot (54,2632)^3}{12} + \frac{225 \cdot (54,2632)^2}{2} + 2.314,159 \cdot (25,7368)^3$$

$$+ 2.314,159 \cdot (215,7368)^2 + 2.314,159 \cdot (258,7368)^2$$

$$= 84286104,21 \text{ mm}^4$$

$$\text{Gaya geser tiap baut} = \frac{131700}{6} = 21950 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan geser } f_v = \frac{21950}{0,25 \cdot \pi \cdot 20^2} = \frac{21950}{314,159}$$

$$= 69,8690 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \text{ (AISC)}$$

Gaya tarik baut paling atas:

$$f_t = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{153750000 \cdot 285,7368}{84246104,21}$$

$$= 521,2251 \text{ N/mm}^2 < 846 \text{ N/mm}^2 \text{ (baut F.10.t)}$$

Persamaan interaksi:

$$\left(\frac{f_v}{F_v}\right)^2 + \left(\frac{f_t}{F_t}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{69,8690}{120}\right)^2 + \left(\frac{521,2251}{846}\right)^2 \leq 1,0$$

$$0,7186 \leq 1,0$$

5.6 Balok Anak B-21 Sebagai Balok T

Kemampuan balok yang lebih maksimal dapat dilihat dengan menganalisa balok tersebut sebagai balok tampang T. Hal ini didasarkan pada anggapan bahwa balok tersebut pada kenyataannya tidak bekerja sendiri, tetapi menjadi bersama-sama dengan pelat dalam mendukung beban yang bekerja. Perhitungan analisis balok anak sebagai balok tampang T adalah sebagai berikut ini.

Panjang balok = 8236 mm

Tebal slab = 130 mm

Jarak balok dari as ke as

- bentang sebelah kanan = 5575 mm

- bentang sebelah kiri = 1240 mm

Perhitungan analisis menggunakan bentang sebelah kiri 1240 mm

1.) Lebar efektif pelat

$$- be = \frac{L}{4} = \frac{8236}{4} = 2059 \text{ mm}$$

$$- be = 16 \cdot ts + bw$$

$$= 16 \cdot 130 + 250$$

$$= 2330 \text{ mm}$$

$$- be = 1240 \text{ mm}$$

dipakai yang terkecil jadi $be = 1240 \text{ mm}$.

2.) Kontrol luasan tulangan

$Cc = Ts$; dengan $a =$ tebal slab 130 mm

$$= 304106,1689 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_c &= T_{s1} + T_{s2} \\ &= 304106,1689 + 304169,1689 \\ &= 608212,3377 \text{ N ; tidak seimbang} \end{aligned}$$

Jadi tulangan atas harus diperhitungkan untuk mengimbangi tegangan desak beton. Tulangan atas masuk serat tarik

$$d' = 48 \text{ mm} > x = 11,2926 \text{ mm.}$$

Untuk mencapai keseimbangan gaya dalam tulangan As1 dianggap sudah leleh

$$\frac{\epsilon_{s2} + 0,003}{d'} = \frac{0,003}{x}$$

$$\epsilon_{s2} \cdot x + 0,003 \cdot x = d' \cdot 0,003$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{d' \cdot 0,003 - 0,003 \cdot x}{x} = \frac{48 - x}{x} \cdot 0,003$$

$$f_s = \epsilon_{s2} \cdot 2 \cdot 10^5$$

Kontrol keseimbangan:

$$C_c - T_{s2} = T_{s1}$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot x \cdot b \cdot e - A_{s'} \cdot f_s = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 35 \cdot 1240 \cdot 0,73 \cdot x - 760,2654 \cdot \left(\frac{48 - x}{x} \cdot 0,003 \right) \cdot 2 \cdot 10^5$$

$$= 760,2645 \cdot 400$$

$$26929,7 \cdot x - 162053084,4 \cdot \left(\frac{48 - x}{x} \cdot 0,003 \right) = 304106,1689$$

$$C_c = 0,85 \cdot 35 \cdot 1240 \cdot 16,4872 = 608212,3377 \text{ N}$$

$$T_{s1} = T_{s2} = 304106,1689 \text{ N}$$

4.) kapasitas tampang

$$M_n = C_c \cdot (d - \frac{1}{2} \cdot a) - T_s \cdot (d - d')$$

$$= 608212,3377 \cdot (552 - \frac{1}{2} \cdot 16,4872) - 304106,1689 \cdot (552 - 48)$$

$$= 177449846 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 177449846 = 141959876,80 \text{ Nmm}$$

5.7 Pembahasan

Dari hasil perbandingan analisis tampang elemen dengan hasil analisis struktur portal, dapat diketahui kondisi elemen-elemen struktur setelah mengalami perubahan pembebanan. Perbandingan analisis tampang elemen yang berdekatan (berhubungan langsung dengan balok susulan) dengan analisis struktur dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 1 Perbandingan Kapasitas Tampang Balok dengan Momen Hasil Analisis Struktur

Balok	Momen Analisis Struktur (Nmm)	Kapasitas Momen Elemen (Nmm)	Keterangan
Balok induk B-1 (tumpuan)	286470000	426203937,2	Aman
Balok induk B-1 (lapangan)	167150000	317424997,4	Aman
Balok induk B-37	55081150,2	194475201,1	Aman
Balok induk B-8 (tumpuan)	67209065,28	194470333,7	Aman
Balok induk B-8 (lapangan)	29970971,63	131184639,9	Aman
Balok Anak B-21	206620000	141959876	Tidak Aman

Tabel 2 Perbandingan Kapasitas Tampang Kolom dengan Aksial dan Momen Hasil Analisis Struktur

Kolom	Analisis Struktur		Kapasitas Elemen		Keterangan
	Aksial (N)	Momen(Nmm)	Aksial (N)	Momen (Nmm)	
K 11	400418,1	112990000	1967823	55280827,1	Aman
K 14	563039,9	155960000	3218845	834653233,2	Aman

Dari tabel diatas dapat diketahui balok anak tidak aman, maka untuk menjamin kestabilan struktur harus dihitung beban maksimal yang dapat ditahan oleh balok anak tersebut. Perhitungan tersebut dilakukan dengan memasukkan momen kapasitas balok anak tampang T ke dalam persamaan Clapeyron sebagai berikut ini.

Momen kapasitas tampang:

$$M_A = M_B = 141959876,80 \text{ N}$$

$$\alpha_A = \beta_A$$

$$\frac{M_A \cdot \ell}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot \ell}{6 \cdot EI} = \frac{q \cdot (\ell)^3}{24 \cdot EI} + \frac{P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell}$$

$$8 \cdot M_A \cdot \ell + 4 \cdot M_B \cdot \ell = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 3636(8236^2 - 3636^2)}{8236}$$

$$12 \cdot M_A \cdot \ell = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 3636(8236^2 - 3636^2)}{8236}$$

$$12 \cdot 141959876,80 \cdot 8236 = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 3636(8236^2 - 3636^2)}{8236}$$

$$q = \frac{1,403017854 \cdot 10^{13} - 8,518336142 \cdot 10^{12}}{8236^3}$$

$$= 9,86615 \text{ N/mm}$$

$$\alpha B = \beta B$$

$$\frac{MA \cdot \ell}{6 \cdot EI} + \frac{MB \cdot \ell}{3 \cdot EI} = \frac{q \cdot (\ell)^3}{24 \cdot EI} + \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell}$$

$$4 \cdot MA \cdot \ell + 8 \cdot MB \cdot \ell = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 4600 (8236^2 - 4600^2)}{8236}$$

$$12 \cdot MA \cdot \ell = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 4600 (8236^2 - 4600^2)}{8236}$$

$$12 \cdot 141959876,80 \cdot 8236 = q \cdot 8236^3 + \frac{4 \cdot 88329,45 \cdot 4600 (8236^2 - 4600^2)}{8236}$$

$$q = \frac{1,403017854 \cdot 10^{13} - 9,210021488 \cdot 10^{12}}{8236^3}$$

$$= 8,62804 \text{ N/mm}$$

q diambil yang terkecil. Maka beban kerja (beban hidup) yang diijinkan pada balok anak tersebut adalah sebagai berikut ini.

$$q_{\text{ijin}} = q - q_{\text{berat sendiri}}$$

$$= 8,62804 - 3,384$$

$$= 5,24404 \text{ N/mm}$$

Untuk pembebanan per meter persegi

$$M_{\text{maks}} = 1,8078 \cdot 10^{10} \cdot q \text{ (hitungan pembebanan B-21)}$$

$$q_u = \frac{141959881,80}{1,8078 \cdot 10^{10}} = 0,007826 \text{ N/mm}^2$$

$$= 7,826 \text{ KN/mm}^2$$

setelah dikurangi berat sendiri pelat, menjadi:

$$q_l = \frac{7,826 - (3,12 \cdot 1,2)}{1,6} = 2,5512 \text{ Kn/m}^2$$

$$= 255,12 \text{ kg/m}^2$$

Jadi beban pada pelat yang masih mampu ditahan oleh balok anak pada kondisi tersebut adalah **255,12 kg/m²**

Pembatasan beban yang bekerja pada pelat sebenarnya kurang efisien sebab jenis berat mobil yang keluar dan masuk lantai parkir apartemen tidak mungkin diawasi satu persatu. Solusi lain yang dapat diambil untuk memecahkan masalah tertinggalnya balok induk adalah dengan membuat portal struktur tambahan di bawah pelat lantai. Hal ini dapat digunakan mengingat pelat lantai seluruhnya bertulangan rangkap maka timbulnya momen negatif akibat tumpuan pada portal tersebut dapat ditahan oleh tulangan pelat bagian atas. Apabila solusi yang digunakan adalah dengan memberi portal struktur dibawah pelat maka beban yang bekerja pada pelat dapat seperti yang telah direncanakan



BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Perbandingan hasil perhitungan mekanika dengan hasil Perhitungan kapasitas tampang elemen struktur memberikan kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pelat Lantai

Perhitungan kapasitas beban batas menunjukkan bahwa pelat lantai masih aman mendukung beban .

2. Balok

a) Balok B-1, B-8 dan B-37 masih mampu mendukung penambahan beban akibat penyaluran beban yang berubah dari asumsi perencanaan.

b) Analisis balok anak (B-21) setelah mengalami perubahan pembebanan memberikan hasil sebagai berikut:

1) balok anak (B-21) tidak mampu mendukung beban akibat penyaluran beban yang berubah karena panjang bentang balok anak (B-21) bertambah,

2) balok anak (B-21) tidak mampu mendukung beban akibat pemasangan balok susulan, karena balok anak menjadi tumpuan balok susulan.

Jadi balok anak (B-21) tidak dapat dianggap sebagai balok induk dari portal utama dan balok susulan juga tidak dapat dianggap sebagai elemen struktur portal utama.

3. Kolom

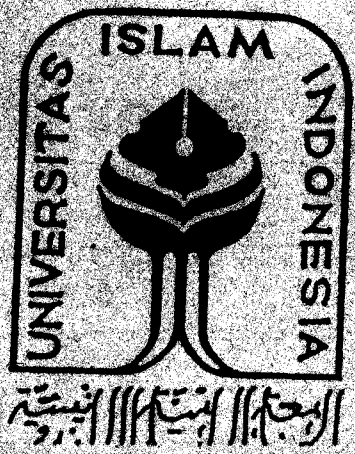
Kolom yang mendukung langsung struktur dengan balok susulan pada portal utama masih mampu mendukung struktur yang mengalami perubahan pembebanan tersebut.

6.2 Saran

Alternatif solusi yang terbaik berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya adalah dengan membatasi beban kerja maksimal yang bekerja di atas struktur yang mengalami perubahan tersebut yaitu $255,12 \text{ kg/m}^2$ atau berat kendaraan maksimal yang boleh lewat pada struktur tersebut adalah 2000 Kg. Perhitungan Beban kendaraan maksimum dapat dilihat pada lampiran No. 6

1. DAFTAR PUSTAKA

2. A Ghali, AM. Neville, Ir Wira MSc, *ANALISIS STRUKTUR*, Erlangga 1985 Jakarta
3. Charles G.Salmon, John E. Johnson, Ir Wira MSc, *STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU*, Erlangga Jakarta
4. Chu Kia Wang, Charles G. Salmon, Binsar Haijanja, *DESAIN BETON BERTULANG*, Erlangga Jakarta
5. Chu Kia Wang, Ir Herman Widodo Soemitro, *STRUKTUR STATIS TAK TENTU*, Erlangga 1991 Jakarta
6. Edwar G. Nawy, *BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR*, PT Eresco Bandung
7. Joseph E. Bowles, Pantur Silabah Ph D, *DESAIN BAJA KONSTRUKSI*, Erlangga 1985 Jakarta
8. Panitia Pembaharuan PBBI, *PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 N.I.-2*, Direktorat Jenderal Cipta Karya DPUTL
9. Rene Amon, Bruce Knobloch, Atanu Mazumder, *PERENCANAAN KONSTRUKSI BAJA UNTUK INSINYUR DAN ARSITEK* , Jilid 1 dan 2, Pradnya Paramitha 1987 Jakarta

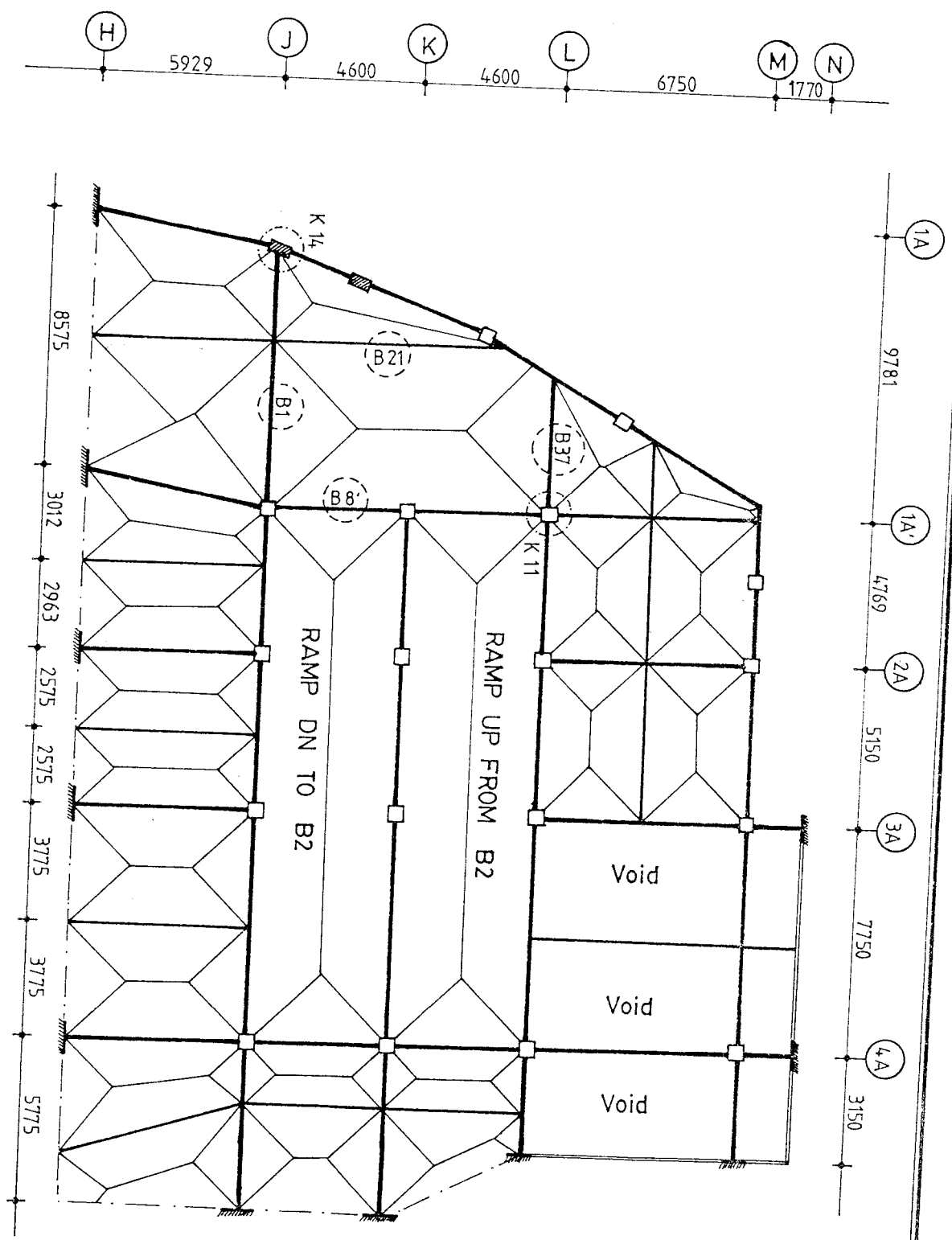


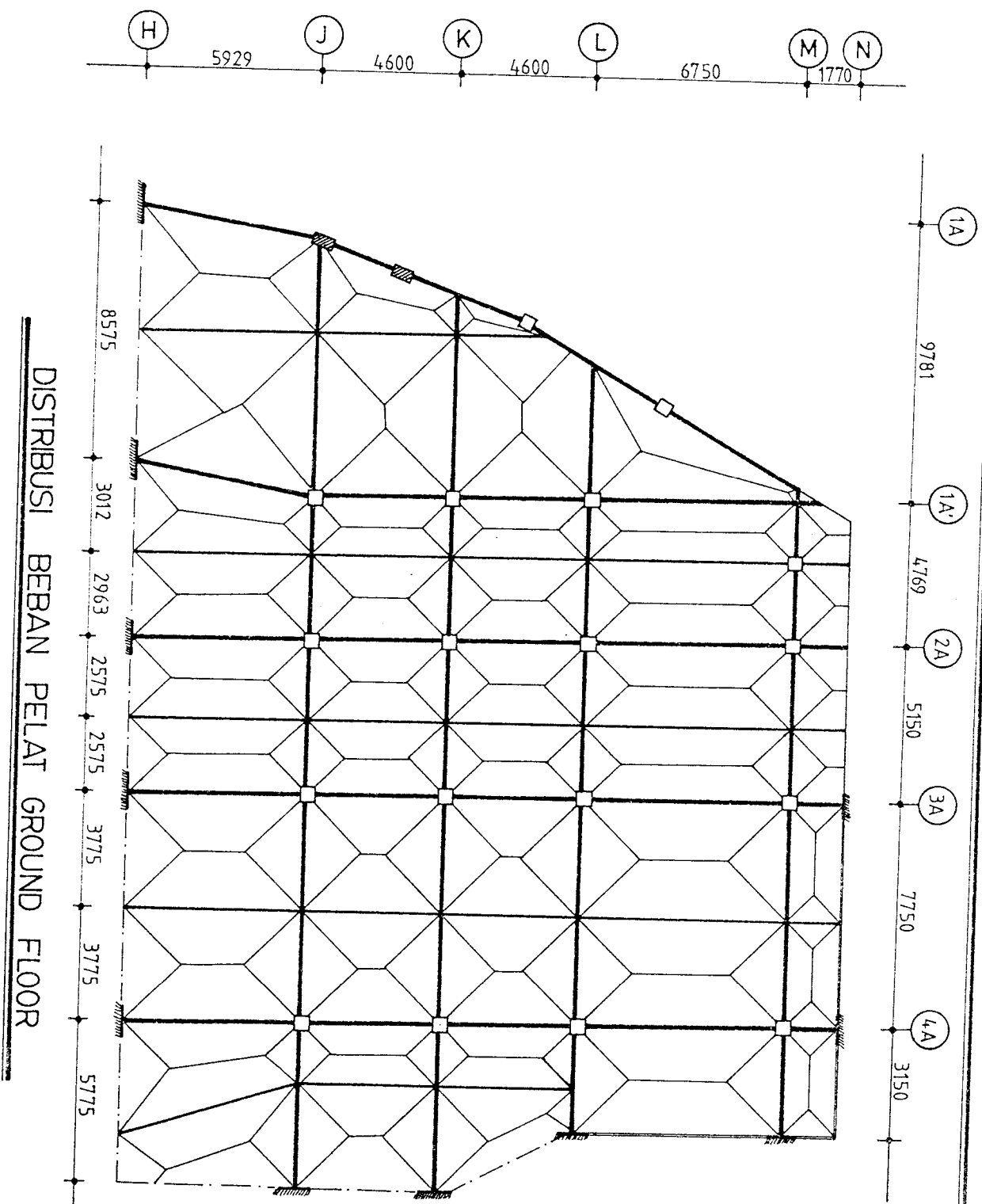
LAMPIRAN 1



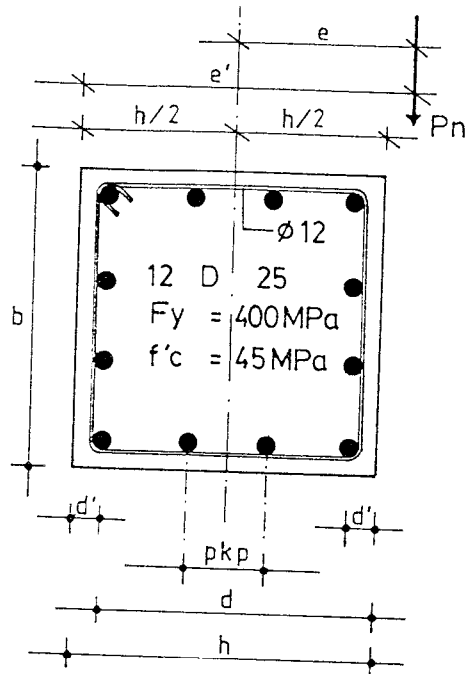
LAMPIRAN 2

DISTRIBUSI BEBAN PELAT BASEMENT 1



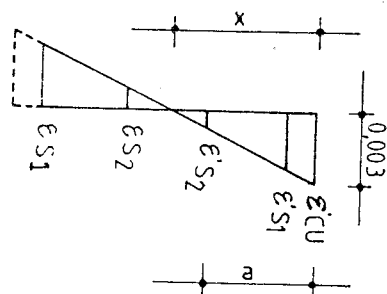


DISTRIBUSI BEBAN PELAT GROUND FLOOR



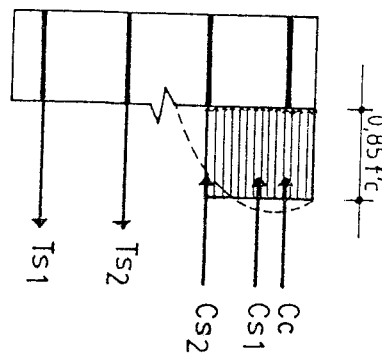
Dengan :

- $h = 500 \text{ mm}$
- $b = 500 \text{ mm}$
- $d' = 50 \text{ mm}$
- $d = 450 \text{ mm}$
- $pkp = 133,333 \text{ mm}$
- $x = 231,61277 \text{ mm}$
- $a = 169,0773 \text{ mm}$
- $\epsilon'_{s1} = 0,00235$
- $\epsilon'_{s2} = 0,00063$
- $\epsilon_{s1} = 0,00283$
- $\epsilon_{s2} = 0,0011$



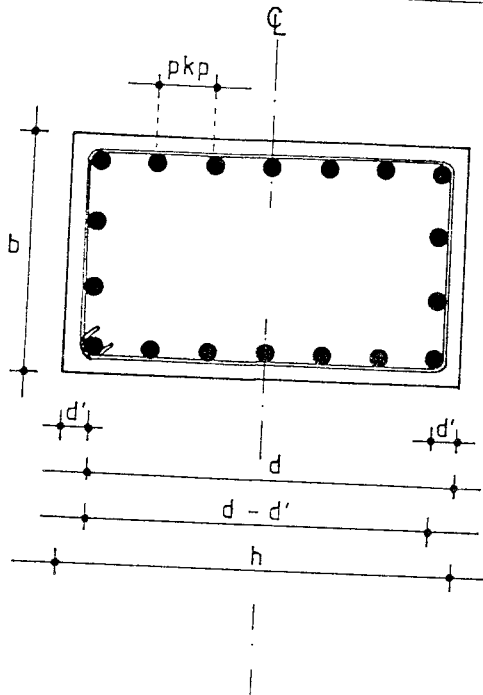
Gaya internal :

- $C_c = 3233603,755 \text{ N}$
- $C_{s2} = 85235,5498 \text{ N}$
- $C_{s1} = 710294,461 \text{ N}$
- $T_{s1} = 785398,160 \text{ N}$
- $T_{s2} = 216313,2104 \text{ N}$



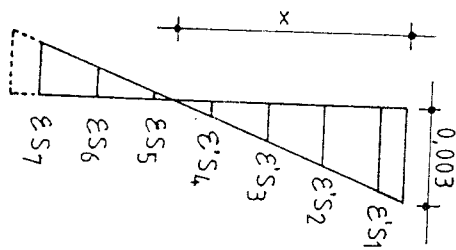
Kapasitas tampang :

- $P_n = 3027422,40 \text{ N}$
- $M_n = 854278195,60 \text{ Nmm}$
- $e = 282,1802 \text{ mm}$



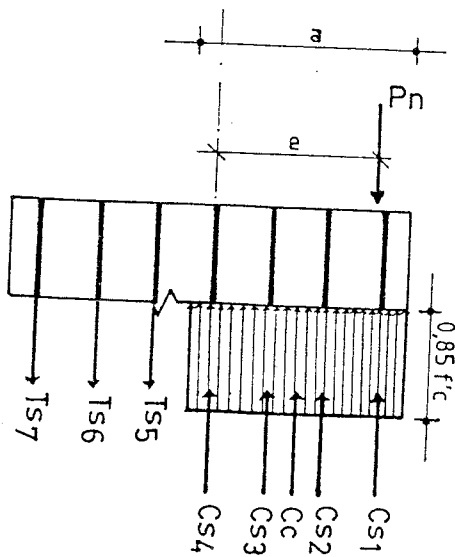
Dengan :

- $h = 650 \text{ mm}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $d' = 50 \text{ mm}$
- $d = 600 \text{ mm}$
- $p_{kp} = 91,6667 \text{ mm}$
- $x = 399,87487 \text{ mm}$
- $a = 291,90866 \text{ mm}$
- $\epsilon'_{s1} = 0,00262$
- $\epsilon'_{s2} = 0,001937$
- $\epsilon_{s7} = 0,00150$



Gaya internal :

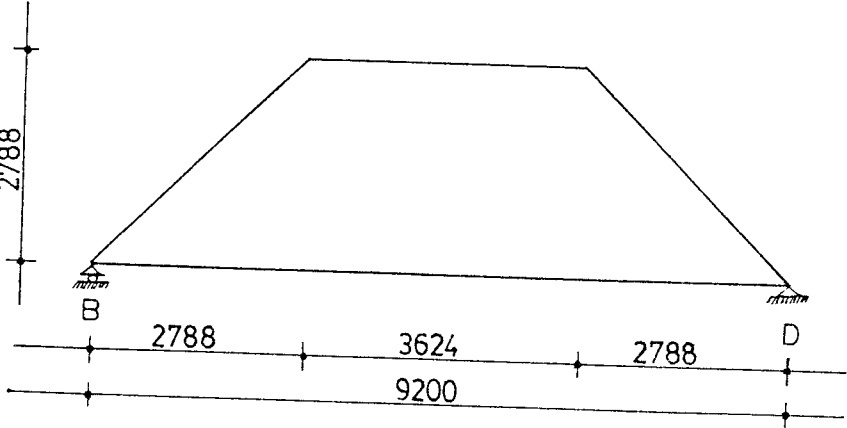
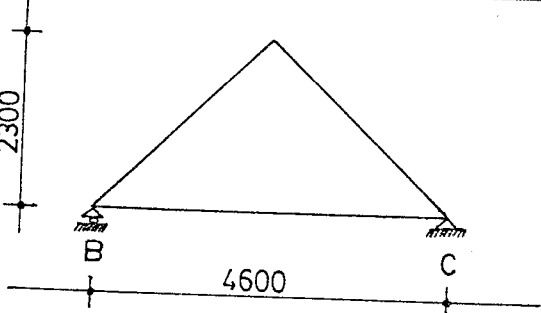
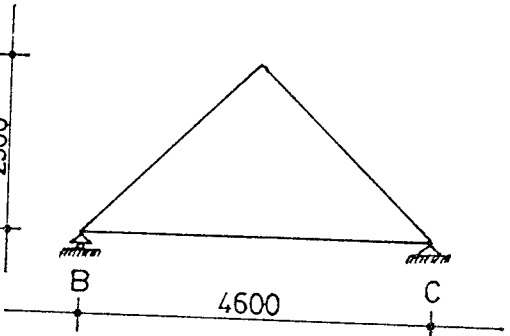
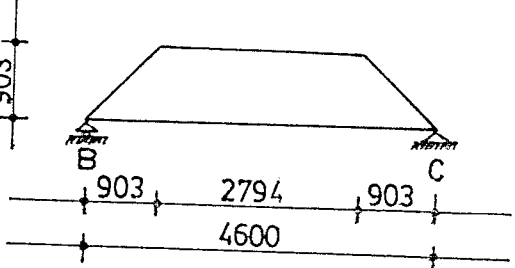
- $C_c = 4466202,423 \text{ N}$
- $C_{s1} = 710294,464 \text{ N}$
- $C_{s2} = 342810,0527 \text{ N}$
- $C_{s3} = 207777,4532 \text{ N}$
- $C_{s4} = 72744,8539 \text{ N}$
- $T_{s5} = 24735,60134 \text{ N}$
- $T_{s6} = 233422,3193 \text{ N}$
- $T_{s7} = 589601,6005 \text{ N}$



Kapasitas tampang :

- $P_n = 4952069,725 \text{ N}$
- $M_n = 1284081897 \text{ Nmm}$
- $e = 259,3021 \text{ mm}$

NOMOR	GAMBAR	
<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 53</p>	<p>Diagram showing a trapezoidal structure with a peak. The base is divided into segments of 2931 and 5575. The height is 2787,5. The top edge has segments of 4253 and 4253. A dimension 'X' is indicated at the bottom.</p>
<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">4</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 138,139,140,141,142</p>	<p>Diagram showing a trapezoidal structure with a height of 2300. The base is divided into segments of 2300, 13125, and 2300. The total base length is 17725.</p>
<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 70</p>	<p>Diagram showing two trapezoidal structures. The top one has a height of 2476 and base segments of 1916, 1066, and 3068, with a total base of 6050. The bottom one has a height of 1198 and base segments of 1382, 3654, and 1014, with a total base of 6050.</p>

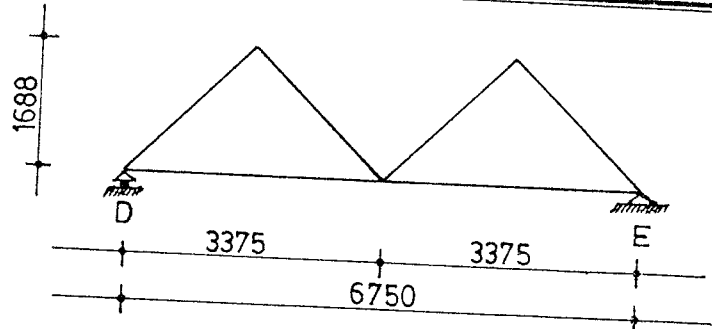
NOMOR	GAMBAR	
<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 71, 72</p>	
<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 72</p>	
<p style="text-align: center;">8</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 113, 114</p>	 

NOMOR

GAMBAR

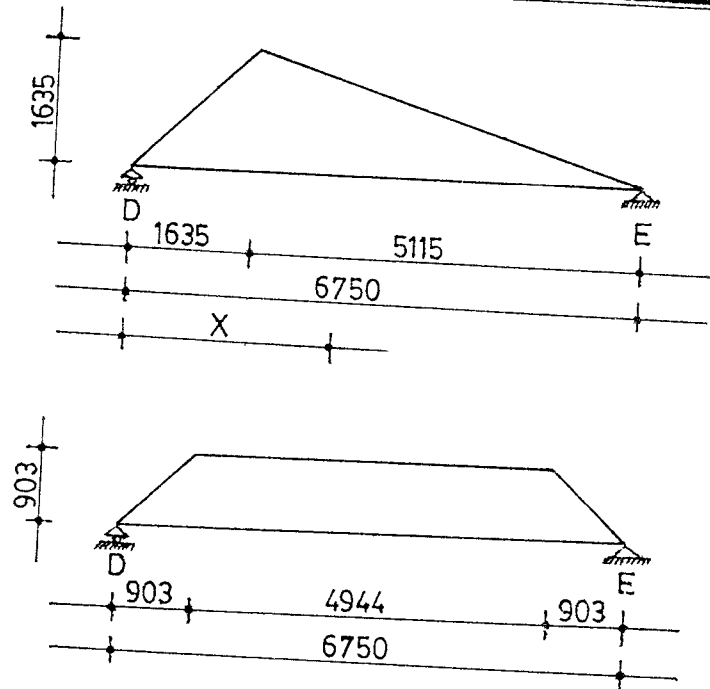
7

Elemen : 73



9

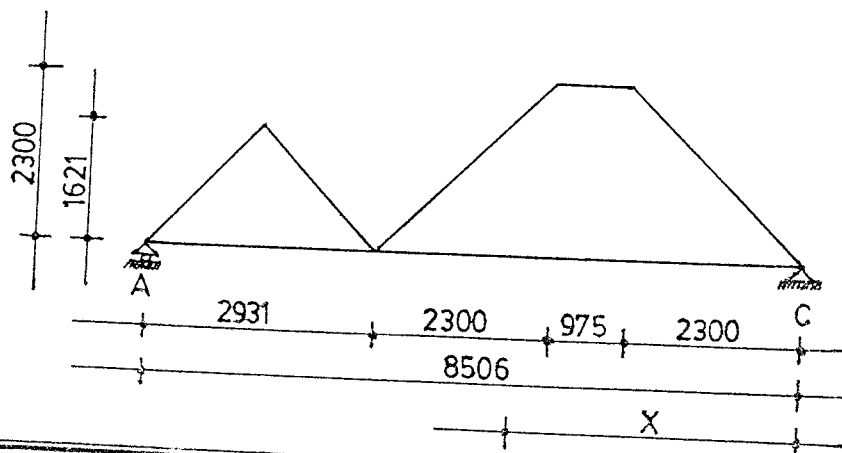
Elemen : 115, 116



10

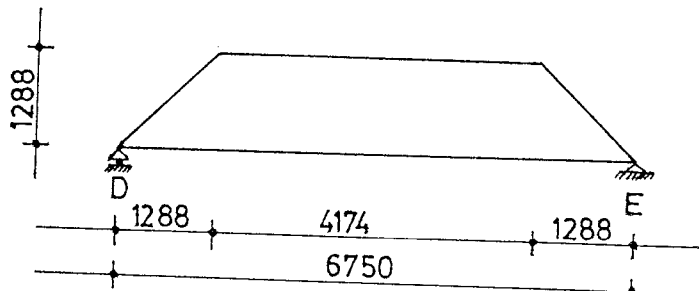
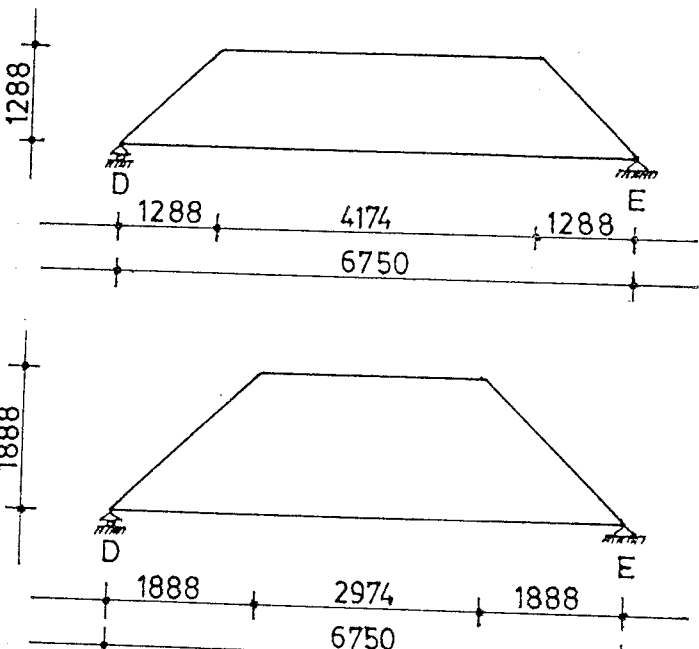
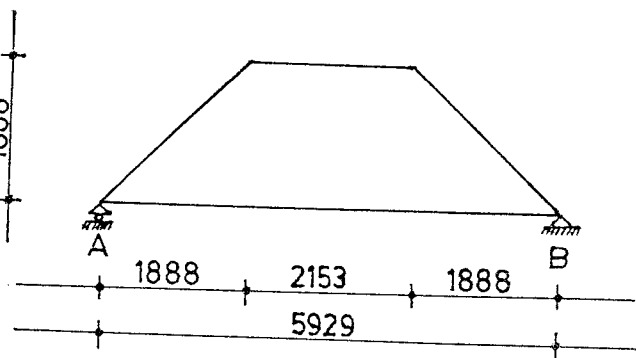
42

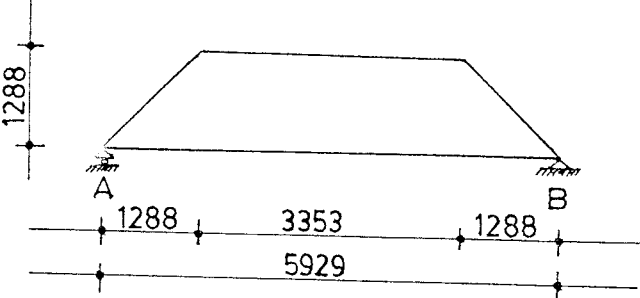
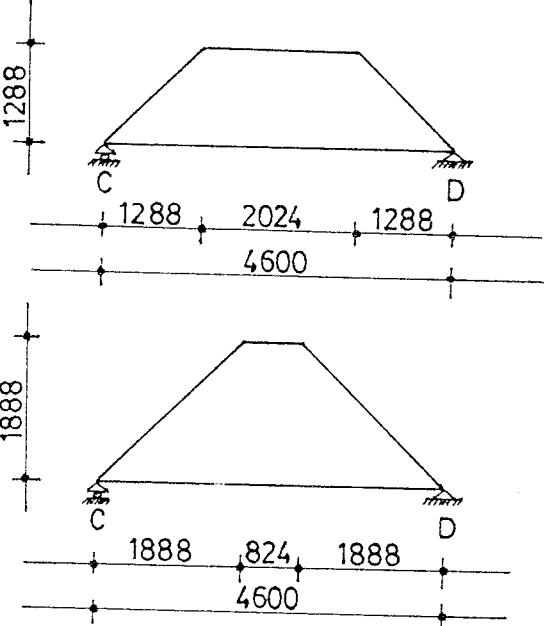
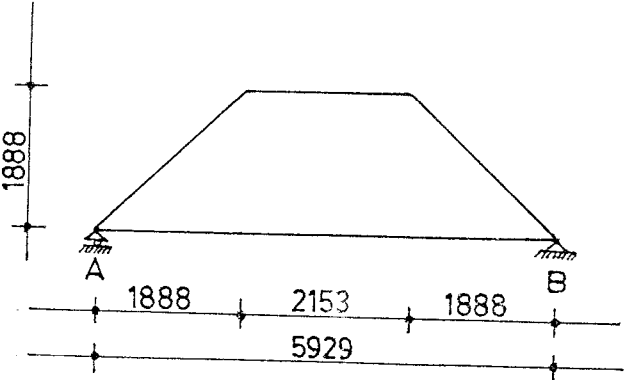
Elemen : 89



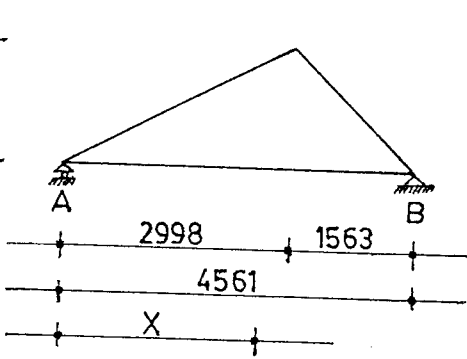
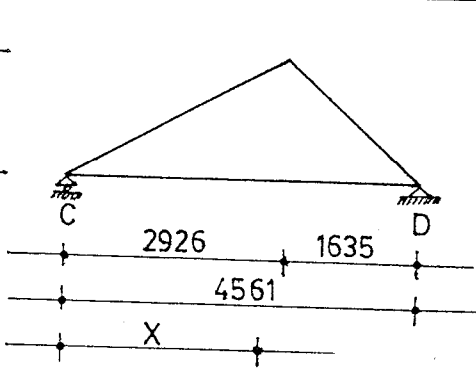
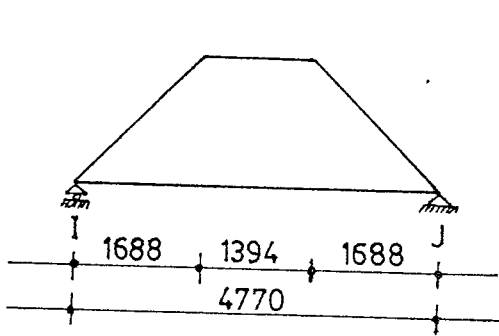
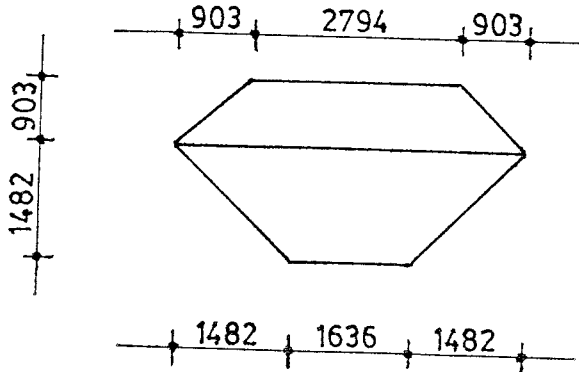
NOMOR		GAMBAR
11	Elemen : 54,90	<p>Diagram of a gabled roof structure with two peaks. The left peak is 1482 units high and 1806 units wide. The right peak is 903 units high and 2963 units wide. The total width is 4769 units. A dimension 'X' is shown below the total width.</p>
12	Elemen : 55,91	<p>Diagram of a gabled roof structure with two peaks. Both peaks are 1288 units high and 2575 units wide. The total width is 5150 units.</p>
13	Elemen : 56,92	<p>Diagram of a gabled roof structure with two peaks. Both peaks are 1888 units high and 3775 units wide. The total width is 7550 units.</p>
3	Elemen : 57,58,93	<p>Diagram of a gabled roof structure with two peaks. The left peak is 1888 units high and 2000 units wide. The right peak is 1000 units high and 3775 units wide. The total width is 5775 units. A dimension 'X' is shown below the total width.</p>
14		<p>Diagram of a gabled roof structure with two peaks. The left peak is 1888 units high and 2000 units wide. The right peak is 1000 units high and 3775 units wide. The total width is 5775 units. A dimension 'X' is shown below the total width.</p>

NOMOR	GAMBAR
<p style="text-align: center;">15</p> <p style="text-align: center;">Elemen : 74, 117</p>	
<p style="text-align: center;">16</p> <p style="text-align: center;">Elemen : 118, 119</p>	
<p style="text-align: center;">17</p> <p style="text-align: center;">Elemen : 120, 121</p>	

NOMOR	GAMBAR	
17	Elemen : 120,121	 <p>Diagram of a trapezoid with height 1288, top width 4174, bottom width 6750, and slanted sides of length 1288. Nodes D and E are at the bottom corners.</p>
18	Elemen : 76, 122	 <p>Two diagrams of trapezoids. The top one has height 1288, top width 4174, bottom width 6750, and slanted sides of length 1288. The bottom one has height 1888, top width 2974, bottom width 6750, and slanted sides of length 1888. Both have nodes D and E at the bottom corners.</p>
19	Elemen : 123, 124	 <p>Diagram of a trapezoid with height 1888, top width 2153, bottom width 5929, and slanted sides of length 1888. Nodes A and B are at the bottom corners.</p>

NOMOR	GAMBAR	
<p style="text-align: center;">19</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 123, 124</p>	
<p style="text-align: center;">20</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 125, 126</p>	
<p style="text-align: center;">19'</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 74, 127</p>	

NOMOR		GAMBAR
20'	Elemen : 128,129	
18'	Elemen : 130,131	
23	Elemen : 59	
24	Elemen : 94	

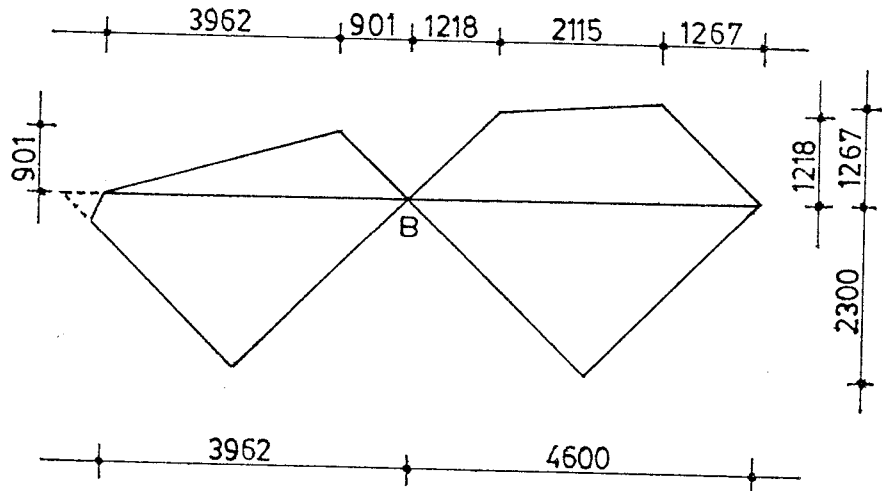
NOMOR	GAMBAR	
21	Elemen : 59	
22	Elemen : 94	
25	Elemen : 60, 61, 66	
27	Elemen : 90	

NOMOR

GAMBAR

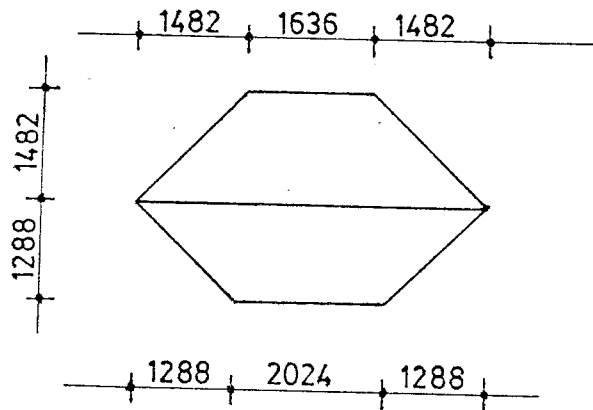
26

Elemen : 89



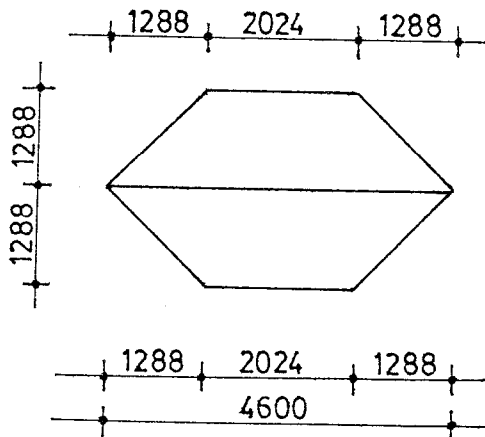
28

Elemen Portal Dua Dimensi

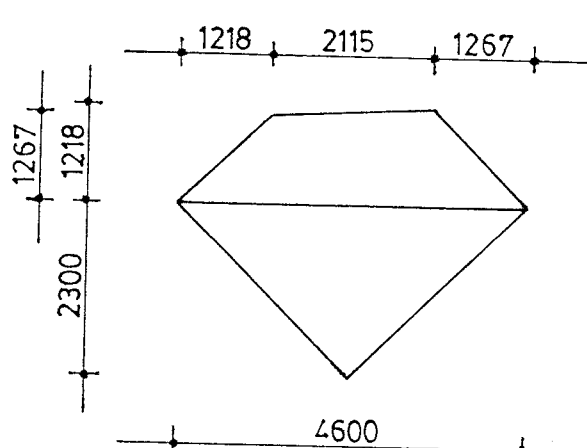
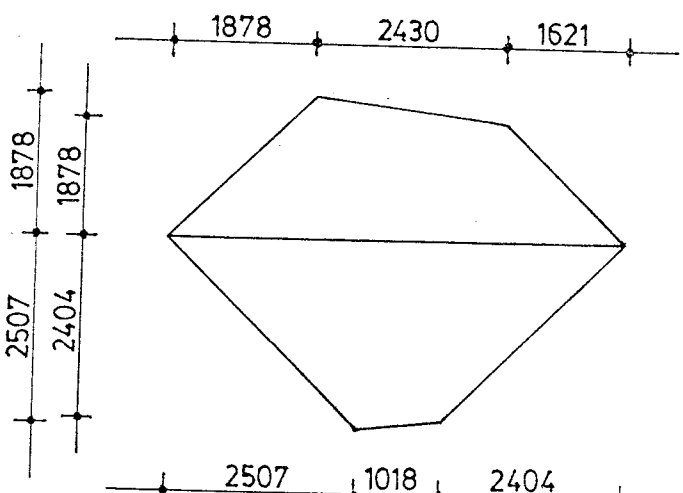
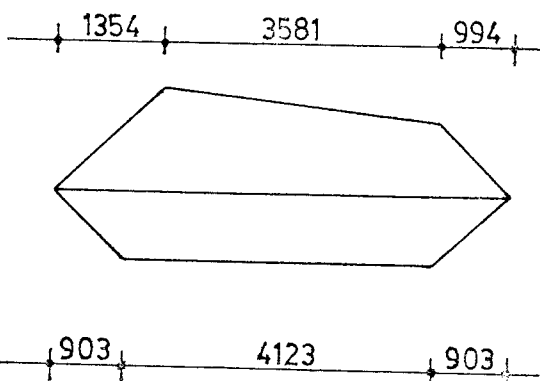


29

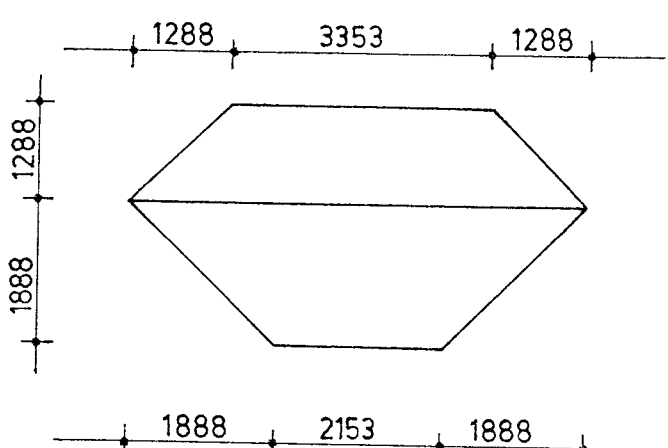
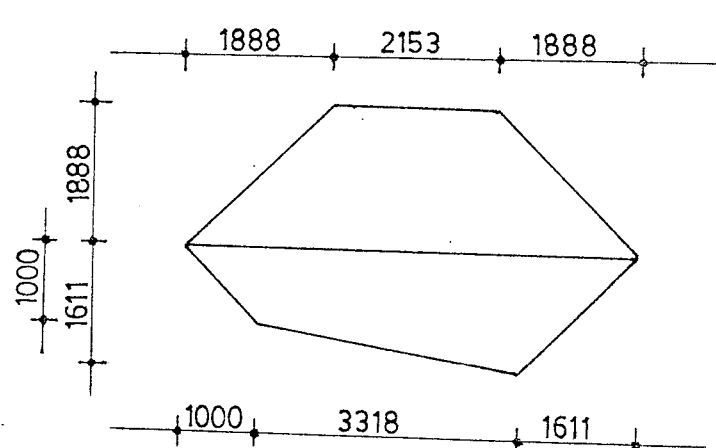
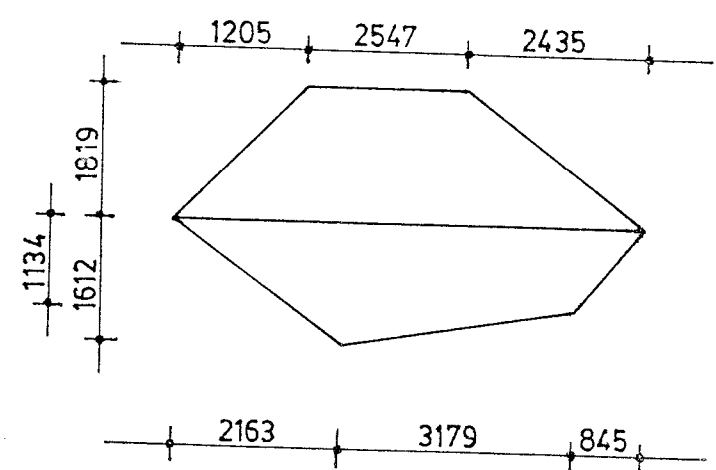
Elemen : 91



NOMOR	GAMBAR	
<p style="text-align: center;">30</p>	<p style="text-align: center;">Elemen Portal Dua Dimensi</p>	
<p style="text-align: center;">31</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 92</p>	
<p style="text-align: center;">32</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 93</p>	

NOMOR	GAMBAR
<p style="text-align: center;">33</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 53</p> 
<p style="text-align: center;">33</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 53</p> 
<p style="text-align: center;">34</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 54</p> 

NOMOR		GAMBAR
35	Elemen Portal Dua Dimensi	<p>Diagram showing a two-dimensional portal element with dimensions: top width segments 1288, 3353, 1288; bottom width segments 1482, 2965, 1482; height segments 1482, 1288.</p>
36	Elemen : 55	<p>Diagram showing a two-dimensional portal element with dimensions: top width segments 1288, 3353, 1288; bottom width segments 1288, 3353, 1288; height segments 1288, 1288.</p>
38	Elemen : 56	<p>Diagram showing a two-dimensional portal element with dimensions: top width segments 1888, 2153, 1888; bottom width segments 1888, 2153, 1888; height segments 1888, 1888.</p>

NOMOR	GAMBAR	
<p style="text-align: center;">(37)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen Portal Dua Dimensi</p>	
<p style="text-align: center;">(39)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen Portal Dua Dimensi</p>	
<p style="text-align: center;">(40)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 57</p>	

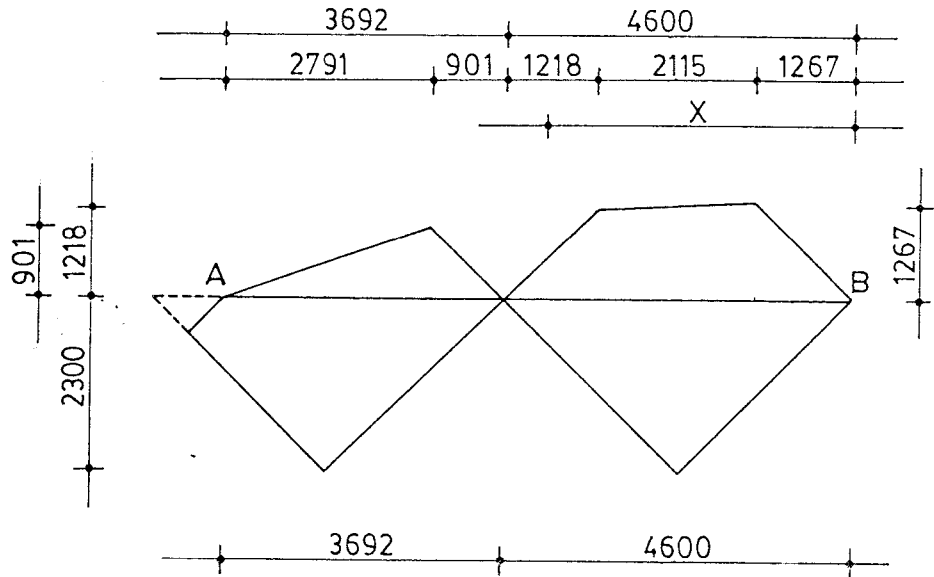
NOMOR		GAMBAR
<p style="text-align: center;">(41)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 58, 63</p>	<p style="text-align: center;"> 4600 2300 1000 1000 2600 1000 </p>
<p style="text-align: center;">(43)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 144</p>	<p style="text-align: center;"> 8292 7082 1210 X 681 2788 3624 2788 1210 2788 </p>
<p style="text-align: center;">(46)</p>	<p style="text-align: center;">Elemen : 147, 148</p>	<p style="text-align: center;"> 2300 975 2300 A B 2300 2300 2300 975 2300 </p>

NOMOR

GAMBAR

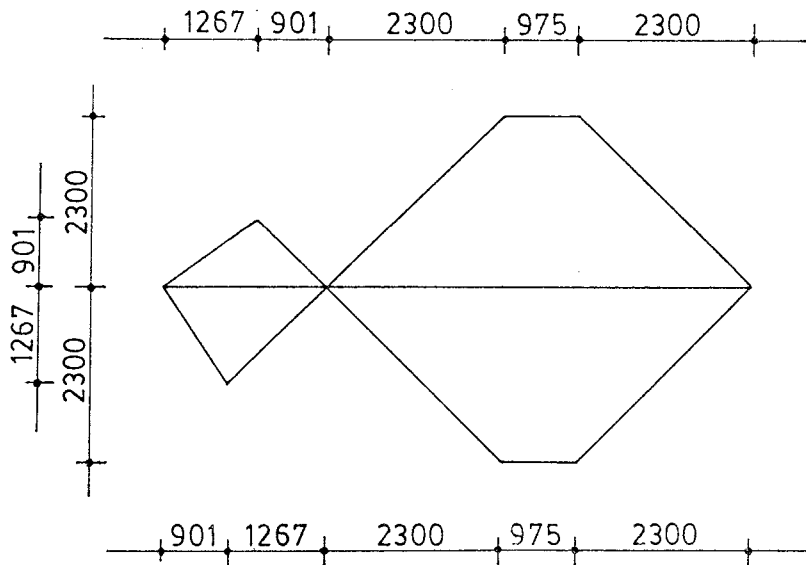
44

Elemen : 144 , 149



45

Elemen : 147 , 148

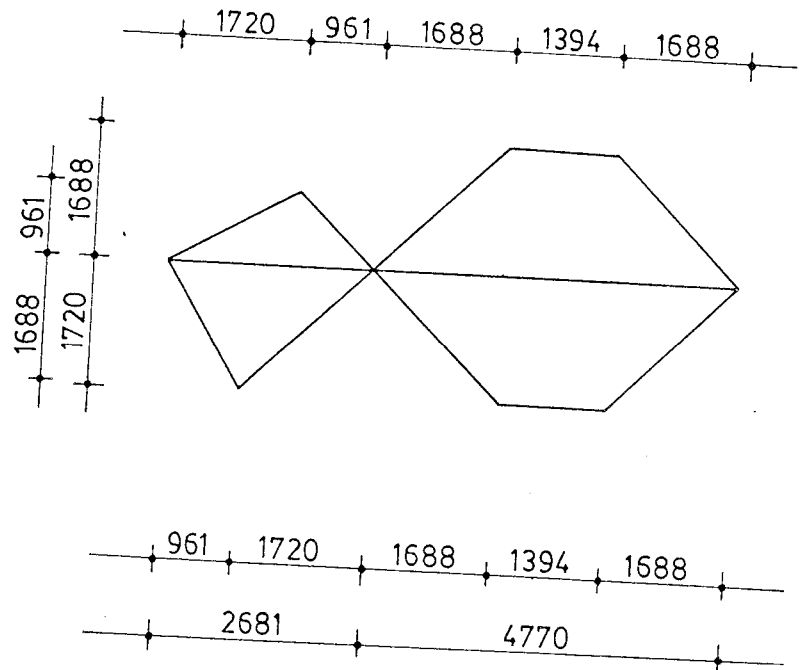


NOMOR

GAMBAR

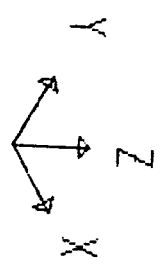
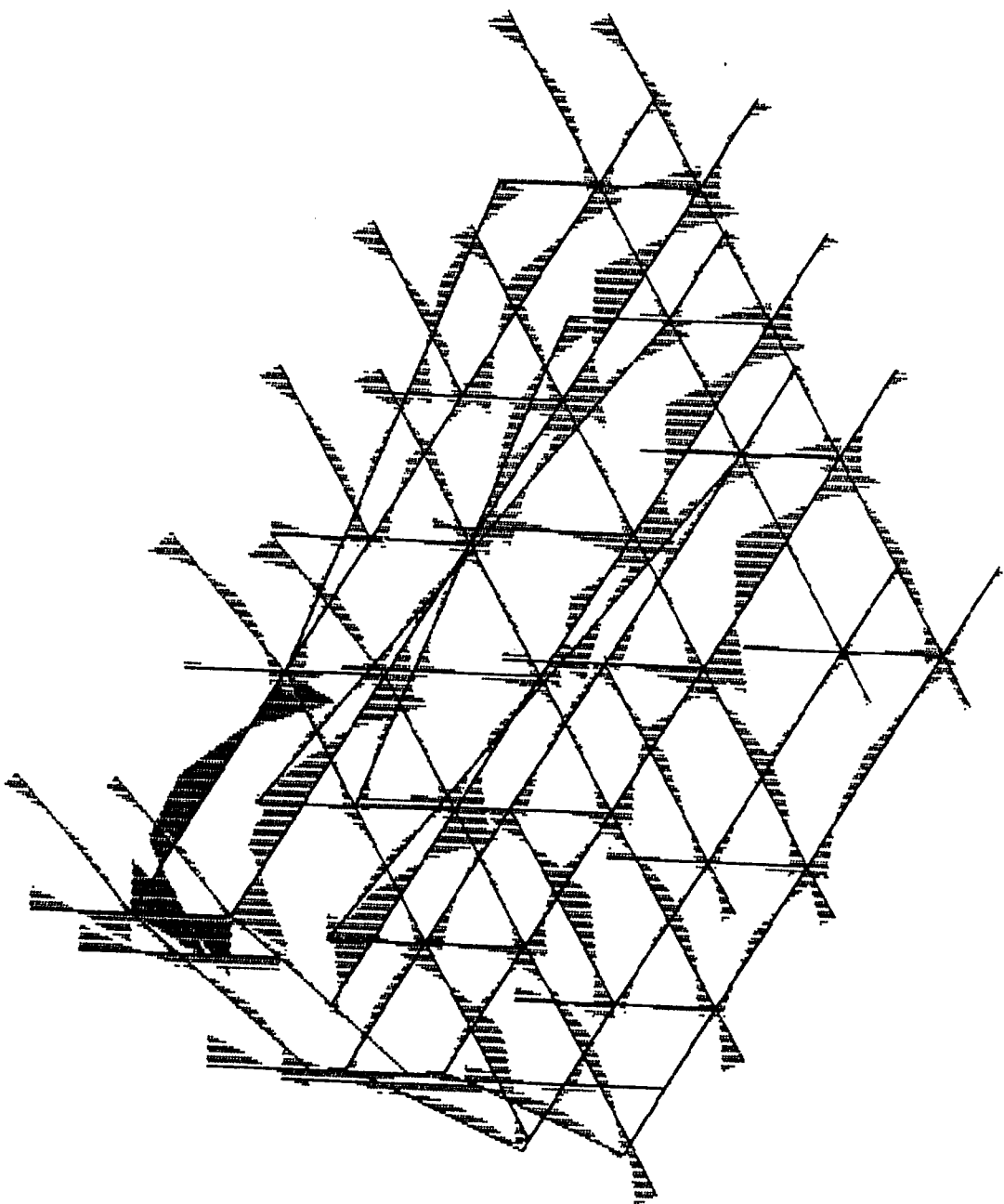
47

Elemen : 73





LAMPIRAN 3



ENVELOPES

MIN < 53 >

-.4447E+09

AT .00

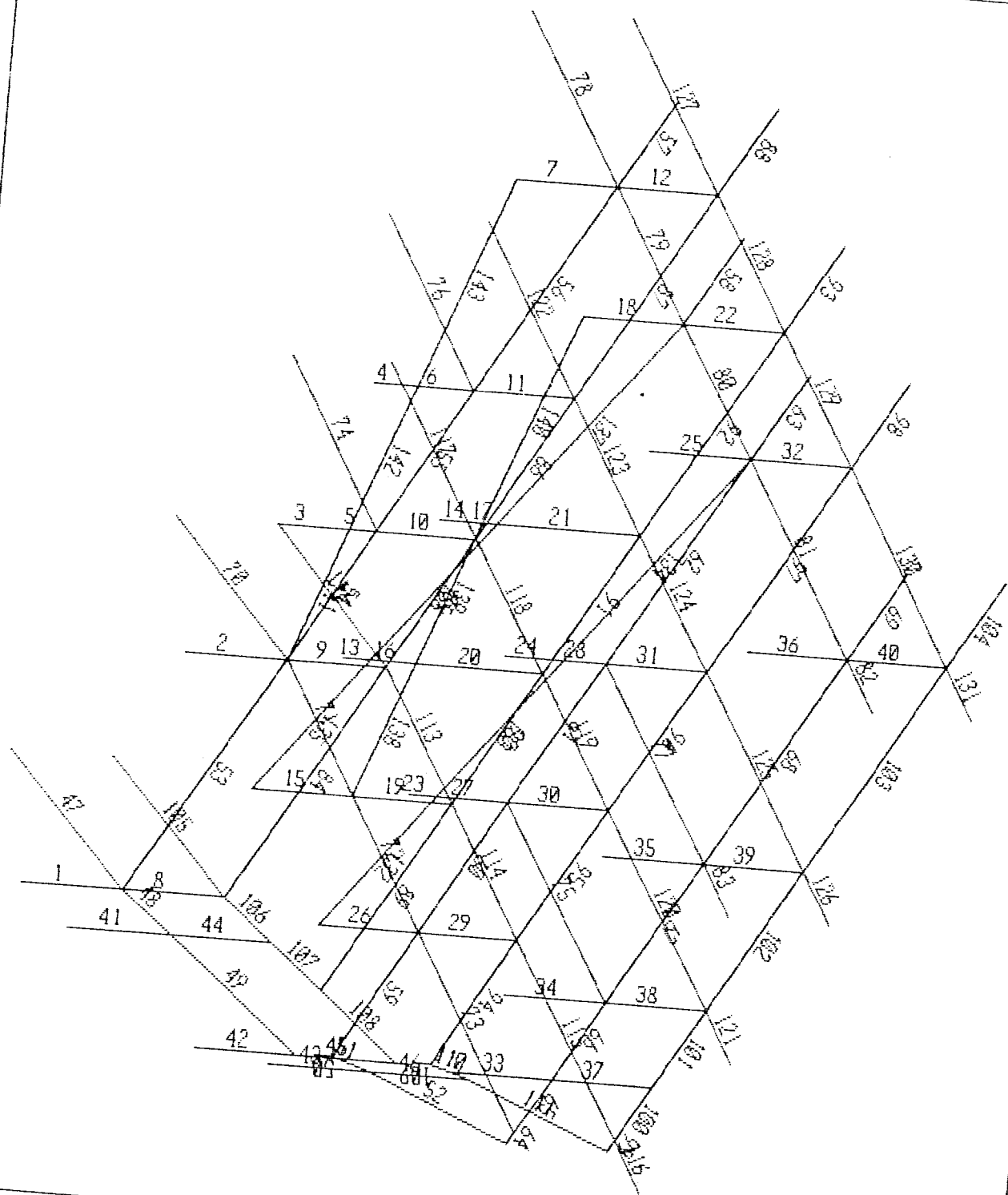
MAX < 8 >

.2517E+09

AT .00

FILE : AFIF
 OUTPUT : FRAME M33
 LOAD : 1

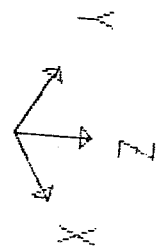
SAP90

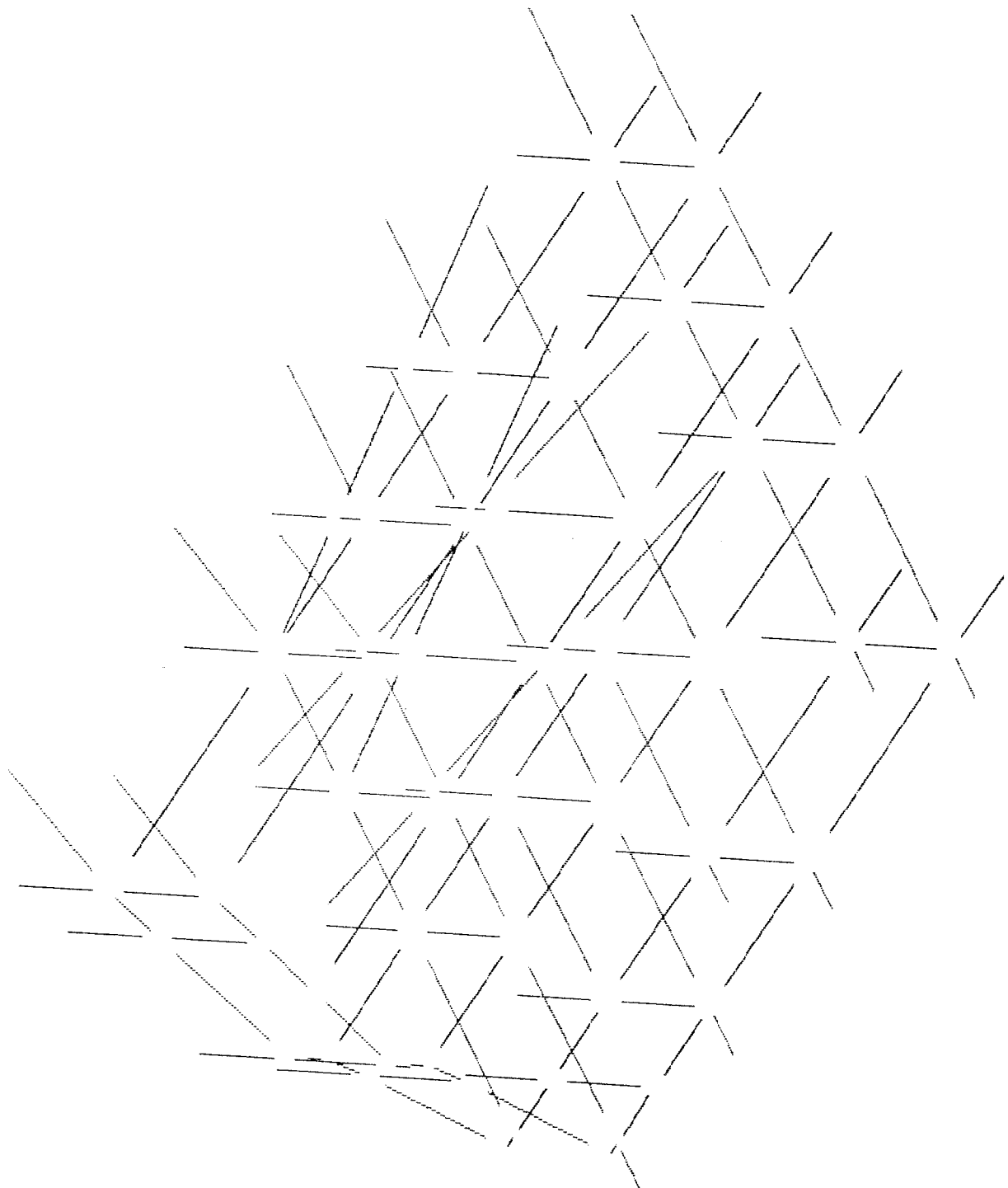


SAP90

FILE : AFIF

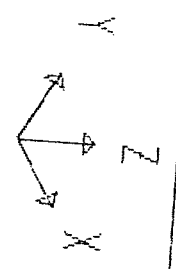
UNDEFORMED SHAPE





SAP90

FILE : AFIF
UNDEFORMED SHAPE



ELEMENT FORCES

AD ND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR MOMENT		1-3 PLANE SHEAR MOMENT		AXIAL TORQ

1-563039.94	.0	-.89380E+05	.11218E+09	-.16557E+05	.27724E+08	-725038.67
	750.0	-89379.52	45144247.69	-16556.54	15306595.98	
	1500.0	-89379.52	-21890392.98	-16556.54	2889193.39	
	2250.0	-89379.52	-88925033.65	-16556.54	-9528209.19	
	3000.0	-.89380E+05	-.15596E+09	-.16557E+05	-.21946E+08	

1-708336.99	.0	-11183.68	30915817.46			3127184.98
	750.0	-11183.68	22528059.54	-5495.89	10031814.74	
	1500.0	-11183.68	14140301.63	-5495.89	5909898.23	
	2250.0	-11183.68	5752543.72	-5495.89	1787981.71	
	3000.0	-11183.68	-2635214.19	-5495.89	-2333934.80	

1-416240.73	.0	-62722.92	85290375.97			3110681.07
	545.3	-62722.92	51090702.67	-186.81	126113.56	
	1090.5	-62722.92	16891029.37	-186.81	24252.87	
	1635.8	-62722.92	-17308643.93	-186.81	-77607.82	
	2181.0	-62722.92	-51508317.23	-186.81	-179468.50	

1-594782.57	.0	-.13128E+06	.10365E+09			4155117.92
	324.3	-131283.68	61083635.97	.12866E+04	-.14541E+07	
	648.5	-131283.68	18514902.52	1286.56	-1036940.89	
	972.8	-131283.68	-24053830.93	1286.56	-619772.96	
	1297.0	-131283.68	-66622564.38	1286.56	-202605.04	

1-284365.56	.0	-59644.89	11129576.87			13779098.69
	204.8	-59644.89	-1082713.36	-331.58	1103706.64	
	409.5	-59644.89	-13295003.59	-331.58	1035815.93	
	614.3	-59644.89	-25507293.82	-331.58	967925.23	
	819.0	-59644.89	-37719584.05	-331.58	900034.52	

1-438566.57	.0	-43095.69	30232795.70			11735963.01
	425.8	-43095.69	11884804.92	-368.80	1293401.70	
	851.5	-43095.69	-6463185.86	-368.80	1136386.97	
	1277.3	-43095.69	-24811176.64	-368.80	979372.23	
	1703.0	-43095.69	-43159167.42	-368.80	822357.50	

1-446690.10	.0	14.69	9074860.33			4986884.33
	750.0	14.69	9085881.09	194.81	-144675.31	
	1500.0	14.69	9096901.84	194.81	1430.05	
	2250.0	14.69	9107922.59	194.81	147535.41	
	3000.0	14.69	9118943.34	194.81	293640.76	

1-211209.77	.0	-.18265E+06	.25169E+09	-.89498E+04		-1617033.24
					.36508E+07	

M E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	750.0	-.18265E+06	.11471E+09	-.89498E+04	-.30616E+07	
	1500.0	-.182651.72	-22282769.69	-8949.83	-9773935.97	
	2250.0	-.18265E+06	-.15927E+09	-.89498E+04	-.16486E+08	
	3000.0	-.18265E+06	-.29626E+09	-.89498E+04	-.23199E+08	

	1-318574.29					
	.0	56354.79	-76180227.40			-247240.61
	750.0	56354.79	-33914134.56	1789.89	-3371979.70	
	1500.0	56354.79	8351958.27	1789.89	-2029559.89	
	2250.0	56354.79	50618051.10	1789.89	-687140.08	
	3000.0	56354.79	92884143.94	1789.89	655279.73	
				1789.89	1997699.54	

	1-174785.88					
	.0	-23044.58	28252900.10			-4702328.96
	750.0	-23044.58	10969467.12	973.19	-1383803.11	
	1500.0	-23044.58	-6313965.86	973.19	-653912.68	
	2250.0	-23044.58	-23597398.85	973.19	75977.74	
	3000.0	-23044.58	-40880831.83	973.19	805868.17	
				973.19	1535758.59	

	1-279342.67					
	.0	-56812.52	62045091.87			-6593401.60
	750.0	-56812.52	19435701.19	1161.34	-1545769.52	
	1500.0	-56812.52	-23173689.50	1161.34	-674762.82	
	2250.0	-56812.52	-65783080.19	1161.34	196243.89	
	3000.0	-.56813E+05	-.10839E+09	1161.34	1067250.60	
				.11613E+04	.19383E+07	

	1-266645.02					
	.0	58968.31	-64200386.35			-2097206.93
	750.0	58968.31	-19974157.52	1136.74	-1406397.49	
	1500.0	58968.31	24252071.32	1136.74	-553841.40	
	2250.0	58968.31	68478300.15	1136.74	298714.70	
	3000.0	.58968E+05	.11270E+09	1136.74	1151270.80	
				.11367E+04	.20038E+07	

	1-436211.92					
	.0	-9581.94	20310575.97			13409.77
	204.8	-9581.94	18348674.15	-138.00	172497.38	
	409.5	-9581.94	16386772.33	-138.00	144241.35	
	614.3	-9581.94	14424870.51	-138.00	115985.32	
	819.0	-9581.94	12462968.69	-138.00	87729.30	
				-138.00	59473.27	

	1-598239.61					
	.0	-86899.26	46435720.98			275782.45
	323.3	-86899.26	18345535.81	445.44	-485247.65	
	646.5	-86899.26	-9744649.35	445.44	-341258.02	
	969.8	-86899.26	-37834834.51	445.44	-197268.39	
	1293.0	-86899.26	-65925019.67	445.44	-53278.76	
				445.44	90710.88	

	1-428773.79					
	.0	-20630.88	37173106.23			1877081.00
	750.0	-20630.88	21699943.10	-5410.53	8405655.78	
	1500.0	-20630.88	6226779.97	-5410.53	4347755.53	
	2250.0	-20630.88	-9246383.15	-5410.53	289855.29	
				-5410.53	-3768044.96	

MEMBER ELEMENT FORCES

LOAD COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	-36928.75	63324187.72	1110.75	-1938719.06	
	204.8	-36928.75	55763026.80	1110.75	-1711293.88	
	409.5	-36928.75	48201865.89	1110.75	-1483868.70	
	614.3	-36928.75	40640704.97	1110.75	-1256443.53	
	819.0	-36928.75	33079544.06	1110.75	-1029018.35	

	1-504827.80					
	.0	-24681.53	37403376.69			-4293199.76
	425.8	-24681.53	26895213.76	-2429.27	2240089.42	
	851.5	-24681.53	16387050.83	-2429.27	1205826.74	
	1277.3	-24681.53	5878887.90	-2429.27	171564.07	
	1703.0	-24681.53	-4629275.03	-2429.27	-862698.61	

	1-432175.87					
	.0	7110.78	2668454.61			1804650.98
	750.0	7110.78	8001540.01	-273.97	341923.17	
	1500.0	7110.78	13334625.42	-273.97	136449.16	
	2250.0	7110.78	18667710.82	-273.97	-69024.85	
	3000.0	7110.78	24000796.23	-273.97	-274498.86	

	1-364418.08					
	.0	-.58217E+05	.11299E+09	-.47048E+04		-10626084.35
	750.0	-58217.03	69330386.35	-4704.82	.77837E+07	
	1500.0	-58217.03	25667611.94	-4704.82	4255107.89	
	2250.0	-58217.03	-17995162.47	-4704.82	726495.77	
	3000.0	-58217.03	-61657936.87	-4704.82	-2802116.34	

	1-281139.23					
	.0	-80392.12	94293306.97			-20420098.28
	545.3	-80392.12	50459501.96	172.75	337610.89	
	1090.5	-80392.12	6625696.94	172.75	431801.21	
	1635.8	-80392.12	-37208108.08	172.75	525991.54	
	2181.0	-80392.12	-81041913.10	172.75	620181.86	

	1-349119.73					
	.0	-.12413E+06	.11091E+09	-.11997E+03		-12824087.38
	324.3	-124129.10	70658542.79	-119.97	-.39237E+06	
	648.5	-124129.10	30409681.57	-119.97	-431270.74	
	972.8	-124129.10	-9839179.65	-119.97	-470172.02	
	1297.0	-124129.10	-50088040.86	-119.97	-509073.31	

	1-221753.03					
	.0	-17703.67	3556980.42			6392951.83
	750.0	-17703.67	-9720774.26	1631.12	-4272402.11	
	1500.0	-17703.67	-22998528.93	1631.12	-3049064.07	
	2250.0	-17703.67	-36276283.61	1631.12	-1825726.04	
	3000.0	-17703.67	-49554038.28	1631.12	-602388.01	

	1-188619.88					
	.0	-22339.56	23250981.26			9973128.71
	750.0	-22339.56	6496307.75	-571.88	1055781.92	
	1500.0	-22339.56	-10258365.77	-571.88	626871.78	
				-571.88	197961.65	

NAME ELEMENT FORCES

LOAD D COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
11	2250.0	-22339.56	-27013039.28	-571.88	-230948.49	
	3000.0	-22339.56	-43767712.79	-571.88	-659858.63	

	1-279021.33					
	.0	-50989.64	36020967.08			-16604.51
	750.0	-50989.64	-2221262.30	121.98	-177059.10	
	1500.0	-50989.64	-40463491.67	121.98	-85576.11	
	2250.0	-50989.64	-78705721.05	121.98	5906.87	
	3000.0	-50990E+05	-.11695E+09	121.98	97389.85	
32				.12198E+03	.18887E+06	

	1-268992.15					
	.0	57974.12	-65593936.54			-6383744.20
	750.0	57974.12	-22113343.36	-273.44	295497.54	
	1500.0	57974.12	21367249.82	-273.44	90416.81	
	2250.0	57974.12	64847843.00	-273.44	-114663.92	
	3000.0	.57974E+05	.10833E+09	-273.44	-319744.65	
33				-.27344E+03	-.52483E+06	

	1-116594.17					
	.0	-39717.00	72810634.70			-6488765.64
	750.0	-39717.00	43022885.22	5536.35	-8996377.58	
	1500.0	-39717.00	13235135.75	5536.35	-4844112.38	
	2250.0	-39717.00	-16552613.73	5536.35	-691847.17	
	3000.0	-39717.00	-46340363.21	5536.35	3460418.04	
34				5536.35	7612683.25	

	1-175106.61					
	.0	-48899.40	78199996.63			18453074.01
	750.0	-48899.40	41525444.36	1427.00	-2026809.64	
	1500.0	-48899.40	4850892.09	1427.00	-956558.05	
	2250.0	-48899.40	-31823660.18	1427.00	113693.54	
	3000.0	-48899.40	-68498212.45	1427.00	1183945.13	
35				1427.00	2254196.72	

	1-203435.18					
	.0	-25363.72	46646260.95			9135969.21
	750.0	-25363.72	27623470.97	-1151.93	1136976.99	
	1500.0	-25363.72	8600680.98	-1151.93	273030.32	
	2250.0	-25363.72	-10422109.00	-1151.93	-590916.36	
	3000.0	-25363.72	-29444898.99	-1151.93	-1454863.03	
36				-1151.93	-2318809.71	

	1-137308.73					
	.0	-6251.92	12456549.55			2333759.74
	750.0	-6251.92	7767609.84	-877.16	881151.90	
	1500.0	-6251.92	3078670.14	-877.16	223278.92	
	2250.0	-6251.92	-1610269.57	-877.16	-434574.06	
	3000.0	-6251.92	-6299209.27	-877.16	-1092467.03	
37				-877.16	-1750340.01	

	1-29834.32					
	.0	9948.45	-28563824.16			-595255.17
	750.0	9948.45	-21102486.89	-664.68	928041.65	
	1500.0	9948.45	-13641149.61	-664.68	429532.34	
	2250.0	9948.45	-6179812.34	-664.68	-68976.97	
	3000.0	9948.45	1281524.94	-664.68	-567486.27	
				-664.68	-1065995.58	

M E E L E M E N T F O R C E S

DAD JND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	

1-122418.54	.0	-11408.86	7955598.98			-2645314.24
	750.0	-11408.86	-601048.01	-3680.31	3930020.02	
	1500.0	-11408.86	-9157695.00	-3680.31	1169789.38	
	2250.0	-11408.86	-17714342.00	-3680.31	-1590441.26	
	3000.0	-11408.86	-26270988.99	-3680.31	-4350671.91	

1-135709.14	.0	-13274.34	3608203.11			6090796.39
	750.0	-13274.34	-6347552.02	-4388.05	5360399.70	
	1500.0	-13274.34	-16303307.15	-4388.05	2069364.13	
	2250.0	-13274.34	-26259062.27	-4388.05	-1221671.44	
	3000.0	-13274.34	-36214817.40	-4388.05	-4512707.01	

1 -74408.53	.0	17264.62	-16384250.85			5957404.36
	750.0	17264.62	-3435787.75	-2994.07	3760041.20	
	1500.0	17264.62	9512675.35	-2994.07	1514491.36	
	2250.0	17264.62	22461138.45	-2994.07	-731058.47	
	3000.0	17264.62	35409601.55	-2994.07	-2976608.31	

1-179611.20	.0	-.63710E+05	.12583E+09			-9344338.86
	750.0	-63709.91	78049158.71	-.24539E+05	.35982E+08	
	1500.0	-63709.91	30266727.77	-24539.09	17577376.05	
	2250.0	-63709.91	-17515703.17	-24539.09	-826944.34	
	3000.0	-63709.91	-65298134.11	-24539.09	-19231264.74	

1-149528.79	.0	-.82956E+05	.15452E+09			7184842.41
	750.0	-82956.44	92306259.34	-.15465E+05	.33613E+08	
	1500.0	-82956.44	30088932.09	-15465.10	22014072.66	
	2250.0	-82956.44	-32128395.16	-15465.10	10415246.95	
	3000.0	-82956.44	-94345722.42	-15465.10	-1183578.77	

1 -69011.20	.0	-.62691E+05	.13943E+09			-11994054.35
	750.0	-62690.88	92416498.47	-.24076E+05	.42751E+08	
	1500.0	-62690.88	45398339.41	-24076.44	24693932.04	
	2250.0	-62690.88	-1619819.64	-24076.44	6636602.85	
	3000.0	-62690.88	-48637978.70	-24076.44	-11420726.35	

1-163713.35	.0	-7017.59	-47216141.84			5213472.48
	750.0	-7017.59	-52479333.69	26247.11	-25617884.59	
	1500.0	-7017.59	-57742525.54	26247.11	-5932554.85	
	2250.0	-7017.59	-63005717.38	26247.11	13752774.89	
	3000.0	-7017.59	-68268909.23	26247.11	33438104.64	

1-114580.16	.0	9898.23	-53384233.41			-9354305.90
				-11503.20	-13860008.50	

A M E E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	750.0		9898.23	-45960557.20	-11503.20	-22487410.99	
	1500.0		9898.23	-38536880.99	-11503.20	-31114813.49	
	2250.0		9898.23	-31113204.77	-11503.20	-39742215.99	
	3000.0		9898.23	-23689528.56	-11503.20	-48369618.48	

1	-16105.56						
	.0		4202.91	-34041881.72			-4368541.75
	750.0		4202.91	-30889697.34	-4210.16	129490.66	
	1500.0		4202.91	-27737512.96	-4210.16	-3028130.49	
	2250.0		4202.91	-24585328.59	-4210.16	-6185751.65	
	3000.0		4202.91	-21433144.21	-4210.16	-9343372.80	
7							
1	179859.19						
	.0		60422.82	-76859877.26			-4993162.19
	1516.1		33951.10	-5318059.69	-923.72	825881.75	
	3032.3		7479.37	26089038.60	-923.72	-574601.22	
	4548.4		-18992.35	17361417.63	-923.72	-1975084.18	
	6064.5		-45464.08	-31500922.62	-923.72	-3375567.15	
3							
1	176524.81						
	.0		21261.51	-31061689.11			22285433.57
	581.4		11586.63	-21512236.15	-16511.02	30804447.01	
	1162.9		1911.75	-17588052.68	-16511.02	21204439.21	
	1744.3		-7763.13	-19289138.73	-16511.02	11604431.41	
	2325.7		-17438.02	-26615494.29	-16511.02	2004423.62	
7							
1	205902.83						
	.0		52771.25	-41173305.63			1261497.60
	1571.5		26622.51	21208676.46	-613.17	-2175229.87	
	3142.9		473.76	42498996.92	-613.17	-3138801.08	
	4714.4		-25674.99	22697655.76	-613.17	-4102372.28	
	6285.8		-51823.74	-38195347.03	-613.17	-5065943.49	
					-613.17	-6029514.70	

1	142184.92						
	.0		115213.58	-21656198.72			-23559452.50
	386.4		-29704.54	-5620018.09	34335.46	-35206264.75	
	772.8		-36133.81	-18339310.54	34335.46	-21939750.76	
	1159.1		-42563.09	-33542743.14	34335.46	-8673236.78	
	1545.5		-48992.37	-51230315.88	34335.46	4593277.21	
					34335.46	17859791.20	

1	63204.16						
	.0		39142.34	-71448454.76			26856703.72
	410.0		32320.02	-56798656.85	-49560.85	52762546.90	
	820.0		25497.69	-44946014.52	-49560.85	32442577.93	
	1230.0		18675.37	-35890527.78	-49560.85	12122608.96	
	1640.0		11853.05	-29632196.61	-49560.85	-8197360.01	
					-49560.85	-28517328.98	

1	46280.56						
	.0		76080.46	-37257709.21			-2447018.71
	1572.8		31620.98	33466105.56	3344.79	-12041185.73	
	3145.6		5449.66	62618730.39	3344.79	-6780447.54	
	4718.4		-20721.66	50608722.76	3344.79	-1519709.36	
					3344.79	3741028.82	

A M E E L E M E N T F O R C E S

T LOAD D COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
3	6291.3	-46892.98	-2563917.32	3344.79	9001767.00	

1	137705.70					-188532.74
	.0	.36742E+06	-.44470E+09	-.15776E+03	-.45276E+06	
	2126.5	.61970E+05	.12501E+09	-.15776E+03	-.78823E+06	
	4253.0	-.22344E+05	.16715E+09	-.15776E+03	-.11237E+07	
	6379.5	-106658.50	29983825.28	-157.76	-1459180.55	
	8506.0	-.19097E+06	-.28647E+09	-.15776E+03	-.17947E+07	
14	-----					
1	80150.07					-450636.38
	.0	.88929E+05	-.11026E+09	-.47402E+04	.97056E+07	
	1192.3	72159.25	-14234580.83	-4740.16	4054188.23	
	2384.5	-4890.98	26928163.61	-4740.16	-1597266.76	
	3576.8	-21660.69	11100050.25	-4740.16	-7248721.75	
	4769.0	-38430.40	-24721751.77	-4740.16	-12900176.74	
15	-----					
1	123681.01					34065.75
	.0	71761.92	-89485397.86	-8153.23	19787328.39	
	1287.5	56473.63	-6933761.54	-8153.23	9290047.29	
	2575.0	-28005.28	55934201.40	-8153.23	-1207233.80	
	3862.5	-43293.57	10035567.72	-8153.23	-11704514.89	
	5150.0	-58581.86	-55546739.33	-8153.23	-22201795.99	
16	-----					
1	226585.20					-40707.47
	.0	.10145E+06	-.16015E+09	-.35994E+04	.14762E+08	
	1887.5	73458.93	4927868.33	-3599.42	7967783.93	
	3775.0	-.39976E+05	.11716E+09	-.35994E+04	.11739E+07	
	5662.5	-67969.61	15288978.03	-3599.42	-5620027.99	
	7550.0	-.95963E+05	-.13942E+09	-.35994E+04	-.12414E+08	
17	-----					
1	297847.27					-102474.01
	.0	84920.23	-64741717.32	-7270.15	15492107.04	
	787.5	62537.27	-6680327.70	-7270.15	9766864.24	
	1575.0	40154.32	33754484.87	-7270.15	4041621.43	
	2362.5	-115449.94	8269999.12	-7270.15	-1683621.37	
	3150.0	-137832.89	-91460116.19	-7270.15	-7408864.18	
18	-----					
1	56816.55					28353.85
	.0	70012.65	-50715099.59	3701.94	-7847390.68	
	787.5	47629.69	-4393428.88	3701.94	-4932114.45	
	1575.0	25246.74	24301664.77	3701.94	-2016838.22	
	2362.5	-83756.88	3970192.11	3701.94	898438.01	
	3150.0	-106139.83	-70801638.12	3701.94	3813714.23	
19	-----					
1	133854.89					-691065.70
	.0	63896.31	-55081150.20	11810.23	-20218138.88	
	1140.3	44514.93	18129305.75	11810.23	-6751518.76	
	2280.5	5133.54	46435138.15	11810.23	6715101.36	
	3420.8	-34247.84	29836347.03	11810.23	20181721.48	
	4561.0	-73629.23	-31667067.63	11810.23	33648341.60	
20	-----					
1	259168.57					-343713.19

A M E E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	68540.19	-93254430.64	19854.90	-43771442.78	
	1192.3	45419.13	-25320432.06	19854.90	-20099441.99	
	2384.5	22298.06	15047475.82	19854.90	3572558.80	
	3576.8	-823.01	27849293.00	19854.90	27244559.59	
	4769.0	-23944.07	13085019.48	19854.90	50916560.38	

1	317306.78					
	.0	68782.32	-89596783.73			-35337.62
	1287.5	43814.09	-17112847.20	14081.32	-40878674.55	
	2575.0	18845.86	23224493.20	14081.32	-22748971.18	
	3862.5	-6122.37	31415237.48	14081.32	-4619267.81	
	5150.0	-31090.60	7459385.63	14081.32	13510435.57	
2				14081.32	31640138.94	

1	300513.67					
	.0	39079.74	-76949695.15			10680.15
	1887.5	28207.74	-13447130.98	1669.77	-9612389.52	
	3775.0	-2104.26	29534533.19	1669.77	-6460695.00	
	5662.5	-12976.26	15302297.37	1669.77	-3309000.47	
	7550.0	-23848.26	-19450838.46	1669.77	-157305.94	

1	303418.85					
	.0	44235.61	-41244998.58			47942.75
	787.5	30866.85	-11673404.54	-2552.04	5482043.51	
	1575.0	17498.09	7370292.97	-2552.04	3472311.63	
	2362.5	-39180.99	186099.33	-2552.04	1462579.75	
	3150.0	-52549.75	-35932881.10	-2552.04	-547152.12	

1	64039.32					
	.0	3344.79	2543346.96			-8975026.24
	100.0	1680.81	2794627.20	-15485.70	2563917.32	
	200.0	16.83	2879509.45	-15485.70	1015347.07	
	300.0	-1647.15	2797993.69	-15485.70	-533223.18	
	400.0	-3311.13	2550079.93	-15485.70	-2081793.42	

1	164593.42					
	.0	-3748.13	2424220.62			-6055870.71
	491.5	-11926.59	-1427842.48	-33671.37	76087552.57	
	983.0	-20105.05	-9299619.51	-33671.37	59538071.78	
	1474.5	-28283.52	-21191110.47	-33671.37	42988590.99	
	1966.0	-36461.98	-37102315.35	-33671.37	26439110.21	

1	114927.97					
	.0	50297.88	-54878854.40			628770.89
	700.8	38637.54	-23718107.45	-27470.34	15783139.88	
	1401.5	26977.20	-728343.65	-27470.34	-3466702.46	
	2102.3	15316.86	14090437.00	-27470.34	-22716544.80	
	2803.0	3656.52	20738234.51	-27470.34	-41966387.14	

1	195271.22					
	.0	56137.56	-57326668.09			-299343.30
	1287.5	31169.33	-1122859.27	-15844.83	45419044.31	
	2575.0	6201.10	22934353.43	-15844.83	25018823.70	
				-15844.83	4618603.09	

AME ELEMENT FORCES

T LOAD D COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
3	3862.5 5150.0	-18767.13 -43735.36	14844969.99 -25391009.56	-15844.83 -15844.83	-15781617.52 -36181838.12	

1	225298.45					45300.40
	.0	33821.67	-56117973.00			
	1887.5	22949.67	-2540014.91	-3056.48	13838293.94	
	3775.0	-7362.33	30517043.17	-3056.48	8069179.02	
	5662.5	-18234.33	6360201.25	-3056.48	2300064.11	
	7550.0	-29106.33	-38317540.67	-3056.48	-3469050.81	
9	218342.50					-9238165.73
	.0	40126.03	-28050249.43			301857.00
	787.5	26757.27	-1714952.22	-3392.47	7234541.24	
	1575.0	13388.51	14092448.46	-3392.47	4562968.65	
	2362.5	-43290.58	3671957.98	-3392.47	1891396.06	
	3150.0	-56659.33	-35683319.28	-3392.47	-780176.53	
0	19449.31					-3451749.12
	.0	.12490E+06	-.14064E+09			3420900.75
	1512.6	66808.80	4345122.08	.15502E+04	-.44054E+07	
	3025.2	8716.98	61465376.44	1550.21	-2060587.81	
	4537.8	-49374.83	30715788.57	1550.21	284264.47	
	6050.4	-107466.65	-87903641.54	1550.21	2629116.76	
1	-1923.24			1550.21	4973969.04	
	.0	83237.84	-67209065.28			-3354965.50
	1150.0	42252.19	4947704.80	-2191.48	5514614.45	
	2300.0	1266.53	29970971.63	-2191.48	2994406.71	
	3450.0	-39719.12	7860735.22	-2191.48	474198.97	
	4600.0	-80704.78	-61383004.45	-2191.48	-2046008.77	
2	3805.08			-2191.48	-4566216.52	
	.0	49014.74	-55227646.65			3501694.98
	1150.0	25171.56	-12570522.74	-932.64	1915058.87	
	2300.0	1328.38	2666944.18	-932.64	842527.97	
	3450.0	-22514.80	-9515245.90	-932.64	-230002.93	
	4600.0	-46357.98	-49117092.99	-932.64	-1302533.83	
1	18185.67			-932.64	-2375064.73	
	.0	.11947E+06	-.14356E+09			-125859.31
	1687.5	81855.70	26311860.85	-.43700E+03	.30614E+05	
	3375.0	-.25327E+05	.13271E+09	-437.00	-706828.29	
	5062.5	-62940.74	58230859.51	-.43700E+03	-.14443E+07	
	6750.0	-100554.10	-79717916.24	-437.00	-2181713.11	
1	2108.30			-437.00	-2919155.52	
	.0	.10258E+06	-.11771E+09			1208838.06
	1482.3	56898.92	485239.54	.61264E+03	-.19011E+07	
	2964.5	11222.20	50971499.66	612.64	-993022.56	
	4446.8	-34454.52	33753442.22	612.64	-84933.45	
	5929.0	-80131.24	-51168932.78	612.64	823155.67	
				612.64	1731244.79	

TAL 3 DIMENSI SEBAGIAN BEBAN STATIS UNIT:N-mm AFIF&ARIF

A M E E L E M E N T F O R C E S

ID	LOAD COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TOR
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
58		3862.5	5150.0	-18607.21	15033410.20	-15923.80	-16092243.12	
		1240392.81		-43575.44	-24996664.69	-15923.80	-36594136.24	
		.0		33863.00	-56308042.56			45414.2
		1887.5		22991.00	-2652078.93	-3152.73	14284365.73	
		3775.0		-7321.00	30482984.70	-3152.73	8333587.13	
		5662.5		-18193.00	6404148.32	-3152.73	2382808.52	
69		7550.0		-29065.00	-38195588.05	-3152.73	-3567970.08	
		1230911.61				-3152.73	-9518748.69	
		.0		40165.41	-28135456.10			301834.1
		787.5		26796.65	-1769147.59	-3477.76	7416278.38	
		1575.0		13427.89	14069264.39	-3477.76	4677540.46	
		2362.5		-43251.20	3679785.21	-3477.76	1938802.55	
70		3150.0		-56619.95	-35644480.75	-3477.76	-799935.37	
		1-23765.19				-3477.76	-3538673.28	
		.0		.12809E+06	-.14901E+09			2509751.9
		1512.6		69998.45	803944.06	.13122E+04	-.39077E+07	
		3025.2		11906.64	62748882.02	1312.16	-1922911.83	
		4537.8		-46185.17	36823977.76	1312.16	61859.62	
71		6050.4		-104276.99	-76970768.74	1312.16	2046631.07	
		1-55357.14				1312.16	4031402.52	
		.0		82290.82	-65656646.79			-2071367.5
		1150.0		41305.16	5411039.95	-2165.27	5480085.77	
		2300.0		319.51	29345223.44	-2165.27	2990027.38	
		3450.0		-40666.15	6145903.68	-2165.27	499968.98	
72		4600.0		-81651.80	-64186919.33	-2165.27	-1990089.41	
		1-53740.94				-2165.27	-4480147.80	
		.0		48105.98	-54738527.26			3366436.0
		1150.0		24262.80	-13126473.93	-872.77	1818869.24	
		2300.0		419.62	1065922.41	-872.77	815183.43	
		3450.0		-23423.56	-12161338.26	-872.77	-188502.38	
73		4600.0		-47266.74	-52808255.92	-872.77	-1192188.20	
		1-41927.51				-872.77	-2195874.01	
		.0		.11740E+06	-.13937E+09			-105728.2
		1687.5		79791.58	27012485.91	-.41400E+03	-.79268E+05	
		3375.0		-.27391E+05	.12992E+09	-414.00	-777899.72	
		5062.5		-65004.86	51965077.63	-.41400E+03	-.14765E+07	
74		6750.0		-102618.22	-89466901.59	-414.00	-2175163.75	
		1	564.63			-414.00	-2873795.76	
		.0		.10359E+06	-.12128E+09			1402389.4
		1482.3		57914.56	-1585539.61	.60431E+03	-.18907E+07	
		2964.5		12237.84	50406159.19	604.31	-994986.31	
		4446.8		-33438.88	34693540.42	604.31	-99242.45	
		5929.0		-79115.60	-48723395.89	604.31	796501.41	
						604.31	1692245.27	

AL 3 DIMENSI SEBAGIAN BEBAN STATIS UNIT:N-mm AFIF&ARIF

M E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIA TOR
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	3629.1	4838.8	-19701.45	21944883.95	-2869.35	-2051650.54	
	1296750.91		-52738.69	-21870660.50	-2869.35	-5522714.19	
	.0		82249.78	-92554443.45			-71729.8
	1306.3		46573.65	-8411505.49	-1917.70	5072497.01	
	2612.7		10897.53	29126651.28	-1917.70	2567343.07	
	3919.0		-24778.60	20060026.85	-1917.70	62189.14	
	5225.3		-60454.72	-35611378.78	-1917.70	-2442964.79	
3	1206123.35				-1917.70	-4948118.72	
	.0		.10621E+06	-.14270E+09	-.45841E+03		160851.1
	1915.1		53905.41	10625159.34	-458.41	.23251E+07	
	3830.3		1602.31	63777926.17	-458.41	1447181.85	
	5745.4		-50700.78	16762496.77	-458.41	569264.67	
	7660.6		-.10300E+06	-.13042E+09	-458.41	-308652.52	
4	1 53685.90				-.45841E+03	-.11866E+07	
	.0		.15168E+06	-.20662E+09	-.48762E+03		631781.2
	2059.0		75939.84	27718331.22	-487.62	.18753E+07	
	4118.0		.19541E+03	.10610E+09	-.48762E+03	871255.25	
	6177.0		-75549.03	28523019.23	-487.62	-.13275E+06	
	8236.0		-.15129E+06	-.20501E+09	-487.62	-1136754.46	
5	1 79423.70				-.48762E+03	-.21408E+07	
	.0		90711.42	-89733202.84			-664259.9
	1482.3		45034.70	10871645.05	766.07	-2349102.86	
	2964.5		-642.02	43772175.39	766.07	-1213592.02	
	4446.8		-46318.74	8968388.17	766.07	-78081.18	
	5929.0		-91995.46	-93539716.60	766.07	1057429.66	
6	1333113.43				766.07	2192940.50	
	.0		56296.98	83306762.64			-716161.2
	1393.8		.10356E+04	.12326E+09	9729.58	-39447820.71	
	2787.5		-54225.72	86193574.01	.97296E+04	-.25887E+08	
	4181.3		-109487.08	-27893782.75	9729.58	-12326619.10	
	5575.0		-.16475E+06	-.21900E+09	9729.58	1233981.71	
7	1 53768.33				.97296E+04	.14795E+08	
	.0		108197.95	67438854.26			-25793700.3
	36.6		107588.87	71388125.16	36322.72	-36740663.08	
	73.2		106979.80	75315101.84	36322.72	-35411126.14	
	109.8		106370.72	79219784.30	36322.72	-34081589.20	
	146.4		105761.65	83102172.56	36322.72	-32752052.26	
					36322.72	-31422515.32	

L 3 DIMENSI SEBAGIAN BEBAN STATIS UNIT:N-mm AFIF&ARIF

M E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIA TOR
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	3862.5	-18766.83	14842715.89	-15795.61	-15784013.60	
	5150.0	-43735.06	-25392877.33	-15795.61	-36120865.35	

	1227986.39					
	.0	33821.33	-56115916.14			45425.4
	1887.5	22949.33	-2538608.13	-3057.80	13849379.84	
	3775.0	-7362.67	30517799.88	-3057.80	8077773.30	
	5662.5	-18234.67	6360307.89	-3057.80	2306166.76	
	7550.0	-29106.67	-38318084.10	-3057.80	-3465439.78	
9	-----					
	1220363.05					
	.0	40126.98	-28052348.90			301823.3
	787.5	26758.23	-1716297.36	-3382.35	7213410.12	
	1575.0	13389.47	14091857.66	-3382.35	4549808.95	
	2362.5	-43289.62	3672121.51	-3382.35	1886207.78	
	3150.0	-56658.38	-35682401.41	-3382.35	-777393.38	
0	-----					
	1 2076.25					
	.0	.12528E+06	-.14289E+09			2283993.6
	1512.6	67193.01	2677366.70	.12998E+04	-.38581E+07	
	3025.2	9101.19	60378776.11	1299.75	-1892100.22	
	4537.8	-48990.62	30210343.30	1299.75	73909.83	
	6050.4	-107082.44	-87827931.75	1299.75	2039919.87	
1	-----					
	1-11725.88					
	.0	83655.01	-65511310.56			-5001881.1
	1150.0	42669.35	7125196.33	-2522.76	6185422.58	
	2300.0	1683.70	32628199.98	-2522.76	3284246.17	
	3450.0	-39301.96	10997700.37	-2522.76	383069.77	
	4600.0	-80287.61	-57766302.49	-2522.76	-2518106.64	
2	-----					
	1 -6162.43					
	.0	45765.03	-47775830.97			6439773.3
	1150.0	21921.85	-8855869.63	-577.82	1083263.71	
	2300.0	-1921.33	2644434.72	-577.82	418770.52	
	3450.0	-25764.51	-13274917.94	-577.82	-245722.68	
	4600.0	-49607.69	-56613927.60	-577.82	-910215.87	
3	-----					
	1 5455.76					
	.0	.12047E+06	-.14845E+09			3268.6
	1687.5	82859.88	23114156.38	-.46575E+03	.16480E+06	
	3375.0	-.24323E+05	.13120E+09	-465.75	-621164.66	
	5062.5	-61936.57	58422233.89	-.46575E+03	-.14071E+07	
	6750.0	-99549.93	-77832002.44	-465.75	-2193086.50	
74	-----					
	1 3451.97					
	.0	.10363E+06	-.12093E+09			1400727.1
	1482.3	57954.56	-1170311.94	.63243E+03	-.19477E+07	
	2964.5	12277.84	50880671.78	632.43	-1010244.32	
	4446.8	-33398.88	35227337.94	632.43	-72831.76	
	5929.0	-79075.60	-48130313.45	632.43	864580.81	
				632.43	1801993.38	

AL 3 DIMENSI SEBAGIAN BEBAN STATIS UNIT: N-mm AFIF&ARIF

A M E E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TOR
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
2	3629.1	-20743.13	21019829.64	-1519.42	-1997829.00	
	4838.8	-53780.37	-24055841.71	-1519.42	-3835874.75	
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	1274522.93					
	.0	81563.80	-90783866.62			-42388.0
3	1306.3	45887.68	-7537037.90	-2139.70	5922465.68	
	2612.7	10211.55	29105009.61	-2139.70	3127311.72	
	3919.0	-25464.57	19142275.93	-2139.70	332157.77	
	5225.3	-61140.70	-37425238.94	-2139.70	-2462996.19	
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1192570.63						
4	.0	.10604E+06	-.14182E+09	-.44820E+03	.163011.3	
	1915.1	53737.88	11180228.95	-448.20	.22711E+07	
	3830.3	1434.79	64012166.98	-448.20	1412774.70	
	5745.4	-50868.30	16675908.78	-448.20	554412.02	
	7660.6	-.10317E+06	-.13083E+09	-448.20	-303950.66	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
1 44378.79						
5	.0	59396.75	-48879401.19			3229453.0
	1150.0	30973.81	3083670.53	-3665.96	8506651.61	
	2300.0	2550.87	22360361.24	-3665.96	4290800.96	
	3450.0	-25872.07	8950670.95	-3665.96	74950.30	
	4600.0	-54295.01	-37145400.33	-3665.96	-4140900.35	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
1 40247.03						
6	.0	92523.04	-93223594.63			-624615.6
	1482.3	46846.32	10066528.60	862.40	-2488989.45	
	2964.5	1169.60	45652334.28	862.40	-1210703.69	
	4446.8	-44507.11	13533822.40	862.40	67582.07	
	5929.0	-90183.83	-86289007.03	862.40	1345867.83	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
1269982.35						
7	.0	55805.19	75574793.39			1461468.2
	1393.8	.23814E+04	.11612E+09	-5043.85	17095312.99	
	2787.5	-51042.47	82212830.25	-.50439E+04	.10065E+08	
	4181.3	-104466.30	-26157348.53	-5043.85	3035573.90	
	5575.0	-.15789E+06	-.20899E+09	-5043.85	-3994295.64	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
1149419.40						
8	.0	.13170E+06	-.15375E+09			635.5
	1393.8	79490.96	-6577765.40	.33973E+03	-.70581E+06	
	2787.5	27282.61	67830065.78	339.73	-232310.57	
	4181.3	-24925.73	69472520.47	339.73	241184.14	
	5575.0	-77134.07	-1650401.33	339.73	714678.85	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
1 47857.32						
9	.0	-19301.98	54749277.65			-7350.7
	333.5	-31794.52	46228936.43	-2739.30	526466.16	
	667.0	-44287.06	33542332.07	-2739.30	-387089.85	
	1000.5	-56779.61	16689464.57	-2739.30	-1300645.85	
	1334.0	-69272.15	-4329666.07	-2739.30	-2214201.86	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
			-2739.30	-3127757.87		

AL 3 DIMENSI SEBAGIAN BEBAN STATIS UNIT:N-mm AFIF&ARIF

A M E E L E M E N T F O R C E S

LOAD COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR MOMENT		1-3 PLANE SHEAR MOMENT		AXIAL TOR

1	46778.36					
	.0	47257.07	-32829468.90			-2750614.3
	909.0	24790.59	-83807.56	4195.96	-8348764.78	
	1818.0	2324.11	12239823.10	4195.96	-4534635.02	
	2727.0	-20142.37	4141423.07	4195.96	-720505.25	
	3636.0	-42608.85	-24379007.64	4195.96	3093624.51	
50	-----					
1	48143.30					
	.0	18887.83	-16312982.11			-17610822.8
	36.6	18278.75	-15632769.54	27828.79	-32324429.29	
	73.2	17669.68	-14974851.19	27828.79	-31305799.65	
	109.8	17060.61	-14339227.04	27828.79	-30287170.01	
	146.4	16451.53	-13725897.11	27828.79	-29268540.37	
51	-----					
1	85634.08					
	.0	26016.98	-4960890.64			-20706973.1
	935.6	10449.53	12097323.72	9795.11	-27866951.47	
	1871.1	-5117.91	14591335.78	9795.11	-18703087.83	
	2806.7	-20685.36	2521145.52	9795.11	-9539224.18	
	3742.2	-36252.81	-24113247.04	9795.11	-375360.53	
				9795.11	8788503.12	



LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN KONVERSI BEBAN KERJA MAKSIMAL MENJADI BERAT KENDARAAN MAKSIMAL (BERAT GANDAR)

karena pelat lantai itu merupakan lantai parkir, maka beban kerja maksimal dikonversikan menjadi beban gandar maksimal. Perhitungan konversi tersebut adalah sebagai berikut ini.

- Menghitung Momen akibat beban gandar terhadap pelat lantai berdasar aturan penyebaran beban pada PBBI '71 pasal 13.4 dengan rumus:

l_y = panjang pelat sejajar balok anak

l_x = panjang pelat tegak lurus balok anak

a = panjang bidang kontak

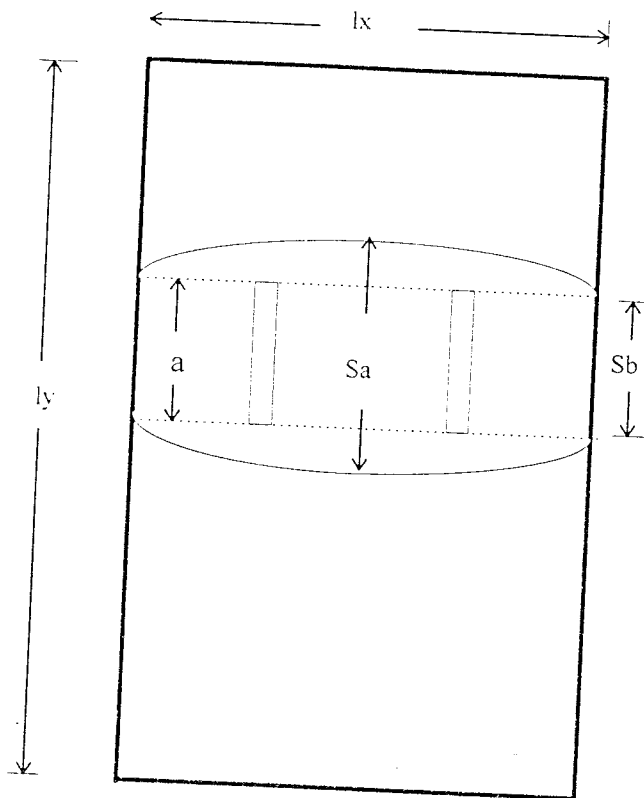
S_a = jarak terpanjang dari dua garis parabolis

$$l_y = 8236 \text{ mm} < 3 \cdot r \cdot l_x = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5575 = 8362,5 \text{ mm}$$

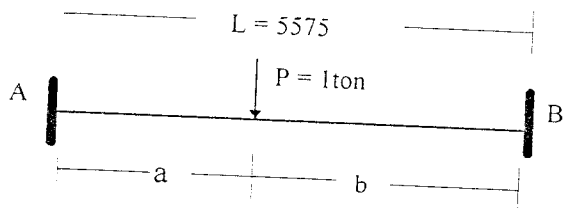
$r = \frac{1}{2}$ -- koefisien sifat tumpuan untuk tumpuan jepit

$a = 200 \text{ mm}$ -- dari buku Perencanaan Jembatan (Hudiono)

$$S_a = \frac{a + r \cdot l_x}{l_y + r \cdot l_x} \cdot l_y = \frac{200 + 0,5 \cdot 5575}{8236 + 0,5 \cdot 5575} \cdot 8236 = 2231,2 \text{ mm}$$



Gambar 1 Sket Penyebaran Beban Gandar Pada Pelat



Gambar 2 Beban 1ton Sepanjang Bentang A-B

Misal beban 1 ton bekerja sepanjang A-B

$$\alpha_A = \frac{MA \cdot \ell}{3 \cdot EI} + \frac{MB \cdot \ell}{6 \cdot EI} \qquad \alpha_B = \frac{MB \cdot \ell}{3 \cdot EI} + \frac{MA \cdot \ell}{6 \cdot EI}$$

$$\beta_A = \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell} \qquad \beta_B = \frac{P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell}$$

* Momen lapangan akibat beban bergerak 1 ton pada statis tertentu:

M1	= 9/10.1.5,575	= 501,75	tm
M2	= 8/10.1.(2.5,575)	= 892	tm
M3	= 7/10.1.(3.5,575)	= 1170,75	tm
M4	= 6/10.1.(4.5,575)	= 1338	tm
M5	= 5/10.1.(5.5,575)	= 1393,75	tm
M6	= 4/10.1.(6.5,575)	= 1338	tm
M7	= 3/10.1.(7.5,575)	= 1170,75	tm
M8	= 2/10.1.(8.5,575)	= 892	tm
M9	= 1/10.1.(9.5,575)	= 501,75	tm

Momen akibat beban berjalan 1ton bentang A-B statis tak tentu dengan Methoda Clapeyron (moment tumpuan):

$$\alpha_A = \beta_A$$

$$\frac{MA \cdot \ell}{3 \cdot EI} + \frac{MB \cdot \ell}{6 \cdot EI} = \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell}$$

$$2 \cdot MA \cdot \ell + MB \cdot \ell = \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{\ell}$$

$$2 \cdot MA + MB = \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{\ell^2} \quad (1)$$

$$\alpha_B = \beta_B$$

$$\frac{MB \cdot \ell}{3 \cdot EI} + \frac{MA \cdot \ell}{6 \cdot EI} = \frac{P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{6 \cdot EI \cdot \ell}$$

$$MA + 2 \cdot MB = \frac{P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{\ell^2} \quad (2)$$

Eliminasi persamaan (1) dan (2)

$$4 \cdot MA + 2 \cdot MB = \frac{P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2)}{\ell^2}$$

$$MA + 2 \cdot MB = \frac{P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{\ell^2} \quad -$$

$$3 \cdot MA = \frac{2 \cdot P \cdot b \cdot (\ell^2 - b^2) - P \cdot a \cdot (\ell^2 - a^2)}{\ell^2}$$

$$MA = \frac{P}{\ell^2} \cdot \left[-\frac{2}{3} \cdot b \cdot (\ell + b) \cdot (\ell - b) - \frac{1}{3} \cdot a \cdot (\ell + a) \cdot (\ell - a) \right]$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b}{\ell^2} \left[\frac{2}{3} \cdot \ell + \frac{2}{3} \cdot b - \frac{1}{3} (\ell - a) \right]$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b}{\ell^2} \left[\frac{2}{3} \cdot \ell + \frac{2}{3} \cdot b - \frac{1}{3} (\ell - \ell - b) \right]$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b^2}{\ell^2}$$

$$M_{lap} = P \cdot \frac{a \cdot b}{\ell} - \frac{b}{\ell} \cdot MA - \frac{a}{\ell} \cdot MB$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b}{\ell} - \frac{P \cdot a \cdot b^3}{\ell^3} - \frac{P \cdot a^3 \cdot b}{\ell^3}$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b \cdot \ell^2}{\ell^3} - \frac{P \cdot a \cdot b^3}{\ell^3} - \frac{P \cdot a^3 \cdot b}{\ell^3}$$

$$= \frac{P \cdot a \cdot b}{\ell^3} \cdot (\ell^2 - b^2 - a^2)$$

$$= 2.P \frac{a^2 \cdot b^2}{\ell^3} = 2.P \left(\frac{a \cdot b}{\ell^2} \right)^2 \cdot \ell$$

Momen lapangan dan momen tumpuan akibat beban 1 ton untuk masing-masing titik.

$$\text{Titik 2.} \quad MA = \frac{1.557,5 \cdot 5017,5^2}{5575^2} = 451,575 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{557,5 \cdot 5017,5}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 90,315 \text{ T mm}$$

$$\text{Titik 3.} \quad MA = \frac{1.1115 \cdot 4460^2}{5575^2} = 713,6 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{1115 \cdot 4460}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 285,44 \text{ T mm}$$

$$\text{Titik 4.} \quad MA = \frac{1.1672 \cdot 3902,5^2}{5575^2} = 819,525 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{1672,5 \cdot 3902,5}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 491,715 \text{ T mm}$$

$$\text{Titik 5.} \quad MA = \frac{1.2230 \cdot 3345^2}{5575^2} = 802,8 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{2230 \cdot 3345}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 642,24 \text{ T mm}$$

$$\text{Titik 6.} \quad MA = \frac{1.2787,5 \cdot 2787,5^2}{5575^2} = 696,876 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{2787,5 \cdot 2787,5}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 696,875 \text{ T mm}$$

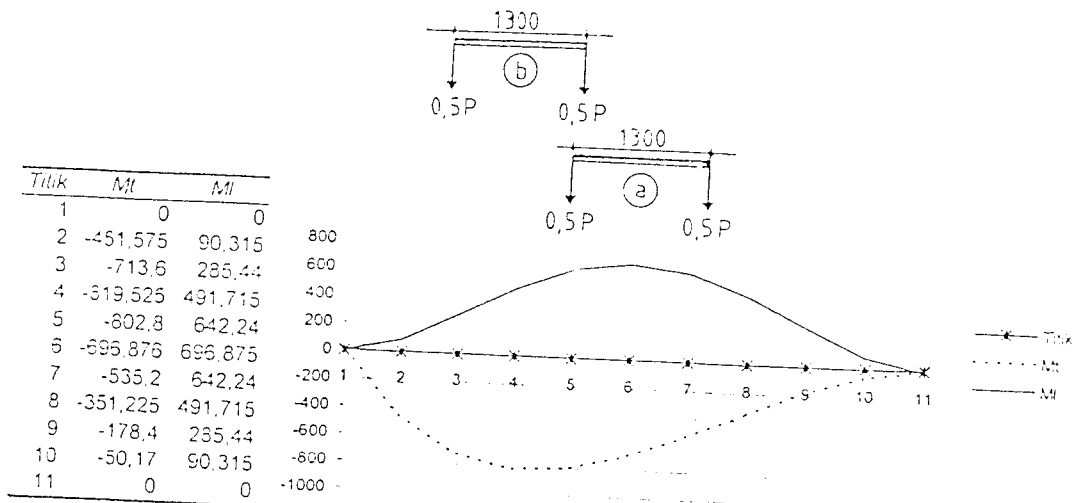
$$\text{Titik 7.} \quad MA = \frac{1.3345 \cdot 2230^2}{5575^2} = 535,20 \text{ T mm}$$

$$M_{\text{lap}} = 2 \cdot \left(\frac{3345 \cdot 2230}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 642,24 \text{ T mm}$$

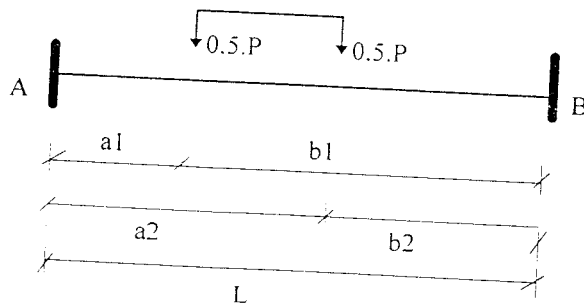
Titik 8. $MA = \frac{1.3902,5 \cdot 1672,5^2}{5575^2} = 351,225 \text{ T mm}$
 $M_{lap} = 2 \cdot \left(\frac{3902,5 \cdot 1672,5}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 491,715 \text{ T mm}$

Titik 9. $MA = \frac{1.4460 \cdot 1115^2}{5575^2} = 178,4 \text{ T mm}$
 $M_{lap} = 2 \cdot \left(\frac{4460 \cdot 1115}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 285,44 \text{ T mm}$

Titik 10. $MA = \frac{1.5017,5 \cdot 557,5^2}{5575^2} = 50,17 \text{ T mm}$
 $M_{lap} = 2 \cdot \left(\frac{557,5 \cdot 5017,5}{5575^2} \right)^2 \cdot 1.5575 = 90,315 \text{ T mm}$



Gambar 3 Tabel dan G.P. Ml dan Mt Akibat Beban 1 ton Sepanjang Bentang A-B (dalam ton mm)



Gambar 4 Perletakan Beban Gandar

$$R_B = \frac{0,5.P.(a_1 + a_2)}{\ell} ; R_A = \frac{0,5.P.(b_1 + b_2)}{\ell}$$

$$M_1^+ = R_A . a_1 ; M_2^+ = R_B . b_2$$

Super posisi momen lapangan dengan momen tumpuan statis tak tentu dengan \$M_A\$ dan \$M_B\$ didapat dari perhitungan Garis Pengaruh:

$$M_1^+ = \frac{0,5.P.(b_1 + b_2).a_1}{\ell} - \frac{M_A.b_1}{\ell} - \frac{M_B.a_1}{\ell}$$

$$M_2^+ = \frac{0,5.P.(a_1 + a_2).b_2}{\ell} - \frac{M_A.b_2}{\ell} - \frac{M_B.a_2}{\ell}$$

Untuk beban posisi a:

$$M_1^+ = \frac{0,5.P.(3437,5 + 2137,5).2137,5}{5575} - \frac{0,5.P.(812,647 + 505,3185).3345}{5575}$$

$$- \frac{0,5.P.(812,647 + 505,3185).3345}{5575}$$

$$= 1068,75.P - 406,323.P - 406,323.P$$

$$= 256,1031.P$$

\$M_2^+ = M_1^+\$ karena beban gandar tepat ditengah bentang

Untuk beban posisi b:

$$M1^+ = \frac{0,5.P.(4645 + 3345).930}{5575} - \frac{0,5.P.(802,8 + 645,602).3345}{5575} - \frac{0,5.P.(129,2593 + 535,2).930}{5575}$$

$$= 666,430.P - 434,5206.P - 40,2410.P$$

$$= 191,6689.P$$

$$M2^+ = \frac{0,5.P.(930 + 2330).3345}{5575} - \frac{0,5.P.(802,8 + 645,602).3345}{5575} - \frac{0,5.P.(129,2593 + 535,2).2230}{5575}$$

$$= 948.P - 434,5206.P - 132,8919.P$$

$$= 380,5875 .P$$

Momen maksimal diambil hasil terbesar dari perhitungan di atas, yaitu $M^+ = 380,5875 .P$

* Beban pelat sesuai dengan beban ijin yaitu:

$$q_u = 255,12 \text{ Kg/m}^2$$

Persamaan garis leleh untuk arah lx sesuai perhitungan analisis pelat pada bab iv adalah sebagai berikut:

$$\frac{q_u}{\Phi} = \frac{24. a. (Mnx)}{2. b^2 .x + 3. b^2 .(a - 2.x)}$$

$$\frac{255,12}{0,8} = \frac{24. 9,2. (Mnx)}{2. 5,575^2 .2,4032 + 3. 5,575^2 .(9,2 - 2.2,4032)}$$

$$(Mnx) = \frac{255,12. (149,3299 + 409,835)}{0,8. 220,8}$$

$$(Mnx) = 807,5982 \text{ Kg.m / m}$$

Momen berdasar beban pada posisi a:

$$\begin{aligned} M_o &= 256,1031.P + 0,5.P.(812,647+505,3185) \\ &= 915,086.P \end{aligned}$$

$$M_o = (M_{nx}). S_a$$

$$915,086.P = 807,5982 . 2,2312$$

$$P = \frac{807,5982 . 2,2312}{915,086 . 10^{-3}}$$

$$P = 1969,118 \text{ kg}$$

Momen berdasar beban pada posisi b:

$$\begin{aligned} M_o &= 380,5875.P + 0,5.P.(802,80 + 645,602) \\ &= 1104,789.P \end{aligned}$$

$$M_o = (M_{nx}). S_a$$

$$1104,789.P = 807,5982 . 2,2312$$

$$P = \frac{807,5982 . 2,2312}{1104,789 . 10^{-3}}$$

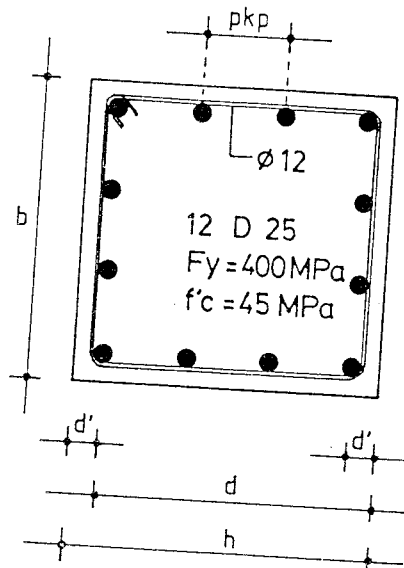
$$P = 1631,002 \text{ kg}$$

Jadi beban gandar maksimal yang diijinkan adalah:

$$P = 1631,002 \text{ kg}$$

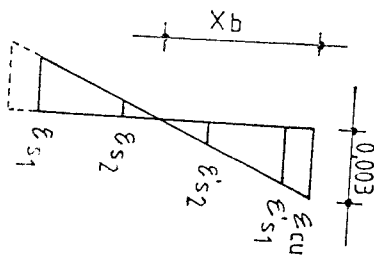
atau berat kendaraan (JBB) maksimal yang diijinkan adalah:

$$W = \frac{P}{0,8} = \frac{1631,002}{0,8} = 2038,7525 \text{ kg} \approx 2000 \text{ kg}$$



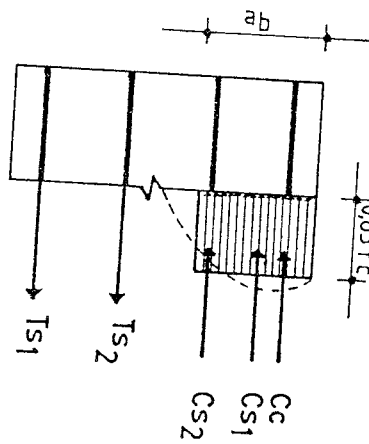
Dengan :

- $h = 500 \text{ mm}$
- $b = 500 \text{ mm}$
- $d' = 50 \text{ mm}$
- $d = 450 \text{ mm}$
- $pkp = 133,333 \text{ mm}$
- $x_b = 257,1429 \text{ mm}$
- $ab = 187,7143 \text{ mm}$
- $\epsilon'_{s1} = 0,00242$
- $\epsilon'_{s2} = 0,00086$
- $\epsilon_{s1} = 0,00225$
- $\epsilon_{s2} = 0,00069$



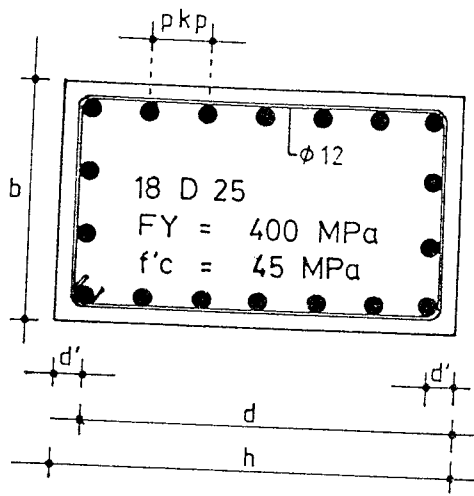
Gaya internal :

- $C_c = 3590035,714 \text{ N}$
- $C_{s1} = 785398,16 \text{ N}$
- $C_{s2} = 168860,6044 \text{ N}$
- $T_{s1} = 785398,16 \text{ N}$
- $T_{s2} = 135481,1826 \text{ N}$



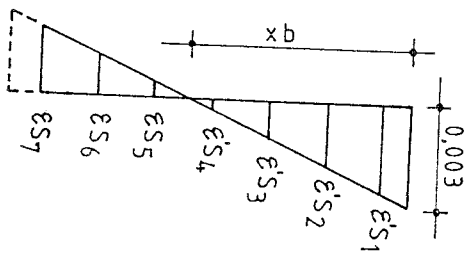
Kapasitas tampang :

- $P_{nb} = 3623415,137 \text{ N}$
- $M_{nb} = 895007161,70 \text{ Nmm}$
- $e_b = 247,0065 \text{ mm}$



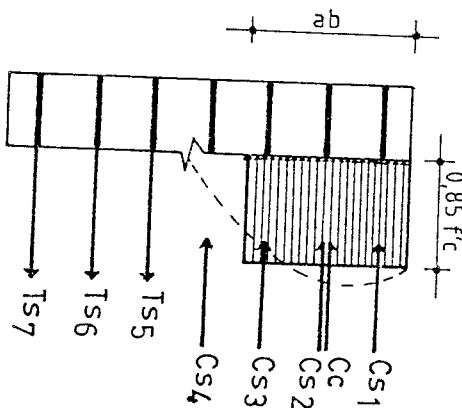
Dengan :

- $h = 650 \text{ mm}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $d' = 50 \text{ mm}$
- $d = 600 \text{ mm}$
- $p_{kp} = 91,6667 \text{ mm}$
- $x_b = 360 \text{ mm}$
- $ab = 262,8 \text{ mm}$
- $\epsilon'_{s1} = 0,002583$
- $\epsilon'_{s2} = 0,001819$
- $\epsilon'_{s3} = 0,00106$
- $\epsilon'_{s4} = 0,000292$
- $\epsilon_{s5} = 0,000472$
- $\epsilon_{s6} = 0,001236$
- $\epsilon_{s7} = 0,002$



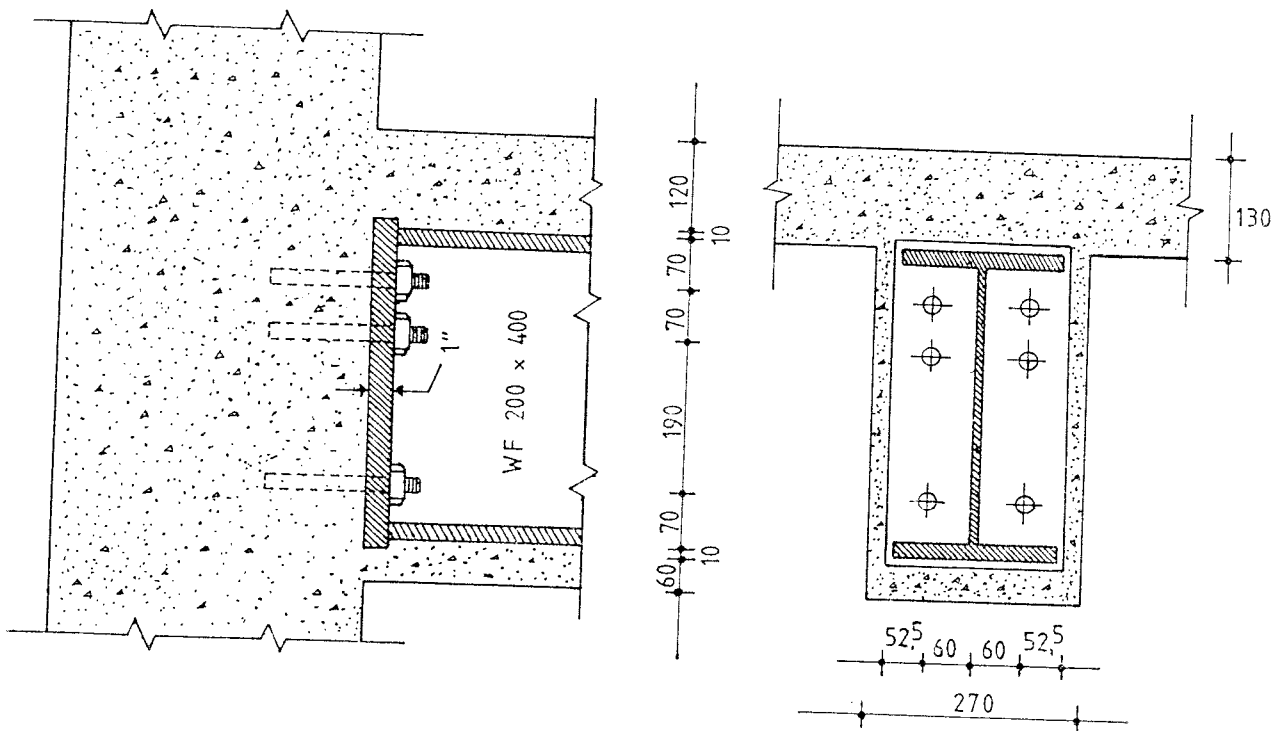
Gaya internal :

- $C_c = 4020840 \text{ N}$
- $C_{s1} = 710294,464 \text{ N}$
- $C_{s2} = 319607,9637 \text{ N}$
- $C_{s3} = 170578,6629 \text{ N}$
- $C_{s4} = 19782,2162 \text{ N}$
- $T_{s5} = 92676,9829 \text{ N}$
- $T_{s6} = 242688,0314 \text{ N}$
- $T_{s7} = 785398,16 \text{ N}$

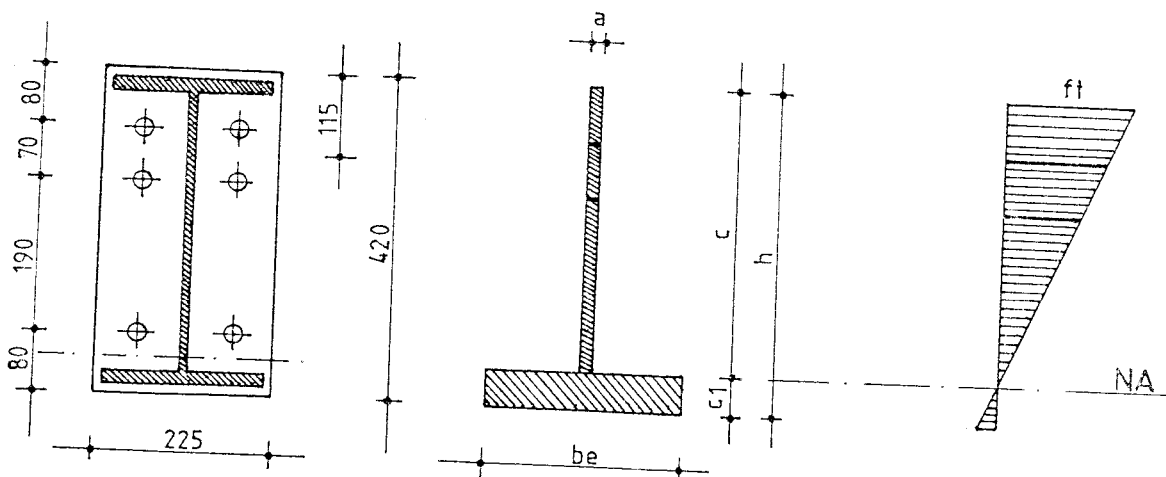


Kapasitas tampang :

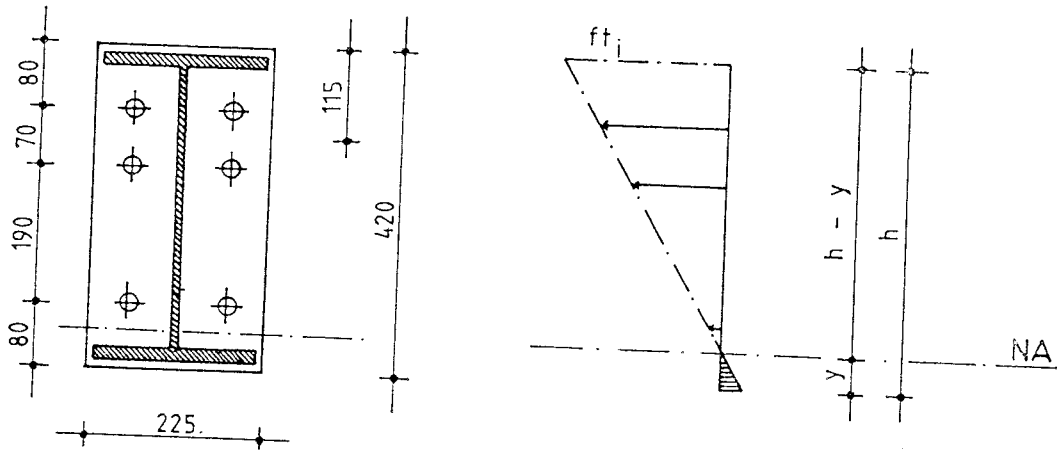
- $P_{nb} = 4120340,133 \text{ N}$
- $M_{nb} = 1316969426 \text{ Nmm}$
- $e_b = 319,6264 \text{ mm}$



(a). Penempatan baut



(b). Metode luasan efektif



(c). Metode garis netral

Standard
series

318 F01 FEB 28 '96 13:41

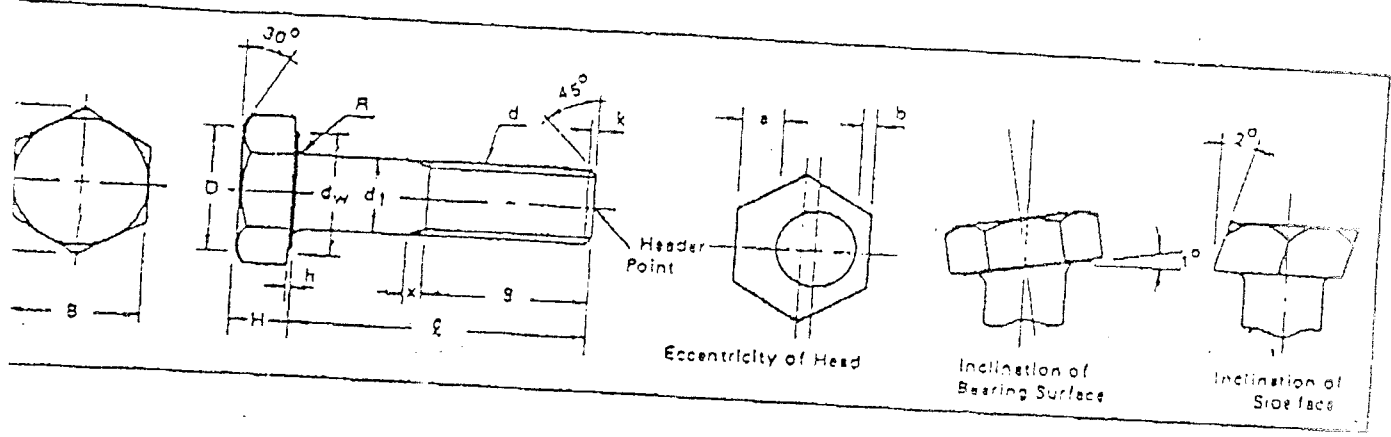
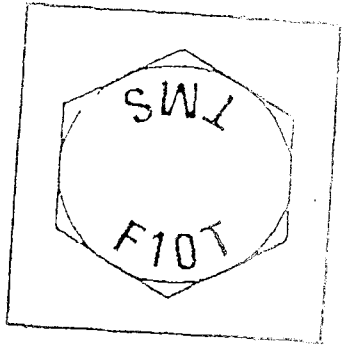
662566 658770
6676 661053



①

HIGHEST STRENGTH HEXAGON BOLTS - F10T
(FOR FRICTION GRIP JOINTS)

Standard Specification : JIS B 1186 (1979)
 Material : Medium Carbon Steel
 Mechanical Properties : JIS B 1186
 Strength Grade : 10 T
 Screw Threads : JIS B 205 (Metric Coarse)
 Class of Threads : 6 g JIS B 209
 Surface Treatment : Black Oxide



Unit: mm

No.	d ₁			H			B			C	D	d _w	R	k	a-b		h	S	
	Basic	Max.	Min.	Basic	Max.	Min.	Basic	Max.	Min.						Approx.	Approx.		Min.	Approx.
7.5	12.0	12.7	11.8	8.0	8.8	7.2	22.0	22.0	21.2	23.4	20.0	20.0	1.4	2	0.7	0.8	0.4	25	30
	18.0	18.7	15.8	10.0	10.8	9.2	27.0	27.0	26.2	31.2	25.0	25.0						30	35
10.5	20.0	20.8	19.5	13.0	13.9	12.1	32.0	32.0	31.0	37.0	30.0	29.0	2.0	2.5	0.9	1.1	0.4	35	41
	22.0	22.8	21.8	14.0	14.9	13.1	36.0	36.0	35.0	41.6	34.0	33.0						40	48
15	24.0	24.8	23.8	15.0	15.9	14.1	41.0	41.0	40.0	47.0	39.0	38.0	2.1	3	1.2	1.3	0.4	45	51
	27.0	27.8	25.8	17.0	17.9	16.1	46.0	46.0	45.0	53.1	44.0	43.0						50	58
20	30.0	30.8	29.8	18.0	20.0	18.0	50.0	50.0	49.0	57.7	48.0	47.0	2.3	3.5	1.3	1.3	0.4	55	61

TOLERANCE ON ℓ
 Unit: mm

Range of ℓ	Tolerance on
$\ell \leq 50$	± 1.0
$50 < \ell \leq 120$	± 1.4
$\ell > 120$	± 1.8

x & 2b Hex Threaded Bolt
 x & 3p Fully Threaded Bolt

Op. Op. SUPRIYANTO

Prof. GAWDARIA

FR. RAMIN

