

TUGAS AKHIR

ANALISIS DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT
BAJA - BETON DENGAN METODE LOAD AND
RESISTANCE FACTOR DESIGN 1986



Oleh :

RM. BAYU AJI

No. Mhs. : 90 310 087

NIRM : 900051013114120077

MUHAMMAD ALI

No. Mhs. : 92 310 325

NIRM : 920051013114120324

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI LITERATUR
ANALISIS DESAIN STRUKTUR KOMPOSIT
BAJA – BETON DENGAN METODE LOAD AND
RESISTANCE FACTOR DESIGN 1986**

*(Literature Study of Steel Concrete Composite Design Analysis using Load
and Resistance Factor Design 1986th Method)*

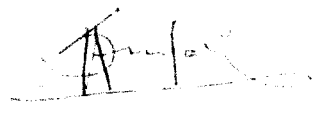
Disusun oleh :

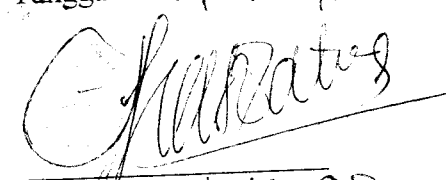
1. Nama : RM. Bayu Aji
No. Mhs : 90310087
NIRM : 900051013114120077
2. Nama : Muhammad Ali
No. Mhs : 92310325
NIRM : 920051013114120324

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. Samsudin, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 14-10-98


Tanggal : 14-10-98

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Tugas Akhir ini dipersembahkan
sebagai wujud cinta & bhakti kepada :
Ayahanda : A . M . RAJANA
Ibunda : RABIAH DONGGOK
Adinda : FATMA dan FADILA
Atas doa restu dalam setiap langkahku*

*Ucapan terima kasih
kami persembahkan kepada,*

**Ir. Novi Kurniawanta, "Menejer" Nur,
Manto, Methan, Dulla "Gode", Aswad "Geren",
Agam, mas Ronny, Dewi, Santos "DAB",
Usman "Samandaf", Ferry "sani", Ali PP, Syamsul "Akut",
pace "Upik", Achul, Hendri, Masyarakat KosttEnans,
Masyarakat FORum Komunikasi Mahasiswa IR IAN JAYA,**

"...Allah meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang di beri ilmu pengetahuan beberapa derajat..."

(Q.S. MUJADILAH : 11)

" Katakanlah : Pergunakanlah nadharmu (metode ilmiahmu) terhadap apa-apa yang ada di langit dan di bumi.

(Q.S. YUNUS : 101)

" Bukan sukacita, dan bukan pula dukacita yang menjadi hidup kita, tetapi berbuat, berjuang & bertawakal kepada Allah S.W.T, agar hidup ini terasa sejuk.

(Demangan Yang Selalu)

PRAKATA

Bismillaahirrohmaanirrohiim,

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi hidayah, karunia dan nikmat tak terhingga, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Sesuai dengan kurikulum di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, bahwa untuk melengkapi persyaratan guna mencapai derajat sarjana Strata Satu diwajibkan melaksanakan Tugas Akhir.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami ucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada ;

1. Bapak Ir. H. M. Syamsuddin, MT., selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. Suharyatmo, MT., selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Ir. Ade Ilham, MT., selaku Dosen Tamu pada Ujian Pendadaran,
4. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Bapak Ir. Lalu Mak'ruf, MS., selaku Dosen Pembimbing Akademik dalam menempuh Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Bapak Ir. Iskandar S, MT., selaku Dosen Pembimbing Akademik dalam menempuh Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
8. Ibu Ir. Hj. Tuti Sumarningsih, selaku Dosen Pembimbing Akademik dalam menempuh Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

9. Para dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.
10. Rekan-rekan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga segala bantuan dan saran yang telah diberikan kepada kami dapat menjadi amal sholeh dan dibalas dengan lipat ganda pahala oleh Allah SWT.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya sangat diharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis pribadi maupun para pembaca.

Billahittaufiq Walhidayah,

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 1998

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Metode Load and Resistance Factor Design 1986	4
2.2 Analisis Struktur Komposit Baja – Beton	6
2.3 Analisis Struktur Pelat Komposit dengan Steel Deck	8
2.4 Analisis Struktur Balok Komposit dengan Konektor Geser	11
2.4.1 Lebar efektif	13
2.4.2 Konektor geser	14
2.4.3 Kekuatan nominal penampang	16
2.4.4 Defleksi	19
2.5 Analisis Struktur Kolom Komposit	20
2.5.1 Batasan – batasan	20
2.5.2 kekuatan nominal penampang	22

2.6 Analisis Struktur Balok – Kolom Komposit	23
2.7 Analisis Gaya Gempa Statik Ekuivalen	25
BAB III. ANALISIS MODEL STRUKTUR RANGKA KOMPOSIT	
BAJA – BETON DENGAN METODE LRFD 1986	27
3.1 Geometri Struktur	27
3.2 Desain Pelat Komposit	28
3.2.1 Desain awal pelat lantai komposit	29
3.2.2 Kontrol kapasitas tampang pelat	30
3.3. Desain Awal Balok Komposit dan Kolom Komposit	34
3.3.1 Desain awal balok komposit	35
3.3.2 Desain awal kolom komposit	39
3.4 Analisis Portal	44
3.4.1 Portal arah melintang	44
3.4.2 Portal arah membujur	48
3.5 Analisis Mekanika	51
BAB IV. ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG	52
4.1 Analisis Kapasitas Tampang Balok sebagai Balok Komposit	53
4.2 Analisis Kapasitas Tampang Balok sebagai Baja Murni (non - composite)	57
4.3 Analisis Kapasitas Tampang Kolom komposit	58
4.4 Analisis Sambungan dan Pelat Dasar Kolom	68
4.4.1 Sambungan balok dengan balok	68
4.4.2 Sambungan balok dengan kolom	70
4.4.3 Pelat dasar kolom	73
BAB V. PEMBAHASAN	76
5.1 Tinjauan Gaya – Gaya yang Terjadi	76
5.2 Struktur Pelat Komposit	77
5.3 Struktur Balok dan Kolom Komposit	78

5.3.1 Pradesain balok dan kolom komposit	78
5.3.2 Kontrol kapasitas tampang struktur balok dan kolom	79
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1 Kesimpulan	81
6.2 Saran - saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pelat komposit dengan steel deck	11
Gambar 2.2 Balok komposit dengan konektor geser	12
Gambar 2.3 Momen inersia	19
Gambar 2.4 Konstanta beban	20
Gambar 3.1 Denah struktur	27
Gambar 3.2 Model pembebanan pelat	28
Gambar 3.3 Distribusi tegangan momen positif	32
Gambar 3.4 Analisa pembebanan balok arah melintang	34
Gambar 3.5 Analisa pembebanan balok induk arah membujur	34
Gambar 3.6 Model pembebanan kolom tengah	39
Gambar 4.1 Portal membujur	64
Gambar 4.2 Portal melintang	66
Gambar 4.3 Penampang kolom komposit	66
Gambar 4.4 Sambungan balok induk dengan balok anak	68
Gambar 4.5 Sambungan balok induk dengan kolom	70
Gambar 4.6 Pelat dasar kolom	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tabel Desain pelat komposit	33
Tabel 2. . Tabel Pemilihan profil balok	36
Tabel 3. Tabel Rencana awal balok	39
Tabel 4. Tabel Gaya geser tiap tingkat portal melintang	47
Tabel 5. Tabel Gaya geser tiap tingkat portal melintang	50
Tabel 6. Tabel Redesain balok komposit	56
Tabel 7. Tabel Kapasitas balok sebagai baja murni	58
Tabel 8. Tabel Portal arah membujur	65
Tabel 9. Tabel Portal arah melintang	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Input data SAP90.
Portal Membujur & Portal Melintang.
- Lampiran 2. Output SAP90.
SAP90, File*. F3F & SAP90, File*. SOL.
- Lampiran 3. Manual LRFD.
Properties Profil.
Tabel Pemilihan Profil Balok Komposit & Kolom Komposit.
Tabel Momen Inertia Lower Bound.
Tabel Desain Sambungan.
Gambar Distribusi Tegangan Plastis pada Daerah Momen Positif &
Momen Negatif.
- Lampiran 4. Bondek HI-TEN
- Lampiran 5. Wire Mesh
- Lampiran 6. Konstanta Perencanaan

DAFTAR NOTASI

A_S	= Luas penampang.
A_B	= Luas beton yang dibebani.
A_C	= Luas beton dalam kolom komposit.
A_c	= Luas pelat beton dengan lebar efektif
A_f	= Luas dari sayap profil.
A_g	= Luas bruto penampang
A_p	= Luas pelat pada sambungan momen.
A_r	= Luas baja tulangan.
A_{sc}	= Luas satu buah konektor geser.
A_w	= Luas badan profil.
B	= Lebar pelat dasar.
B_1, B_2	= Faktor pembesar untuk penyelesaian momen terfaktor akibat adanya kombinasi axial dan momen.
C_b	= Koefisien momen.
C_m	= Faktor dalam pembesaran momen yang berkaitan dengan gradien momen dan kekangan ujung.
C_v	= Koefisien geser.
D	= Diameter bagian luar dari profil silinder.
E	= Modulus elastisitas dari baja.
E_c	= Modulus elastisitas dari beton.
E_m	= Modulus elastisitas modifikasi.
F_{txx}	= Kekuatan tarik logam las.
F_{cr}	= Tegangan kritis.
F_{mp}	= Tegangan luluh modifikasi.
F_p	= Tegangan tumpu nominal.
F_r	= Tegangan sisa pada sayap profil.

F_t	= Tegangan tarik nominal.
F_u	= Kekuatan tarik minimum dari baja yang digunakan.
F_v	= Tegangan geser nominal.
F_{yf}	= Tegangan luluh flens.
F_{yw}	= Tegangan luluh badan.
F_{yr}	= Tegangan baja tulangan.
G	= Faktor kekakuan relatif.
H	= Gaya horizontal.
H	= Panjang pelat dasar.
H_s	= Panjang stud setelah dilas.
I	= Momen Inertia.
I_{lb}	= Momen inertia Lower Bound.
k	= Faktor panjang efektif kolom.
L	= Panjang bentangan.
L	= Beban hidup.
L_b	= Panjang tanpa penopang lateral.
L_p	= Panjang penopang maximum untuk $M_n \geq M_r$.
L_{pd}	= Panjang tanpa penopang lateral maximum untuk pengguna analisis plastis.
L_r	= Panjang tanpa penopang lateral maximum untuk $M_n \geq M_r$.
L_r	= Beban hidup atap.
L_w	= Panjang las fillet.
M	= Momen lentur balok.
M_{cr}	= Kekuatan momen tekuk puntir elastik.
M_D	= Momen akibat beban mati terfaktor.
M_L	Momen akibat beban hidup terfaktor
M_n	= Momen nominal.
M_{nt}	= Momen lentur pada elemen dengan asumsi tidak terjadi pergeseran.
M_{tt}	= Momen lentur pada elemen dengan asumsi terjadi pergeseran.

M_p	= Momen plastis.
M_r	= Kekuatan momen jika berat terbesar mencapai ($F_y - F_t$).
M_u	= Momen lentur terfaktor.
N_r	= Jumlah konektor geser dalam satu rusuk.
P_u	= Beban aksial terfaktor.
P_{cr}	= Beban tekuk kritis.
P_e	= Beban euler.
P_n	= Kekuatan nominal balok tekan yang dibebani secara aksial.
P_y	= Beban leleh.
P_{yw}	= Beban leleh pada badan.
P_{yf}	= Beban leleh pada sayap.
Q_n	= Kekuatan penyambung geser.
R	= Beban layan perbaut.
R_n	= Kekuatan nominal pada satu penyambung dalam tarik geser.
R_v	= Kekuatan geser badan.
T	= Gaya tarik beban layan.
T_v	= Beban tarik terfaktor.
V	= Gaya geser beban layan pada beban baut.
V_u	= Kekuatan geser nominal
Y_{ENA}	= Jarak dari bawah balok ke sumbu netral elastis.
Y_{com}	= Jarak dari atas balik baja ke atas beban.
Z	= Modulus elastis.
W_D	= Beban mati persatuan panjang.
W_L	= Beban hidup persatuan panjang.
W_U	= Beban mati terfaktor persatuan panjang.
W_S	= Beban berguna.
a	= Tebal efektif sayap beton pada balok komposit.
a	= Panjang daerah tekan dibawah pelat dasar kolom.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di bidang fisik dewasa ini telah mengalami banyak sekali kemajuan, salah satunya adalah pembangunan gedung bertingkat. Seiring dengan kemajuan tersebut, semakin meningkat pula kebutuhan dan tuntutan masyarakat akan adanya gedung bertingkat yang dapat memenuhi berbagai keperluan dan memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan serta mempunyai nilai ekonomis untuk dilaksanakan.

Struktur gedung bertingkat merupakan suatu bangunan yang terdiri dari beberapa elemen struktur. Elemen struktur bangunan pada umumnya terdiri atas komponen pelat lantai, balok induk, balok arak dan kolom yang umumnya merupakan satu kesatuan yang monolit.

Penggunaan balok-balok baja yang dibungkus beton telah digunakan secara luas sejak awal tahun 1900-an sampai berkembangnya material-material ringan untuk perlindungan terhadap api selama 35 tahun terakhir ini, sebagian balok tersebut di desain secara komposit dan sebagian lagi tidak. Pada awal tahun 1930-an, konstruksi jembatan mulai menggunakan penampang - penampang komposit. Menjelang tahun

1960-an penggunaan konstruksi komposit pada bangunan sudah ekonomis. Namun praktek yang lazim dewasa ini (1990), menggunakan aksi komposit pada hampir semua situasi dimana terjadi kontak antara beton dan baja, baik pada jembatan maupun bangunan.

Dalam penulisan karya tulis mengenai struktur gedung bertingkat yang menggunakan struktur baja komposit, sampai saat ini berdasarkan pengetahuan penulis belum adanya karya tulis yang membicarakan struktur baja komposit khususnya dengan metode LRFD, *Load and Resistance Factor Design*.

1.2 Maksud dan Tujuan

Sesuai dengan latar belakang masalah, maka sasaran utama dalam studi ini adalah untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang perancangan struktur khususnya struktur komposit baja – beton untuk perancangan struktur bangunan gedung bertingkat.

Adapun tujuan studi ini adalah :

1. Untuk menganalisa lebih jauh mengenai desain struktur komposit baja – beton menggunakan metode LRFD 86 .
2. Untuk menganalisis metode LRFD 86 dalam perencanaan struktur gedung bertingkat dan permasalahannya.

1.3 Batasan Masalah

Penulisan ini dititikberatkan sesuai dengan tujuan penelitian. Agar pembahasan tidak meluas, maka diberikan batasan-batasan masalah yang meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Analisis desain struktur balok dan kolom menggunakan tabel yang disediakan Manual LRFD.
2. Analisis pelat lantai dan atap menggunakan tabel perencanaan yang diterbitkan oleh P.T BHP Steel Building Product Indonesia.
3. Analisis desain struktur dititikberatkan pada struktur utama yakni pelat, balok dan kolom komposit, sedangkan sambungan dan pelat dasar kolom dibatasi hanya pada desainnya.
4. Konektor geser menggunakan konektor jenis Stud berkepala.
5. Analisis pembebanan struktur hanya diperhitungkan terhadap beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Load and Resistance Factor Design 1986 (LRFD 86)

Load and Resistance Factor Design (LRFD 1986) adalah suatu metode yang digunakan dalam merencanakan suatu struktur berdasarkan pada kekuatan batas, dimana suatu struktur akan berhenti memenuhi fungsi yang diharapkan darinya (Salmon and Johnson, 1992). Keadaan batas (*ultimit*) ini umumnya dibagi menjadi dua kategori yakni kekuatan (*strength*) dan kemampuan layanan (*seviceability*). Keadaan batas kekuatan merupakan fenomena-fenomena perilaku pada saat mencapai kekuatan duktil maksimum (kekuatan plastis), tekukan, keletihan, retakan dan geseran. Keadaan batas kemampuan layanan menyangkut penggunaan bangunan, misalnya karena adanya defleksi, vibrator, deformasi permanen dan rekakan.

Format umum dari spesifikasi LRFD diberikan dengan persamaan sebagai berikut : $\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i$ (2.1)

Secara umum persamaan 2.1, berarti bahwa kekuatan (ϕR_n) yang disediakan dalam desain paling tidak harus sama dengan pemfaktoran beban beban yang bekerja ($\sum \gamma_i Q_i$).

Faktor resistensi ϕ bervariasi menurut tipe batang dan keadaan batas yang sedang diperhitungkan. Adapun faktor resistensi sebagai berikut :

a. Batang Tarik (LRFD-D1)

$\phi_t = 0,90$ untuk keadaan batas leleh

$\phi_t = 0,75$ untuk keadaan batas retakan

b. Batang Tekan (LRFD-E2)

$\phi_c = 0,85$

c. Balok (LRFD-F2.2)

$\phi_b = 0,90$ & $\phi = 0,85$

d. Pengelasan (LRFD-Tabel J2.3)

$\phi =$ Sama untuk semua tipe kerja, yakni tarik, lentur dan sebagainya.

e. Penyambung Baut (A325) (LRFD-Tabel J3.2)

$\phi = 0,75$ untuk kekuatan tarik

$\phi = 0,65$ untuk kekuatan geser

Beban-beban yang akan ditanggung oleh suatu struktur atau elemen struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat sebelumnya, demikian juga pendistribusian bebannya dari satu elemen ke elemen lain pada keseluruhan struktur biasanya masih membutuhkan asumsi dan pendekatan. Beban-beban yang akan ditinjau pada pembebanan struktur gedung yakni : beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Spesifikasi AISC LRFD86 mengambil kombinasi - kombinasi beban terfaktor menurut ANSI (*American National Standard minimum*

Design Loads for Building and other structure, 1982) dan LRFD-A4.1 menyatakan bahwa kombinasi - kombinasi berikut ini perlu diselidiki :

$$a. \quad 1,4 D \quad (2.2)$$

$$b. \quad 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r + \text{atau } S \text{ atau } R) \quad (2.3)$$

$$c. \quad 1,2 D + 1,6 L (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W) \quad (2.4)$$

$$d. \quad 1,2 D + 1,3 W + 0,5 L (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2.5)$$

$$e. \quad 1,2 D \pm 1,5 E + (0,5 L \text{ atau } 0,2 S) \quad (2.6)$$

$$f. \quad 0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,5 E) \quad (2.7)$$

dimana :

D = Beban mati,

L = Beban hidup , L_r = Beban hidup atap

W = Beban angin, S = Beban salju, R = Beban air hujan atau es

E = Beban Gempa

2.2 Analisa Struktur Komposit Baja - Beton

Struktur komposit baja-beton didefinisikan sebagai suatu struktur baja yang di bungkus dengan beton (*Encased*), struktur baja yang di isi dengan beton (*Concrete filled*) atau struktur yang di sambung dengan pelat beton bertulang.

Konsep yang digunakan dalam analisis perencanaan ini adalah menggunakan suatu konsep yang diterbitkan oleh *American of Institute Construction Steel, Load and Resistance Factor Design* atau lebih dikenal dengan nama metode LRFD. Dewasa ini dipergunakan dua filosofi desain , desain tegangan kerja (yang diacu oleh

AISC sebagai *Allowable Stress Design*) dan desain keadaan batas (yang diacu oleh AISC sebagai *Load and Resistance Factor Design*).

Desain keadaan batas meliputi metode-metode yang umumnya disebut sebagai desain kekuatan ultimit, desain kekuatan , desain plastis , desain faktor beban, desain batas , dan sekarang desain faktor resistensi dan beban (*Salmon & Johnson, 1996*). Struktur dan batang - batang struktur harus memiliki kekuatan yang cukup seperti kekakuan dan ketahanan yang cukup sehingga dapat berfungsi selama umur layanan dari struktur tersebut. Desain harus menyediakan cadangan kekuatan di atas yang diperlukan untuk menanggung beban layanan, yakni terhadap kemungkinan kelebihan beban, kemungkinan terhadap kekuatan material yang lebih rendah, penyimpangan dalam dimensi batang walaupun masih dalam batas toleransi yang masih diterima.

Secara garis besar, prosedur desain secara iteratif dapat digambarkan sebagai berikut (*Salmon & Johnson, 1996*) :

1. *Perencanaan*, Penentuan fungsi-fungsi yang akan dilayani oleh struktur yang bersangkutan. Tentukan kriteria-kriteria untuk mengukur apakah desain yang telah dihasilkan telah mencapai optimum.
2. *Konfigurasi struktur*. Pendahuluan. susunan dari elemen yang akan melayani fungsi-fungsi pada langkah 1.
3. *Penentuan beban-beban* yang akan dipikul.
4. *Pemilihan batang pendahuluan*. Pemilihan ukuran batang yang memenuhi kriteria obyektif, seperti berat dan biaya minimum dilakukan berdasarkan keputusan dari langkah 1, 2, dan 3.

5. *Analisis*. Analisis struktural dengan membuat model beban- beban dan kerangka kerja struktural untuk mendapatkan gaya-gaya internal dan defleksi yang dikehendaki.
6. *Evaluasi*. Apakah semua persyaratan kekuatan dan kemampuan kerja telah terpenuhi dan apakah hasilnya sudah optimum? Bandingkan dengan kriteria-kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

2.3. Analisis Struktur Pelat Komposit dengan Steel Deck

Pelat komposit yang dimaksudkan disini adalah pelat beton yang dikombinasikan dengan dak baja bentukan (*formed steel deck*), dalam hal ini dak baja yang digunakan adalah bondek. Bondek ini adalah dak baja struktural bergabani dan bertegangan tarik tinggi yang berfungsi ganda, yaitu sebagai bekisting tetap dan penulangan positif searah sehingga terbentuklah pelat komposit oleh ikatan antara rusuk – rusuk bondeknnya dengan beton .

Perencanaan pelat komposit ini menggunakan tabel yang diterbitkan oleh P.T. BHP Steel Building Product Indonesia (Lampiran 1), dalam tabel diperlihatkan tebal pelat beton untuk bentang tunggal, bentang-bentang ganda dan menerus serta kebutuhan tulangan negatifnya untuk berbagai macam beban berguna. Beban mati (berat sendiri beton dan bondek) sudah diperhitungkan dan tidak termasuk pada beban berguna dalam tabel. Beban berguna adalah jumlah beban hidup dan beban finishing lainnya. Tebal pelat dalam tabel adalah tebal keseluruhan pelat.

Pola pembebanan dan perhitungan penulangan negatif dalam tabel adalah berdasarkan pola pembebanan satu arah (*one way reinforced concrete slab*) dengan batasan $l_y/l_x \geq 1,50$. Untuk kondisi dimana $l_y/l_x < 1,50$, tabel ini tidak berlaku dan harus dilakukan perhitungan tersendiri dengan pola pembebanan dua arah yang memerlukan tambahan tulangan positif maupun negatif arah tegak lurus rusuk panel bondek.

l_y = bentang pelat lebih panjang

l_x = bentang pelat lebih pendek

Kapasitas beban yang diberikan untuk panjang bentang pelat terkecil pada bentangan menerus hanya berlaku bila perbandingan panjang bentang yang berdampingan tidak melebihi 1,2. Tulangan sekunder diperlukan baik pada bentang tunggal atau menerus, selain untuk mengatasi perubahan suhu juga untuk menyebarkan beban sehingga dicapai pembebanan yang merata. Tulangan ini merupakan tulangan praktis dapat ditentukan sendiri dan tidak dicantumkan dalam tabel.

Untuk bentang besar, tiang penyangga diperlukan untuk meniadakan lendutan panel Bondek pada waktu beton masih basah. Tiang penyangga harus cukup kuat dan mempunyai daya dukung yang cukup agar tidak terjadi penurunan. Biasanya tiang penyangga sementara dapat dicabut / dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari, tergantung dari beban dan keadaan pemeliharaan beton sesudah dicor. Pembebanan penuh sesuai dengan rencana baru dapat diberikan setelah beton berumur 28 hari, dimana kekuatan beton telah tercapai.

Bila dalam perencanaan balok, adalah balok komposit maka diperlukan pemasangan penahan geser, penahan geser harus dipasang menembus panel Bondek dan dilas atau tertanam pada balok-balok pemikul. Adapun luas penampang dan jarak antara penahan geser ditentukan dari perhitungan statika. Penahan geser ini harus diletakkan dengan tinggi maksimum 2 cm di bawah permukaan atas pelat beton.

Untuk semua jenis pelat, disarankan memakai tulangan susut yang berfungsi selain untuk mengatasi perubahan temperatur, juga untuk menyebarkan pembebanan. Dalam hal ini dapat dipakai jaring kawat baja las (*wire mesh*), yaitu suatu bahan penulangan dari baja berbentuk "*prefab*" untuk digunakan di dalam beton bertulang, yang tersedia dalam berbagai ukuran berupa lembaran atau gulungan. Tulangan tersebut diletakkan 2 cm di bawah permukaan atas beton. Jaringan kawat baja ini harus menutup seluruh permukaan pelat dan diikat sesuai dengan ketentuan pabrik pembuatnya, untuk memperoleh kekuatan dalam dua arah.

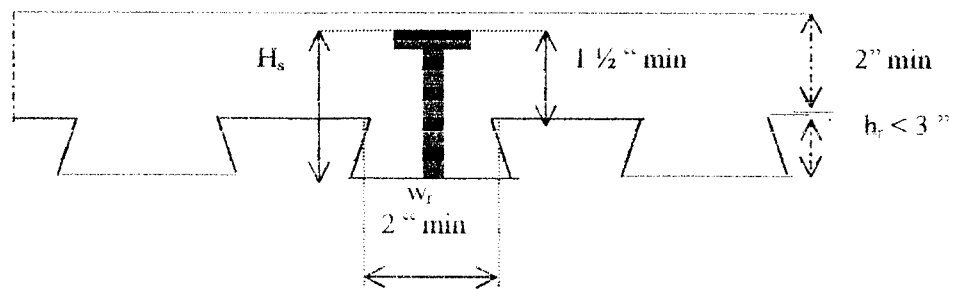
Untuk mencari luas Jaringan Kawat Baja Las BRC yang setaraf bagi penulangan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Luas } \phi \text{ BRC} = (\text{luas pembesian yang ada}) \times \frac{\text{Teg. batas besi yang ada}}{2900} \quad \text{cm}^2/\text{m} \quad (2.8)$$

Begitu luas jaringan yang diperlukan diketahui, dapat dipilih jaring tersebut dari tabel Wire Mesh (Lampiran 2). Spesifikasi LRFD 13-5, mensyaratkan pemakaian dak baja bentukan untuk balok komposit dengan konektor geser stud sebagai berikut :

- a. Dimensi stud : $\frac{3}{4}$ in. x 3 - 7 in
- b. Lebar rusuk (w_r) : 1,94 in – 7,25 in

- c. Tinggi rusuk (h_r) : 0.88 in – 3 in
- d. Rasio lebar & tinggi : 1,33 – 3,33
- e. Rasio tinggi stud & tinggi rusuk : 1,5 – 3,41
- f. Jumlah stud dalam satu rusuk : 1, 2, dan 3.



Gambar 2.1 Pelat komposit dengan steel deck

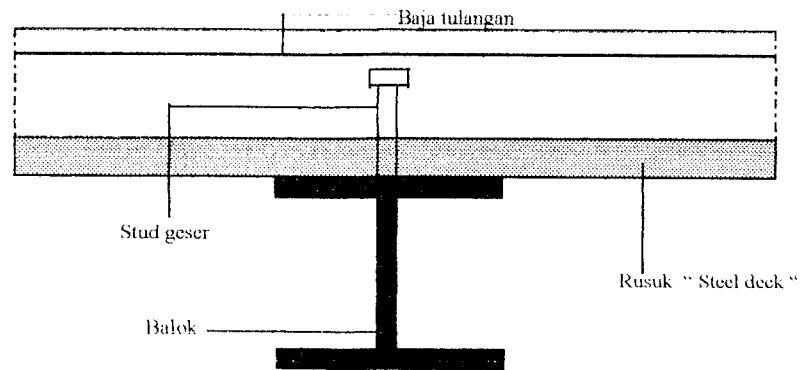
dengan : H_s = tinggi stud, inch

h_r = tinggi rusuk steel deck, inch

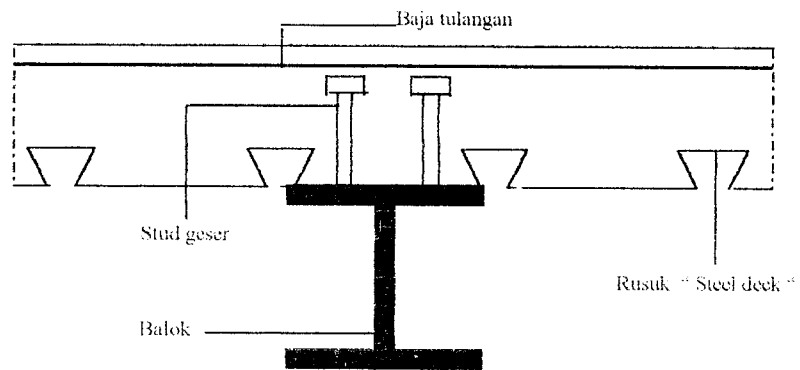
w_r = Lebar rata-rata rusuk steel deck, inch

2.4 Analisis Struktur Balok Komposit dengan Konektor Geser

Balok komposit adalah suatu baja profil yang mendukung dan berinteraksi dengan pelat beton dalam menahan beban-beban yang bekerja di atasnya (Smith, 1996). Bentuk-bentuk balok komposit dengan konektor geser ditunjukkan dalam gambar 2.2, dimana konektornya dengan kedudukan tegak lurus atau dipararelkan terhadap balok baja.



(a) Rusuk tegak lurus terhadap balok baja



(b) Rusuk paralel terhadap balok baja

Gambar 2.2 Balok komposit dengan konektor geser

Dalam analisa yang berkaitan dengan konstruksi, struktur komposit dapat dibedakan menjadi dua bagian, yakni Konstruksi yang ditopang dengan dukungan sementara (*Shored Construction*) dan konstruksi yang tidak ditopang (*Unshored Contraction*).

Konstruksi dengan penopang (*Shored*) dimaksudkan agar penopang tersebut digunakan untuk membantu mendukung balok baja terhadap beban pelat

sehingga diharapkan tidak terjadi penyimpangan / lendutan pada saat beton belum mengeras. Konstruksi tanpa penopang (*Unshored*), dimana dukungan sementara tidak digunakan dan balok baja diperhitungkan untuk menahan beban-beban yang bekerja dan pada saat beton mencapai kekuatannya (0,75 f'c, spesifikasi LRFD 13 – 4), oleh karena itu balok baja harus di desain untuk menahan semua beban terfaktor yang ada sebelum beton mempunyai kekuatan yang cukup.

2.4.1 Lebar efektif

Analisis untuk lebar efektif melibatkan teori elastisitas yang diterapkan pada pelat, dengan menggunakan balok menerus tak-hingga di atas tumpuan yang berjarak sama, dengan flens lebar tak-hingga yang tebalnya relatif kecil dibandingkan dengan kedalaman balok. Gaya tekan total yang dipikul oleh sistem ekuivalennya harus sama dengan yang dipikul oleh sistem yang sesungguhnya.

Penyederhanaan praktis untuk desain diberikan oleh LRFD-13.1 untuk perhitungan beban layanan maupun perhitungan kekuatan nominal bila kegagalan besar sekali. Lebar efektif untuk satu sisi pelat balok komposit menurut LRFD 13-1 adalah nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 b_e &\leq 1/8 L \text{ dimana } L \text{ adalah panjang bentang balok} \\
 &\leq 1/2 S, \text{ dimana } S \text{ adalah jarak antar balok} \\
 &\leq S_1 \text{ dimana } S_1 \text{ adalah jarak balok ke ujung pelat}
 \end{aligned}$$

2.4.2 Konektor geser

Gaya geser horizontal yang terjadi antara balok baja dengan pelat beton harus ditransfer oleh konektor geser dan diidentifikasi sebagai berikut :

1. Pada daerah momen positif (permukaan atas pelat beton dalam kondisi tekan), gaya geser horizontal total antara momen maximum dan momen nol adalah nilai terkecil dari :
 - (a). $0,85 f'_c A_c$, dimana gaya tekan maksimum dalam lebar efektif dari pelat beton
 - (b). $A_s F_y$, dimana gaya tarik maksimum terjadi pada baja struktural
 - (c). ΣQ_n , jumlah kuat nominal dari konektor geser.
2. Pada daerah momen negatif (permukaan pelat dalam tarik), gaya geser horizontal total antara momen maksimum dan momen nol adalah nilai terkecil dari :
 - (a). $A_r F_{yr}$, dimana gaya tarik maksimum oleh baja tulangan longitudinal
 - (b). ΣQ_n , jumlah kuat nominal konektor geser.

Jika kondisi 1c). atau 2b). yang menentukan, maka gaya geser horizontal total diklasifikasikan sebagai aksi komposit sebagian (*Partial Composite Action*), sedangkan untuk selain kondisi di atas diklasifikasikan sebagai aksi komposit penuh (*Full Composite Action*).

Kuat nominal untuk satu konektor geser (LRFD 15 – 3), dihitung dengan rumus : $Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c F_c} \leq A_{sc} F_u$, untuk stud (2. 9)

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f'_c F_c} , \text{ untuk kanal} \quad (2.10)$$

Jumlah konektor geser (n) yang diperlukan antara momen maksimum dan momen nol adalah :

$$n = \frac{V_h}{Q_n}, \text{ dimana } V_h \text{ adalah Gaya geser horisontal} \quad (2.11)$$

Penempatan konektor geser digambarkan oleh LRFD 1.5.6 sebagai berikut :

1. Penutup beton minimum arah lateral adalah 1 in, kecuali untuk konektor geser yang dibentuk pada rusuk dari dak baja (*Steel Deck*).
2. $d \leq 2 t_f$, dimana d = diameter stud dan t_f = tebal sayap balok.
3. Spasi minimum arah memanjang stud adalah 6 kali diameter untuk pelat solid, dan 4 kali diameter pada rusuk dari dak baja (*Steel Deck*).
4. Spasi minimum arah melintang stud, 4 kali diameter.
5. Spasi maksimum dari stud, 8 kali total tebal pelat.

Khusus untuk stud yang diletakkan dalam dak baja bentukan (*Formed Steel Deck*) LRFD gambar C – 1 3.3 menggambarkan sebagai berikut :

1. Diameter stud maksimum 0,75 in
2. Untuk rusuk pada “steel deck” dengan kondisi tegak lurus balok baja :
 - (a). Steel deck harus diangkur untuk seluruh dukungan pada spasi ≤ 16 in
 - (b). Luas beton (A_c) di bawah rusuk steel deck diabaikan dalam perhitungan
 - (c). Spasi longitudinal dari stud geser ≤ 36 in
 - (d). Kuat nominal geser untuk satu konektor pada persamaan 2.9 & 2.10 diberi faktor reduksi (R_{sc}) :

$$R_{sc} = \frac{0,85 w_r}{h_r \sqrt{N_r}} \left(\frac{H_s}{h_r} - 1,0 \right) \leq 1,0 \quad (2.12)$$

3. Untuk rusuk pada steel deck dengan kondisi paralel balok baja :

- (a). Luas beton (A_c) dibawah, steel deck dapat digunakan dalam perhitungan
- (b). Jika $h_r \geq 1,5$, $w_r \geq 2$ in, maka dikehendaki untuk stud pertama pada arah melintang. Untuk "n" stud dimana "n" ≥ 2 , $w_r \geq [2 \text{ in} + 4 (n - 1) d]$
- (c). Jika, $w_r / h_r < 1,5$, kuat nominal geser untuk satu konektor pada persamaan 2.9 dan 2.10 diberi faktor reduksi (R_{sc}) :

$$R_{sc} = \frac{0,6 w_r}{h_r} \left(\frac{H_s}{h_r} - 1,0 \right) \leq 1,0 \quad (2.13)$$

2.4.3 Kekuatan nominal penampang

Kekuatan momen nominal M_n dari suatu penampang komposit yang slabnya dalam tekan (momen positif) tergantung pada tegangan leleh F_y dan sifat-sifat penampang untuk balok baja, kekuatan slab beton $f'c$ dan kekuatan konektor geser yang memberikan transfer geser interface di antara slab dan baloknya.

Kekuatan momen nominal M_n bila slabnya dalam tekan dibagi dalam dua kategori menurut LRFD-13.2, tergantung pada kerampingan badan, sebagai berikut :

1. Untuk $h_c / t_w \leq (\lambda_p = 640 / \sqrt{f'_{yf}})$

M_n - berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit.

$$\phi_b = 0,85$$

2. Untuk $h_c / t_w > (\lambda_p = 640 / \sqrt{F_{yf}})$

M_n = berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis, dengan memperhitungkan efek-efek sekur.

$$\phi_b = 0,90$$

Kekuatan momen nominal M_n menurut LRFD 13-2 diselesaikan berdasarkan distribusi tegangan plastis untuk 2 daerah momen, yaitu pada daerah momen negatif dan pada daerah momen positif.

1. Pada daerah momen positif.

Gaya tekan C dalam pelat beton diambil berdasarkan nilai terkecil dari :

$$C = A_{sw} \cdot F_{yw} + 2 \cdot A_{sr} \cdot F_{yr} \quad (2.14)$$

$$C = 0.85 f'c A_c \quad (2.15)$$

Kedalaman block tekan (a) :

$$a = \frac{C}{0.85 f'c b} \quad (2.16)$$

Momen nominal penampang dihitung berdasarkan beberapa kondisi yang dipengaruhi oleh letak sumbu netral plastis (PNA), yaitu :

Jika $C \leq P_{yw}$, maka PNA terletak pada badan balok.

$$M_n = M_p - \left(\frac{C}{P_{yw}} \right)^2 M_{pw} + C \cdot e \quad (2.17)$$

Jika $C = P_{yw}$, maka PNA terletak pada bagian atas dari badan balok

$$M_n = M_{pf} + P_{yw} \cdot e \quad (2.18)$$

Jika $P_{yw} \leq C \leq P_y$, maka PNA terletak pada sayap balok

$$M_n = 0.5 (P_y - C) \left[d - \left(\frac{P_y - C}{2P_{yf}} \right) \right] + C.e \quad (2.19)$$

Jika $C < 0.85 f'c A_c$, maka sumbu netral terletak pada pelat

$$M_n = P_y \cdot e \quad (2.20)$$

2. Pada daerah momen negatif

Gaya tarik T oleh baja tulangan adalah, $T = A_r \cdot F_{yr}$

Kekuatan momen nominal untuk daerah momen negatif dapat diselesaikan menggunakan persamaan (2.17) sampai dengan persamaan (2.20), dengan substitusi gaya tekan C dengan gaya tarik T .

Dimana :

$$P_{yw} = (d - 2t_f) t_w \cdot F_y \quad ; \text{ gaya luluh badan, kips}$$

$$P_{yf} = 0.5 (A_s \cdot F_y - P_{yw}) \quad ; \text{ gaya luluh sayap, kips}$$

$$P_y = P_{yw} + 2 P_{yf} \quad ; \text{ gaya luluh pada penampang baja, kips}$$

$$M_{pw} = 0.25 P_{yw} (d - 2t_f) \quad ; \text{ momen plastis badan, kips-ft}$$

$$M_{pf} = P_{yf} (d - 2t_f) \quad ; \text{ momen plastis sayap, kips-ft}$$

$$M_p = M_{pw} + M_{pf} \quad ; \text{ momen plastis penampang, kips-ft}$$

$$e = 0.5 d + h_r + t_c - 0.5 a \quad ; \text{ eksentrisitas pada momen positif, inch}$$

$$e = 0.5 d + h_r + t_c - t_r \quad ; \text{ eksentrisitas pada momen negatif, inch}$$

$$d = \text{tinggi profil, inch} \quad ; \quad h_r = \text{tinggi rusuk "steel deck", inch}$$

$$t_c = \text{tinggi beton diatas rusuk, inch}$$

$$t_r = \text{jarak baja tulangan ke permukaan atas beton, inch}$$

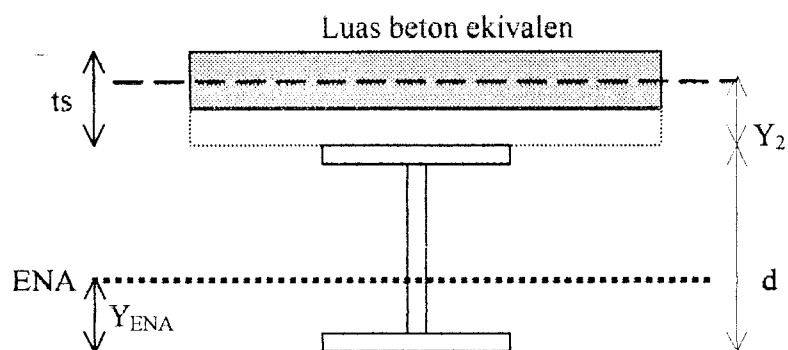
2.4.4 Defleksi

Defleksi pada balok komposit penuh (LRFD p. 4 – 7), dihitung berdasarkan momen Inertia Lower Bound (I_{lb}), untuk mencapai kemampuan layanan yang diinginkan. Momen Inertia lower bound ini di hitung untuk daerah momen positif, sedangkan untuk daerah momen negatif, momen inertia I_{lb} sama dengan momen inersia dari penampang baja profil (I_x). Momen inertia lower bound ini dapat diperoleh nilainya dari Manual LRFD, atau dengan rumus sebagai berikut :

$$Y_{ENA} = \frac{\frac{A_s d}{2} + \frac{\sum Q_n}{F_y} (d + Y_2)}{A_s + \frac{\sum Q_n}{F_y}} \quad (2.21)$$

$$I_{LB} = I_x + A_s \left(Y_{ENA} - \frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sum Q_n}{F_y} \right) (d + Y_2 - Y_{ENA})^2 \quad (2.22)$$

$\left[\frac{\sum Q_n}{F_y} \right]$ adalah luas beton ekuivalen



Gambar 2.3 Momen Inertia

Defleksi vertikal untuk baja giling W, M, HP, S, C, & MC menurut LRFD p.

3-24 dihitung sebagai berikut :

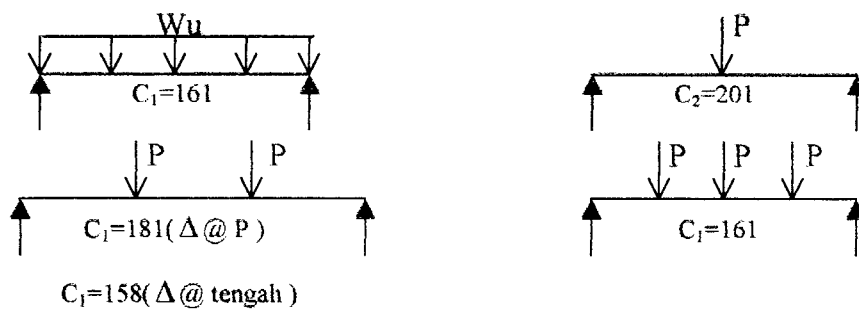
$$\Delta = M.(L^2) / (C_1 . I), \text{ dimana } M = \text{Momen beban layanan, kips-ft}$$

L = Panjang Bentang, ft

I = Momen Inersia, in^4

C_1 = Konstanta beban (gambar 2.4)

Δ = Defleksi , inch



Gambar 2.4. Konstanta beban

2.5 Kolom Komposit

2.5.1 Batasan-batasan

Luas penampang baja paling tidak harus 40 % dari luas total penampang lintang total, jika tidak kolom tersebut harus dirancang sebagai kolom beton bertulang biasa. Untuk dapat digolongkan sebagai kolom komposit, pembatasan dari LRFD-12.1 haruslah dipenuhi :

1. Luas baja, $A_s \geq 0,44 A_g$ (luas penampang komposit)

2. Untuk beton :
 - a. Batang tulangan longitudinal harus digunakan; batang yang memikul beban harus kontinu pada level perangkaan (bila ada balok atau slab yang merangka ke kolom), batang longitudinal lainnya yang hanya digunakan untuk mengekang beton dapat dipotong pada level rangka tersebut.
 - b. Sengkang lateral harus digunakan, jarak antar sengkang tidak boleh lebih dari $2/3$ dimensi kolom lateral terkecil.
 - c. Luas sengkang lateral dan tulangan longitudinal masing-masing harus lebih dari $0,007 \text{ in}^2/\text{in}$ dari jarak antar tulangan.
 - d. Tebal bersih beton penutup sekurang-kurangnya harus 1,5 inch
3. Kekuatan beton f'_c :
 - a. Beton berat normal : $3 \text{ ksi} \leq f'_c \leq 8 \text{ ksi}$
 - b. Beton ringan struktural : $f'_c \geq 4 \text{ ksi}$
4. Tegangan leleh maksimum baja yang digunakan dalam penghitungan kekuatan adalah 55 ksi untuk baja struktural maupun untuk batang tulangan.
5. Ketebalan dinding minimum t untuk pipa atau tabung berisi beton :
 - a. Untuk tiap lebar permukaan b dalam penampang segi empat :

$$t \geq b \sqrt{\frac{F_y}{3.E}} \quad (2.23)$$

- c. Diameter luar D dalam penampang lingkaran :

$$t \geq D \sqrt{\frac{F_y}{8.E}} \quad (2.24)$$

6. Pada sambungan dan pelat dasar kolom , jika luas dukungan beban melampaui luas yang dibebani pada seluruh sisi, maka desain tegangan pada beton adalah :

$$\Phi_c P_{nc} \leq 0,6(1,7 f' c . A_B)$$

2.5.2 Kekuatan nominal

Kekuatan nominal P_n dari suatu kolom komposit adalah dihitung dengan menggunakan provisi kekuatan kolom reguler dari LRFD-E2, tetapi tegangan leleh F_y diubah menjadi tegangan leleh modifikasi F_{my} , modulus elastisitas E menjadi modulus modifikasi E_m dan jari-jari girasi r menjadi jari-jari modifikasi r_m . Persamaan modifikasi menjadi :

1. Untuk pipa atau tabung dicor beton :

$$F_{my} = F_y + F_{yr} \frac{A_c}{A_s} + 0,85 f' c \frac{A_c}{A_s} \quad (2.25)$$

$$E_m = 29.000 + 0,4 E_c \frac{A_c}{A_s} \quad (2.26)$$

$$r_m = r_s \quad (2.27)$$

2. Untuk baja struktural dicor beton :

$$F_{my} = F_y + 0,7 F_{yr} \frac{A_c}{A_s} + 0,6 f' c \frac{A_c}{A_s} \quad (2.28)$$

$$E_m = 29.000 + 0,2 E_c \frac{A_c}{A_s} \quad (2.29)$$

$$r_m = r_s \geq 0,3 d \text{ lentur} \quad (2.30)$$

di mana : A_c = luas beton

A_r = luas batang tulangan longitudinal

A_s = luas bruto profil baja, pipa atau tabung

E_c = modulus elastisitas beton, dalam ksi

F_y = tegangan leleh minimum profil baja, pipa atau tabung

F_{yr} = tegangan leleh minimum batang tulangan longitudinal

F'_c = kuat tekan beton dalam 28 hari

r_s = jari-jari girasi profil baja, pipa atau tabung

d_{lennir} = dimensi keseluruhan penampang komposit dalam bidang lentur

Kuat nominal kolom komposit, $\Phi_c P_{nc}$ berdasarkan modifikasi tersebut menjadi :

$$\Phi_c P_{nc} = 0,85 A_s F_{cr} \text{ , dimana}$$

$$F_{cr} = 0,658^{\lambda_c^2} F_{my} \text{ jika } \lambda_c \leq 1,5$$

$$F_{cr} = \frac{0,877}{\lambda_c^2} F_{my} \text{ jika } \lambda_c > 1,5 \text{ dengan } \lambda_c = \frac{kL}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{F_{my}}{E_m}}$$

2.6. Analisis Struktur Balok-Kolom Komposit

Suatu batang atau elemen struktur yang dibebani gaya aksial tarik / tekan dan momen lentur, LRFD mensyaratkan haruslah dikontrol terhadap interaksi gaya aksial-momen dengan rumus :

$$\text{a. jika } \frac{P_U}{\Phi P_n} \geq 0,2, \text{ maka } \frac{P_U}{\Phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.31)$$

$$\text{b. jika } \frac{P_U}{\Phi P_n} < 0,2, \text{ maka } \frac{P_U}{2\Phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.32)$$

LRFD H1, menyatakan untuk balok - kolom komposit , kuat nominal kolom dapat diselesaikan dengan mengikuti penyelesaian kolom komposit dengan beberapa modifikasi sedangkan kuat momen nominal lentur berdasarkan distribusi tegangan plastis (LRFD. C-13.1)

ΦP_n , diselesaikan dengan mengikuti persyaratan kolom komposit (Bab II.2.5) dengan modifikasi sebagai berikut :

$$\text{Jika } \frac{P_U}{\Phi P_n} > 0,3 \quad \text{maka } \Phi_b M_{nc} = \Phi_b M_{nb}$$

$$\text{Jika } \frac{P_U}{\Phi P_n} < 0,3 \quad \text{maka } \Phi_b M_{nc} \text{ diperoleh dari interpolasi linier pada pada garis lurus}$$

$$\text{B dan C dimana koordinat B \& C sebagai berikut : } C = \left[0,85M_{nc} : \frac{P_u}{\Phi P_n} = 0,3 \right] \text{ dan}$$

$$\text{koordinat B} = \left[\Phi_b M_{nb} : \frac{P_u}{\Phi P_n} = 0 \right],$$

$$M_{nc} = Z \cdot F_y + \frac{1}{3} (h - 2cr) A_r \cdot F_{yr} + \left(\frac{h}{2} - \frac{A_w \cdot F_y}{1,7 f' c b} \right) A_w \cdot F_y, \text{ kips-in}$$

$$\Phi_b M_{nb} = 0,9 Z \cdot F_y \text{ kips-in}$$

Untuk momen desain (M_U) kontrol terhadap pembesaran momen pada ujung kolom dapat dilakukan dengan menggunakan LRFD H1-3 berikut ini:

$$M_u = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}, \text{ dimana : } B_1 = \frac{C_m}{P_c} \geq 1.0$$

: e

$$P_c = (A_s \cdot F_{my}) / \lambda^2$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 (M_1 / M_2)$$

$$B_2 = \frac{C_m}{\sum_{i=1}^n P_u} \geq 1.0$$

: e

2.7 Analisis Gaya Gempa Statik Ekuivalen

Analisis beban gempa bertujuan untuk menghitung gaya horisontal yang terjadi pada suatu bangunan sebagai akibat dari respon gempa. Analisis beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen (PPKGURG'87), hanya merupakan suatu cara pendekatan dari sifat dinamik yang sesungguhnya terjadi pada bangunan akibat dari respon gempa yang diterima. Pada cara ini ragam getaran (mode vibration) yang ditinjau hanya mode pertama (first mode) saja, dan pembagian gaya geser pada setiap tingkat gedung dianggap linier.

Adapun prosedur perencanaan menggunakan metode ini sebagai berikut :

- i. Menghitung berat lantai total $W_T = W_m + W_h$

dimana : W_m = Beban mati & W_h = Beban hidup

2. Menghitung waktu getar alami, T (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.5.a)

$T = 0,085 H^{0,75}$ untuk portal baja

$T = 0,060 H^{0,75}$ untuk portal beton, dimana : H = Tinggi total struktur

3. Menentukan koefisien gempa dasar (C), berdasarkan kondisi tanah dan wilayah dimana struktur yang ditinjau berada (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.2 , gambar 2.3)
4. Menentukan faktor keutamaan gedung (I), berdasarkan kegunaan struktur yang akan dibuat (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.3, tabel 2-1)
5. Menentukan faktor jenis (K), berdasarkan jenis struktur dan bahannya (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.4, tabel 2.2)
6. Menentukan gaya geser horisontal akibat gempa , $V = C.I.K.Wt$, (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.1)
7. Kontrol nilai rasio lebar dan tinggi struktur untuk pendistribusian gaya geser (PPKGURG'87, Bab II, Pasal 2.4.6)
 - a). jika $H/B > 3$, maka $F_{atap} = 0,10 V$

$$F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} \cdot 0,90V \quad (2.33)$$

$$b). \text{ jika } H/B < 3, \text{ maka } F_i = \frac{W_i.h_i}{\sum W_i.h_i} \cdot V \quad (2.34)$$

dimana : F_i = Gaya gempa lantai i,

W_i = Berat lantai i,

V = Gaya geser horisontal total

BAB III

ANALISIS MODEL STRUKTUR RANGKA KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN METODE LRFD

3.1 Geometri Struktur

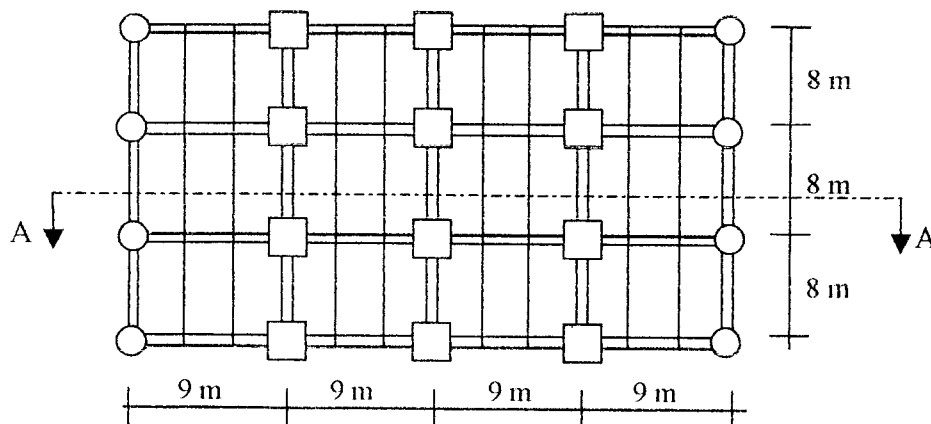
Model struktur yang digunakan dalam analisis struktur ini adalah struktur rangka komposit baja-beton dengan ketinggian struktur 25 m, lebar 36 m (gambar 3.1) dengan mutu bahan sebagai berikut :

Pelat komposit : Mutu beton $f'_c = 35 \text{ Mpa}$; Mutu baja $F_y = 500 \text{ Mpa}$

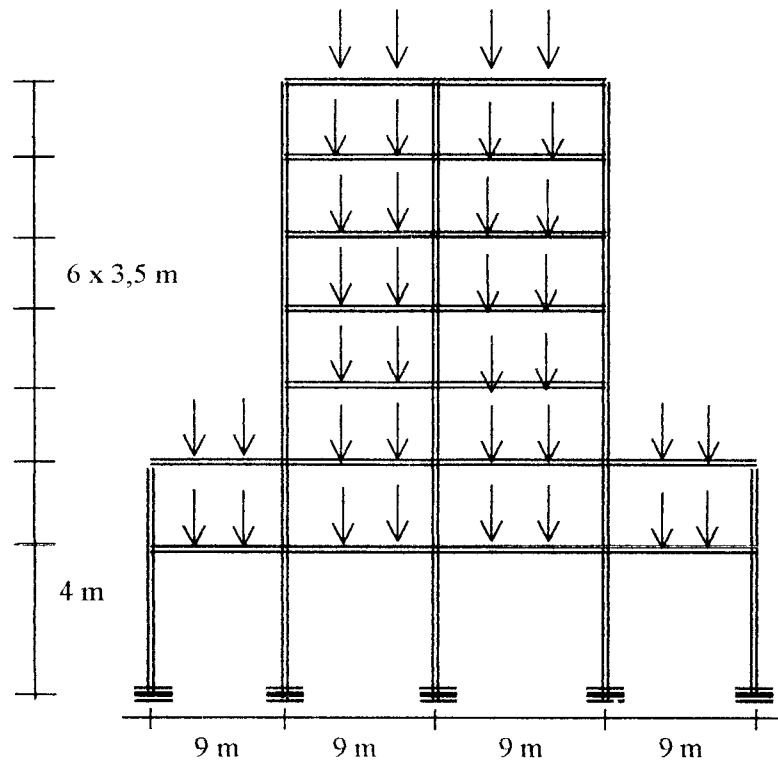
Balok komposit : Baja profil $F_y = 248 \text{ Mpa}$

Kolom komposit : Mutu beton $f'_c = 35 \text{ Mpa}$; Mutu profil $F_y = 248 \text{ Mpa}$

Bangunan gedung di fungsikan untuk perkantoran di D.I. Yogyakarta. Dengan kondisi tanah dasar lunak.

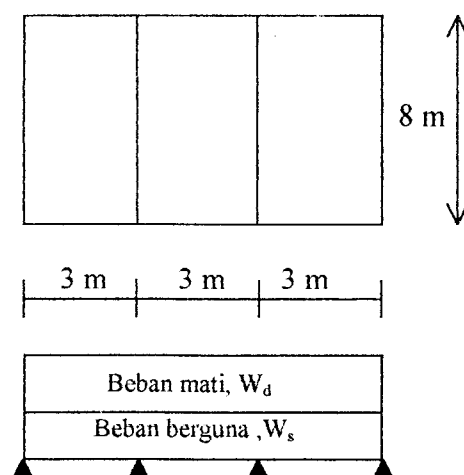


Gambar 3.1 Denah Struktur



Gambar 3.1.1 Potongan A – A

3.2 Desain Pelat Komposit



Gambar 3.2 Model Pembebanan Pelat

Beban mati terdiri dari berat deck dan berat beton sedangkan beban berguna terdiri dari beban hidup & beban finishing. Struktur pelat diasumsikan sebagai bentang menerus pada tiga bentang dan dalam perencanaan menggunakan bondek sebagai tulangan positif dan wire mesh sebagai tulangan negatif.

3.2.1 Desain Awal Pelat Lantai Komposit

a. Pembebanan :

Beban hidup : 3 kN/m² (PPI 83)

Beban finishing :	- spesi 2 cm	:	2 x 0,21 = 0,42 kN/m ²
	- pasir 2 cm	:	2 x 0,16 = 0,32 kN/m ²
	- tegel 2 cm	:	2 x 0,24 = 0,48 kN/m ²
	- penggantung + langit-langit	=	0,18 kN/m ² +
			1,40 kN/m ²

Beban berguna = Beban hidup + beban finishing

$$W_{S \text{ perlu}} = 3 + 1,40 = 4,40 \text{ kN/m}^2$$

b. Pemilihan dimensi pelat dan penulangannya

Dari Perencanaan praktis P.T BHP (Lampiran 4) dengan mengambil

beban desain : 5 kN/m² > $W_{S \text{ perlu}} = 4,40 \text{ kN/m}^2$ diperoleh :

- Tebal pelat bondek (tulangan positif) = 1 mm
- Tebal pelat lantai minimum = 90 mm
- Luas tulangan negatif *perlu* = 422 mm²/m

Dari hasil yang diperoleh diatas maka direncanakan pelat lantai komposit sebagai berikut :

- a. Tebal pelat (h) = 120 mm (persyaratan LRFD untuk penggunaan deck dengan konektor geser, gambar 2.1)
- b. Tulangan positif, Bondek 1 mm dengan $A_s = 1650 \text{ mm}^2$ (Lampiran 4)
- c. Tulangan negatif, Wire Mesh M9 (\varnothing_{9-150}), $A_s = 424 \text{ mm}^2/\text{m} > A_{s \text{ perlu}} = 422 \text{ mm}^2/\text{m}$
- d. Tulangan susut M6 (\varnothing_{6-150}), yang diletakkan pada daerah momen positif.

3.2.2 Kontrol Kapasitas Tampang Pelat

1. Pembebanan (ditinjau terhadap 1 m panjang pelat)

Beban mati (W_D) : Berat pelat = 2,78 kN/m (lampiran 4)

: Berat beban finishing = 1,4 kN/m

Beban hidup (W_L) = 3 kN/m (PPI'83)

Beban terfaktor (W_U) = 1,2 W_D + 1,6 W_L

$$= 1,2 (4,18) + 1,6 (3) = 10 \text{ kN/m}$$

Momen layanan terfaktor (M_U)

Momen tumpuan / negatif (M_u^-) = 0,10 $W_u L^2$

$$= 0,10 \cdot 10 \cdot 3^2 = 9 \text{ kN-m.}$$

Momen lapangan / positif (M_u^+) = 0,08 $W_u \cdot L^2$

$$= 0,08 \cdot 10 \cdot 3^2 = 7,2 \text{ kN-m.}$$

Gaya geser terfaktor (V_U) = $\frac{1}{2} W_U L = \frac{1}{2} 10 \cdot 3 = 15 \text{ kN.}$

2. Kontrol lendutan

- a. Terhadap beban beton basah ;

Berat beton (W_C) = 2,78 kN/m (lampiran 4)

Momen Inersia dak (I_e) = $0,607 \times 10^6 \text{ mm}^4$ (Lampiran 4)

Modulus Elastisitas baja = $2,1 \times 10^5 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{0,0069 \cdot W_C \cdot L^4}{E I_e} \leq \frac{L}{240} \\ &= \frac{0,0069 \cdot 2,78 \cdot 3000^4}{2,1 \cdot 10^5 \times 0,607 \cdot 10^6} = 12,2 \text{ mm} \\ &= 12,2 \text{ mm} < \frac{3000}{240} = 12,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Terhadap beban permanen :

Berat pelat lantai : Berat beton : 2.78 kN/m

Berat beban berguna : 4.40 kN/m

$$W_U = 7,18 \text{ kN/m}$$

$I_{comp} = 9.62 \times 10^6 \text{ mm}^4$ (lampiran 4)

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{0,0069 \cdot W_U \cdot L^4}{E \cdot I_{comp}} \leq \frac{L}{480} \\ \Delta &= \frac{0,0069 \times 7.18 \times 3000^4}{2,1 \cdot 10^5 \times 9.62 \cdot 10^6} = 2,7 \text{ mm} \leq \frac{3000}{480} = 6.25 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Kontrol kapasitas momen pelat

Beban mati (W_D) = 4,18 kN/m

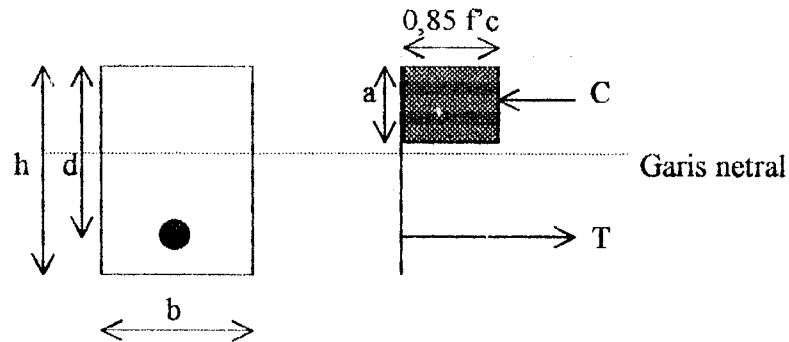
Beban hidup (W_L) = 3 kN/m

Beban ultimit (W_U) = 10 kN/m

Momen lapangan (M_U^+) = 7.2 kN-m

Momen tumpuan (M_U^-) = 9 kN-m

1. Kapasitas momen pada daerah momen positif / lapangan.



Gambar 3.3 Distribusi tegangan momen positif

Data-data perhitungan pelat sbb :

Luas bondek (A_s) = 1650 mm² (Lampiran 4)

Lebar pelat (b) = 1000 mm

Tinggi efektif (d) = 88 mm (Lampiran 4)

Tegangan leleh bondek (F_y) = 500 Mpa

Dengan mengasumsi gaya tekan (C) = gaya tarik (T), diperoleh

kedalaman blok tekan $a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1650 \cdot 500}{0.85 \cdot 35 \cdot 1000} = 27.73$ mm, maka momen

nominal $\Phi M_n = 0.8 \cdot A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{1}{2} a \right) = 0.8 \cdot 1650 \cdot 500 \cdot \left(88 - \frac{1}{2} \cdot 27.73 \right) = 49$ kN.m

$\Phi M_n \geq M_u = 7.2$ kN.m.

Kontrol rasio penulangan pelat dengan Syarat : $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1650}{1000 \cdot 88} = 0.01875$$

$\rho_{\max} = 0.0197$ (Lampiran 6) > $\rho_{\text{terpasang}}$ (penulangan bersifat daktail)

2. Kapasitas momen pada daerah momen negatif / tumpuan.

Pada daerah tumpuan disini penulangan pelat di asumsi sebagai tulangan sebelah maka perhitungan kapasitas momennya sama dengan momen positif.

Luas Wire Mesh, M9 (A_s) = 424 mm² (Lampiran 5)

Lebar pelat (b) = 1000 mm

Tinggi efektif (d') = 90 mm (Lampiran 5)

Tegangan leleh Wire Mesh (F_y) = 500 Mpa

$$\alpha = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 f'c \cdot b} = \frac{424 \cdot 500}{0.85 \cdot 35 \cdot 1000} = 7.13 \text{ mm}$$

$$\Phi M_n = 0.8 \cdot A_s \cdot F_y \left(d - \frac{1}{2} \alpha \right) = 0.8 \cdot 424 \cdot 500 \left(90 - \frac{1}{2} \cdot 7.13 \right) = 14.6 \text{ kN-m}$$

$$\Phi M_n \geq M_u = 9 \text{ kN-m}$$

Dari perhitungan diatas maka pelat lantai direncanakan sebagai berikut :
Tebal pelat 120 mm, penulangan pada daerah momen positif menggunakan bondek dengan tebal 1mm dan penulangan pada daerah momen negatif menggunakan Wire Mesh M9 (jaring baja kawat las). Selanjutnya untuk pelat komposit pada atap dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 1. Tabel desain pelat komposit

Pelat	Tebal	W_u	V_u	M_u	Penulangan	Kapasitas pelat
	(m)	(kNm)	(kN)	(kN-m)	(mm ²)	(kN-m)
Atap	0,12	4,056	13,4	$M_u^+ = 3$ $M_u^- = 3,7$	Deck 1mm, $A_s = 1650$ Wire Mesh M7 = 257	$\Phi M_n = 49$ $\Phi M_n = 9$ $\Phi V_n = 52$
Lantai	0,12	10	33	$M_u^+ = 7,2$ $M_u^- = 9,0$	Deck 1mm, $A_s = 1650$ Wire Mesh M9 = 424	$\Phi M_n = 49$ $\Phi M_n = 14,6$ $\Phi V_n = 52$

Keterangan tabel 1 : Beban terfaktor (W_u) : $1.2 W_D + 1.6 W_L$

Momen terfaktor lapangan (M_U^+) : $0,08 W_u L^2$

Momen terfaktor tumpuan (M_U^-) : $0,10 W_u L^2$

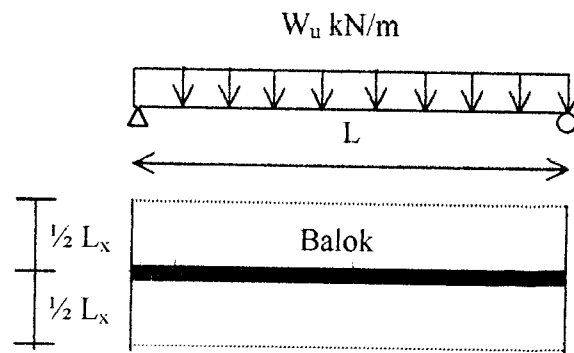
Geser maksimum (V_U) : $1,1 W_u L$

Kapasitas Momen lapangan (ΦM_n^+) : $0,85 [A_s \cdot F_y (d - \frac{1}{2} a)]$

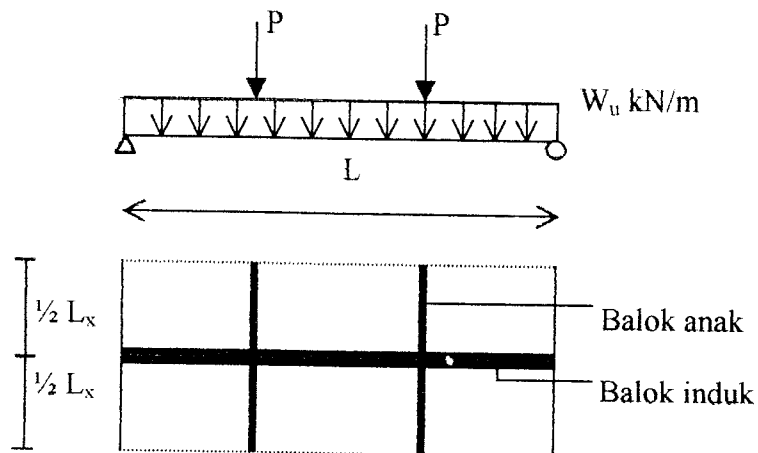
Kapasitas Momen tumpuan (ΦM_n^-) : $0,10 [A_s' \cdot F_y (d' - \frac{1}{2} a)]$

Kapasitas Geser (ΦV_n) : $1,15 W_u L$

3.3 Desain Awal Balok Komposit dan Kolom Komposit



Gambar 3.4 Analisa pembebanan balok arah melintang



Gambar 3.5 Analisa pembebanan balok induk arah membujur

$$\text{Beban hidup (} W_L \text{)} : \text{Beban finishing} : 1,4 \times 3 = 4,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup (kantor)} : 3 \times 3 = 9 \text{ kN/m} + 13,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terfaktor (} W_U \text{)} : 1,2 (W_D) + 1,6 (W_L)$$

$$1,2 (9,34) + 1,6 (13,2) = 32,328 \text{ kN/m}$$

Momen terfaktor (M_U) :

$$M_D = 1/8 \cdot W_D \cdot l_y^2 = 1/8 \cdot 9,34 \cdot 8^2 = 74,72 \text{ kN-m}$$

$$M_L = 1/8 \cdot W_L \cdot l_y^2 = 1/8 \cdot 13,2 \cdot 8^2 = 105,6 \text{ kN.m}$$

$$M_U = 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L$$

$$= 1,2 (74,72) + 1,6 (105,6) = 259 \text{ kN.m} \approx 191 \text{ K-ft}$$

b. Pemilihan Profil

Pemilihan profil berdasarkan berat profil minimum

$$\text{- Berat profil (} W_T \text{)} = \left[\frac{12 \cdot M_U}{\phi F_y (d/2 + t_s - a/2)} \right] \cdot 3,4 \text{ lbs/ft}$$

dimana : $t_s = 120 \text{ mm} = 4,7 \text{ in}$, $a/2 = 1 \text{ in}$ (asumsi) ;

Tabel 2. Tabel pemilihan profil balok

d profil	$\frac{M_U (12) (3,4)}{\phi F_y}$	$d/2 + t_s - a/2$ (in)	W_T (lbs/ft)	Profil Minimum	Profil Rencana
14	254,67	10,7	23,8	W14 x 26	W16 x 26
16	254,67	11,7	21,7	W16 x 26	

Dari manual LRFD, *Composite Beam Selection Table* (Lampiran 3) profil W16x26 dan $Y_2 = t_s - \frac{1}{2} a = 3,7 \text{ in}$, diperoleh $\phi M_n = 306 \text{ kN-m}$ dan $\Sigma Q_n = 1227,65 \text{ kN}$

Lebar efektif (b_e) : $\leq L / 8 = 8 / 8 = 1 \text{ m}$ (menentukan)

$$\leq S / 2 = 3 / 2 = 1,5 \text{ m}$$

Untuk balok interior : $b_e = 2 \cdot 1 = 2 \text{ m}$

$$a = \frac{\sum Q_n}{0,85 f'_c b_e} = \frac{1227650}{0,85 \cdot 35 \cdot 2000} = 20,6 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 120 - (20,6 / 2) = 109,68 \text{ mm} \approx 4,3 \text{ in}$$

Dari manual LRFD, *Composite Beam Selection Table* (Lampiran 3)

untuk $Y_2 = 4,3 \text{ in}$ diperoleh $\phi M_n = 317 \text{ kN-m} > M_{TJ} = 259 \text{ kN-m}$

Cek lendutan, akibat beban hidup layanan

$$M_L = 105,6 \text{ kN-m} \approx 78 \text{ K-ft}$$

$I_{lb} = 840 \text{ in}^4$, manual LRFD, profil W16x26 dengan $Y_2 = 4,3$ (Lampiran 3)

$$\Delta_{lb} = \frac{M_L (L)^2}{161 (I_{lb})} \leq \frac{L}{360}$$

$$\Delta = \frac{78 (26,25)^2}{161 (840)} = 0,4 \text{ in} \approx 10 \text{ mm} \leq \frac{8000}{360} = 22,2 \text{ mm}$$

Cek geser oleh badan balok :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L = \frac{1}{2} (33,328) (8) = 129,31 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,9 [0,6 F_{yw} A_w] = 0,9 [0,6 \cdot 36 \cdot 0,25 \cdot 15,69]$$

$$= 76,25 \text{ kip} \approx 339 \text{ kN} > V_u = 129,31 \text{ kN}$$

c. Desain Konektor Geser

$$V_h = A_s F_y = 1227,6 \text{ kN (menentukan)}$$

$$V_h = 0,85 f'_c A_c = 0,85 \cdot 35 \cdot (66 \times 2250) \cdot 10^{-3} = 4418 \text{ kN}$$

$$R_{sc} = \frac{0,85 (w_f)}{h_f \sqrt{N_f}} \left(\frac{H_s}{w_f} - 1,0 \right)$$

$$= \frac{0,85 (6,6)}{2 \sqrt{2}} \left(\frac{3,5}{2} - 1,0 \right) = 1,48 \geq 1,0, \text{ dipakai } R_{sc} = 1,0.$$

Stud diameter $\frac{3}{4}$ " x 3,5" , $Q_n = 105 \text{ kN / stud}$ (Lampiran 3, manual LRFD)

$$\text{Jumlah stud perlu (n)} = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1227,6}{105} = 11,7 \approx 12 \text{ buah (6 pasang)}$$

Jarak / spasi stud (s) :

$$S_{perlu} = L / n = 800 / 12 = 667 \text{ mm}$$

$$S_{min} = 6 d = 6 \left(\frac{3}{4} \right) = 4,5 \text{ in} \approx 115 \text{ mm}$$

$$4 d = 4 \left(\frac{3}{4} \right) = 3 \text{ in} \approx 70 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 8 t_s = 8 (120) = 960 \text{ mm}$$

Digunakan stud : 26 - $\frac{3}{4}$ " x 3,5" , dengan Spasi = 60 cm

d. Kontrol Berat Balok dan Konektor

$$W_{balok} = 26 \text{ lb/ft}$$

$$W_{stud} = \underline{3 \text{ lb/ft} +}$$

$$29 \text{ lb/ft} \approx 0,5 \text{ kN/m}' \leq W_{taksir} = 1,0 \text{ kN/m}'$$

Dengan cara yang sama diperoleh profil balok yang lain seperti yang dicantumkan dalam tabel sebagai berikut :

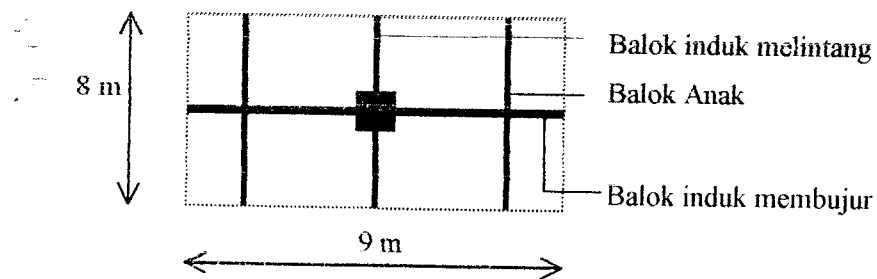
Tabel 3. Tabel rencana awal balok :

Balok		W_u	M_u	Profil (WF)	ϕM_n kN/m	Konektor Geser		
Atap	L (m)					kN/m	kN/m	Stud
Balok anak	8	18	148	W 14x22	248	$\phi 3/4 \times 3,5$	16	50
Balok induk melintang	8	18	151	W 14x22	248	$\phi 3/4 \times 3,5$	16	50
Balok induk membujur	9	91	455	W 18x35	458	$\phi 3/4 \times 3,5$	40	40
Lantai								
Balok anak	8	30	259	W 16x26	317	$\phi 3/4 \times 3,5$	40	20
Balok induk melintang	8	35	380	W 18x35	458	$\phi 3/4 \times 3,5$	40	20
Balok induk membujur	9	150	840	W 24x76	860	$\phi 3/4 \times 3,5$	60	30

Keterangan : L : Panjang elemen struktur
 W_u : Beban layanan terfaktor
 M_u : Momen layanan terfaktor
 ϕM_n : Kapasitas Momen Nominal

3.3.2 Desain Awal Kolom Komposit

Analisa pembebanan pada kolom ditinjau pada kolom yang paling bawah, dengan model pembebanan pada kolom dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini



Gambar 3.6 Model pembebanan kolom tengah

a. Pembebanan

- Beban Hidup (P_L)

$$P_L \text{ atap} = 1 \times 9 \times 8 = 7,2 \text{ kN}$$

$$P_L \text{ lantai} = 3 \times 9 \times 8 = 21,6 \text{ kN}$$

- Beban Mati (P_D)

$$P_D \text{ atap} = \text{pelat} = 3,38 \times 9 \times 8 = 253,44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{balok} &= (9 \times 0,62) + (24 \times 0,42) = 15,66 \text{ kN} + \\ &= 262,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_D \text{ lantai} = \text{pelat} = 4,18 \times 9 \times 8 = 311,04 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{balok} &= (9 \times 0,835) + (24 \times 0,53) = 20,235 \text{ kN} + \\ &= 331,275 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Beban kolom atas} = 120 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup total} &= P_L \text{ atap} + P_L \text{ lantai} \cdot (n) \\ &= 7,200 + 6 (21,600) \\ &= 136,8 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,5 \text{ (PPKGURG'87)}$$

$$P_L = 0,5 (136,8) = 68,4 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban mati total} &= P_D \text{ atap} + P_D \text{ lantai} \cdot (n) + P \text{ kolom atas} \\ &= 262,38 + 6 (331,275) + 120 \\ &= 2370,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terfaktor } (P_U) &= 1,2 (P_D) + 1,6 (P_L) \\ &= 1,2 (2370,03) + 1,6 (68,4) \\ &= 2954 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Pemilihan Profil Kolom

$$P_u = 2954 \text{ kN} , F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$L = 4 \text{ m.}$$

$$\bar{k} = 1,6 \text{ (portal bergoyang } k \geq 1)$$

$$kL = 1,5 \cdot (4) = 6 \text{ m} \approx 19,7 \text{ ft}, r_{mx}/r_{my} = 1,0 \text{ (asumsi)}$$

Dari Manual LRFD *Composite Column Table (Lampiran 3)* dipilih profil W14x120 encased 24"x 24", $f_c = 5 \text{ Ksi (35 Mpa)}$, $F_y = 36 \text{ Ksi (248Mpa)}$ dengan $\phi P_n = 10368 \text{ kN} \geq P_u = 2954 \text{ kN}$

Data kolom sebagai berikut : Tulangan Longitudinal = 4 - # 10 Bars

$$\text{Sengkang pengikat} = \# 3 - 16 \text{ in}$$

c. Kontrol syarat batas kolom

Cek tulangan lateral (No. 3 - 16 in)

$$\begin{aligned} \text{Spasi maximum} &= 2/3 (b) \leq 16 \text{ in} \\ &= 2/3 (24) = 16 \text{ in} \leq 16 \text{ in} \end{aligned}$$

Tulangan No. 3, $A_r = 0,11 \text{ in}^2$ (Lampiran 6)

$$A_r = 0,11 \text{ in}^2 \geq 0,007 (16) = 0,11 \text{ in}^2$$

Cek tulangan longitudinal (4 - # 10)

$$\text{Penutup beton} = 1,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan} &= b - 2 (P_b + d_s) - d_b \\ &= 24 - 2 (1,5 + 0,375) - 1,25 = 19 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan No. 4, } A_r = 1,27 \text{ in}^2 \geq 0,007 \cdot 19 = 0,133 \text{ in}^2$$

Cek penampang komposit

$$A_g = b \times h = 24 \times 24 = 576 \text{ in}^2, A_s = 35,3 \text{ in}^2; r_y = 3,74; r_x = 6,24 \text{ in}$$

$$A_r = 4 (A_r) = 4 (1,27) = 5,08 \text{ in}^2$$

$$A_c = A_g - (A_s + A_r) = 576 - (35,3 + 4,9) = 535,8 \text{ in}^2$$

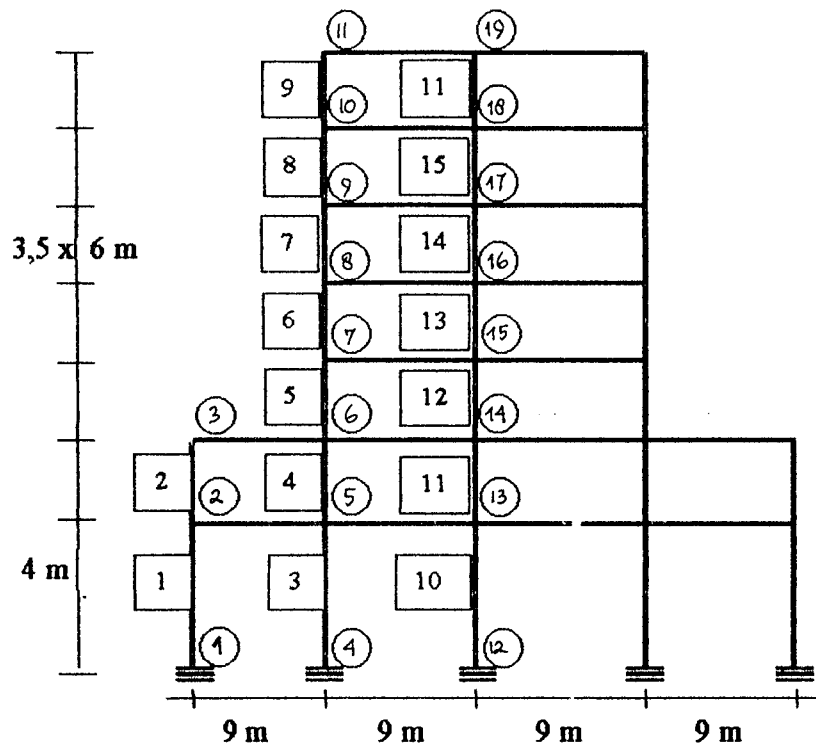
$$\frac{A_s}{A_g} = \frac{35,3}{576} = 0,061 \geq 0,04 \text{ (termasuk kolom komposit)}$$

Digunakan : Profil W 14 x 120 Encased 24" x 24" untuk kolom tengah.

Profil PS 12 - 0.375 fill concrete untuk kolom tepi

d. Hitungan faktor panjang efektif kolom (k)

Faktor panjang efektif kolom diperlukan guna menghitung kapasitas nominal kolom aktual dan untuk mengontrol nilai faktor panjang efektif kolom (k) pada pemilihan awal dimensi kolom sebelumnya.



Data properties untuk hitungan faktor panjang efektif kolom portal sbb:

Balok atap = W 18 x 35 ; $I = 510 \text{ in}^4$

Balok lantai = W 24 x 76 ; $I = 984 \text{ in}^4$

Kolom tengah = W 14 x 120 ; $I = 1380 \text{ in}^4$

Kolom tepi = PS 12 - 0.375 ; $I = 279 \text{ in}^4$

Faktor Kekakuan relatif pada typical joint (G)

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_C}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_B} \quad (3.1)$$

G = 1.0 untuk kondisi joint sebagai jepit

G = 10 untuk kondisi joint sebagai sendi

Faktor panjang efektif kolom pada portal bergoyang (*unbraced frame*), di hitung menggunakan formula 3.2 (Smith, 1996).

$$k = \sqrt{\frac{1,6(G_i \cdot G_j) + 4(G_i + G_j) + 7,5}{G_i + G_j + 7,5}} \quad (3.2)$$

Hitungan faktor panjang efektif kolom tengah (elemen 10) :

$$G_1 = G_4 = G_{12} = 1,0 \text{ (jepit)}$$

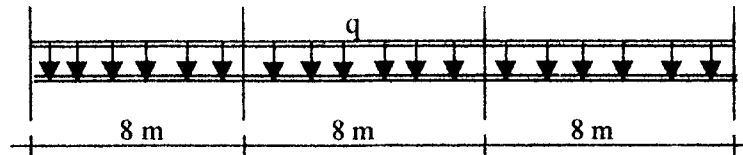
$$G_{13} = \frac{[(1380 / 13,12) + (1380 / 11,5)]}{[(984 / 29,5) + (984 / 29,5)]} = 3,375$$

$$k_{10} = \sqrt{\frac{1,6(1 \times 3,375) + 4(1 + 3,375) + 7,5}{1 + 3,375 + 7,5}} = 1,6$$

Nilai “ k_{10} ” sama dengan nilai “ k ” asumsi pada awal pemilihan dimensi kolom sebelumnya sehingga profil W14x120 dapat digunakan sebagai kolom komposit encased 24”x24”. Dengan prosedur yang sama diperoleh nilai faktor panjang efektif untuk kolom silinder dengan nomor elemen 1 = 1,3 ($k_1 = 1,3$).

3.4 Analisa Portal

3.4.1 Hitungan Portal Arah melintang



A. Beban grafitasi pada balok pelat atap

1. Beban mati tiap m

$$\text{Berat pelat} = 1 \times 3 \times 3,38 = 10,14 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat balok dan konektor} = 0,82 \text{ kN/m} +$$

$$W_D = 10,96 \text{ kN/m}$$

2. Beban hidup tiap m

$$q \text{ hidup} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,60$$

$$W_L = 0,6 (1 \times 3 \times 1) = 1,8 \text{ kN/m}$$

B. Beban grafitasi pada balok pelat lantai

1. Beban mati tiap m

$$\text{Berat pelat} = 1 \times 3 \times 4,18 = 12,54 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat balok + konektor} = 0,45 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat dinding } \frac{1}{2} \text{ batu} = 8,75 \text{ kN/m} +$$

$$W_D = 21,74 \text{ kN/m}$$

2. Beban hidup tiap m

$$q \text{ hidup} = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$W_L = 0,6 (1 \times 3 \times 3) = 5,4 \text{ kN/m}$$

C. Beban horizontal akibat beban gempa

1. Berat bangunan (W_T)

a. Beban pelat atap (lantai - 7)

$$\text{Beban pelat atap} = 3,38 \times 9 \times 24 = 730,08 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (72 \times 0,42) + (36 \times 0,62) = 52,56 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = 4 \times 1,80 \times 3,5 = 25,20 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 (1 \times 9 \times 24) = 64,80 \text{ kN}$$

$$W_1 = 872,64 \text{ kN}$$

b. Beban pada pelat lantai (lantai 2 - 6)

$$\text{Beban pelat lantai} = 4,18 \times 9 \times 24 = 902,88 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (72 \times 0,53) + (36 \times 0,835) = 68,22 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = 4 \times 1,80 \times 3,5 = 25,20 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 (3 \times 9 \times 24) = 194,40 \text{ kN}$$

$$W_2 = 1190,70 \text{ kN}$$

c. Beban pada pelat lantai I

$$\text{Beban pelat lantai} = 4,18 \times 9 \times 24 = 902,88 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (72 \times 0,53) + (36 \times 0,835) = 68,22 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = 4 \times 1,80 \times 4 = 28,80 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 (300 \times 9 \times 24) = 194,4 \text{ kN}$$

$$W_3 = 1194,30 \text{ kN}$$

$$\text{Beban total (} W_T \text{)} = W_1 + 5.W_2 + W_3 = 8020,44 \text{ kN}$$



2. Gaya Geser Dasar

Waktu getar alami (T),

$$T = 0.085 \cdot H^{3/4} = 0.085 \cdot 25^{3/4} = 0.95 \text{ detik}$$

Koefisien gempa dasar (C),

Gedung berada pada wilayah gempa III, dengan kondisi tanah lunak , maka dari gambar 2.3 PPKGURG'87 diperoleh koefisien gempa dasar, $C = 0.07$

Faktor keutamaan gedung (I),

Gedung difungsikan untuk perkantoran , maka dari tabel 2.1 PPKGURG'87 diperoleh, $I = 1$

Faktor jenis struktur (K),

Jenis struktur gedung bersifat portal daktail dengan bahan bangunan dari baja dan beton sehingga dari tabel 2.2 PPKGURG'87 diperoleh $K = 1$

Gaya geser horisontal yang terjadi (V) = $C \cdot I \cdot K \cdot W_T$

$$V_x = V_y = 0.07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8020,44 = 561,43 \text{ kN}$$

3. Gaya Geser Tiap Tingkat

Cek : $H / B = 25 / 24 = 1,04 \leq 3$, maka gaya geser pertingkat ;

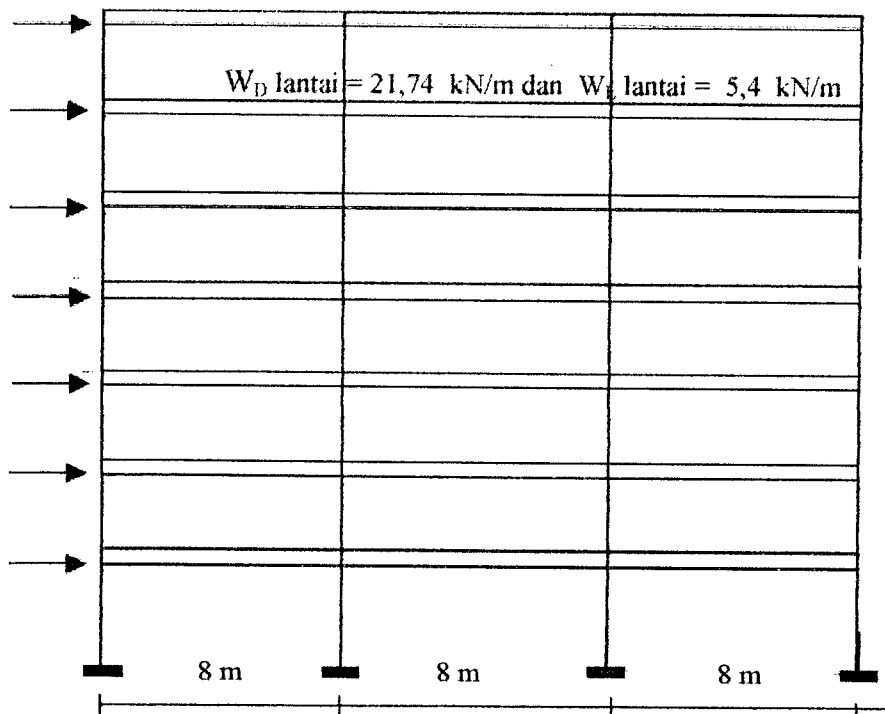
$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \times V$$

Selanjutnya perhitungan gaya geser tiap tingkat disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

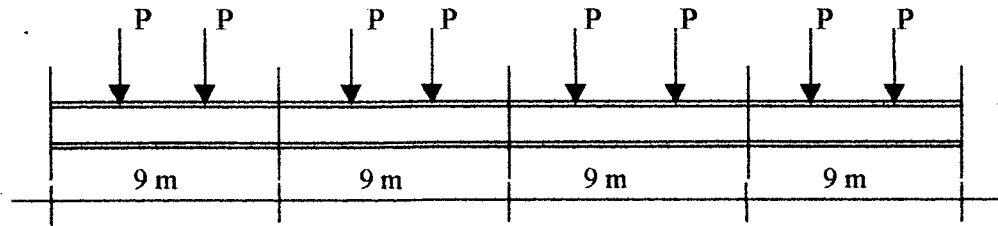
Tabel 4. Tabel gaya geser tiap tingkat portal melintang

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	$W_i \cdot h_i$ (kN-m)	F_i (kN)
7	25,0	872,64	21816	110
6	21,5	1190,7	25600	128
5	18,0	1190,7	21432,6	107
4	14,5	1190,7	17265,2	863
3	11,0	1190,7	13100	65
2	7,5	1190,7	8930,25	45
1	4,0	1194,3	4777,2	24
$\Sigma W_i h_i = 112921,25$				

$W_{D, \text{atap}} = 10,96 \text{ kN/m}$ dan $W_{I, \text{atap}} = 1,8 \text{ kN/m}$



3.4.2 Analisis Portal Arah membujur



A. Beban grafitasi pada balok pelat atap :

1. Beban mati (q)

$$\text{Berat balok dan konektor} = 0,62 \text{ kN/m}$$

2. Beban titik (P)

$$\text{Beban mati (} P_D \text{)} = \text{Berat balok anak} = 0,7775 \times 8 = 6,22 \text{ kN}$$

$$\text{Berat pelat atap} = 10,14 \times 8 = \underline{81,12 \text{ kN} +}$$

$$P_D = 87,34 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup (} P_L \text{)} = 0,6 (1 \times 3 \times 8) = 14,4 \text{ kN}$$

B. Beban grafitasi pada balok pelat lantai :

1. Beban mati (q_D)

$$\text{Berat balok dan konektor} = 0,835 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat tembok } \frac{1}{2} \text{ batu} = 2,5 \times 3,5 = \underline{8,75 \text{ kN/m} +}$$

$$W_D = 9,585 \text{ kN/m}$$

2. Beban titik (P)

$$\text{Beban mati (} P_D \text{)} = \text{Beban balok anak} = 0,95 \text{ kN}$$

$$\text{Beban pelat lantai} = \underline{12,54 \text{ kN} +}$$

$$P_D = 13,49 \text{ kN}$$

$$P_D = 13,49 \times 8 = 107,92 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup (} P_L \text{)} = 0,6 (3 \cdot 3 \cdot 8) = 43,2 \text{ kN}$$

C. Beban horizontal akibat gempa

1. Berat bangunan (W_T):

a. Beban pelat atap

$$\text{Beban pelat atap} = 3,38 \times 144 = 486,72 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (18 \times 0,62) + (56 \times 0,42) = 34,68 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = 3 \times 1,80 \times 3,5 = 18,90 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 (1 \times 144) = 43,20 \text{ kN} +$$

$$W_1 = 583,50 \text{ kN}$$

b. Beban lantai III sampai dengan VI :

$$\text{Beban pelat atap} = 4,18 \times 144 = 601,92 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (18 \times 0,835) + (56 \times 0,53) = 44,71 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = 3 \times 1,80 \times 3,5 = 18,90 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 (3 \times 144) = 129,60 \text{ kN} +$$

$$W_2 = 795,13 \text{ kN}$$

c. Beban lantai II

$$\text{Beban pelat atap} = (3,38 \times 144) + (4,18 \times 144) = 1088,64 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (18 \times 0,62) + (18 \times 0,53) + (48 \times 0,42) + (56 \times 0,53) = 70,54 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kolom} = (3 \times 1,80 \times 3,5) + (2 \times 0,74 \times 3,5) = 24,08 \text{ kN}$$

$$\text{Beban hidup} = 0,3 [(3 \times 144) + (3 \times 144)] = 129,6 \text{ kN} +$$

$$W_3 = 1312,86 \text{ kN}$$

d. Beban lantai I :

$$\text{Beban pelat atap} = 4,18 \times 288 = 1203,84 \text{ kN}$$

$$\text{Beban balok} = (36 \times 0,835) + (104 \times 0,53) = 85,18 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kolom} &= (3 \times 1,80 \times 4) + (2 \times 0,74 \times 4) &= 18,90 \text{ kN} \\
 \text{Beban hidup} &= 0,3 (3 \times 244) &= 129,60 \text{ kN} \\
 && \hline
 W_4 &= 1437,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat total (} W_T \text{)} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 6514,40 \text{ kN.}$$

2. Gaya geser gempa dasar (V) :

Berdasarkan hitungan di depan diperoleh nilai $C = 0.07$, $I = 1$, $K = 1$, maka gaya geser gempa dasar adalah :

$$\begin{aligned}
 V &= C.I.K.W_T = 0.07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6514,40 \text{ kN} \\
 &= 456,008 \text{ kN} = 456 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser gempa tiap tingkat

Cek ; $H / B = 25 / 36 = 0,7 \leq 3$, maka :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \times V$$

Gaya geser tiap tingkat selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Tabel gaya geser tiap tingkat portal membujur

Tingkat	h_i (m)	W_i (kN)	$W_i \cdot h_i$ (kN-m)	F_i (kN)
7	25,0	583,5	14587,5	81,25
6	21,5	795,13	17095,3	95,2
5	18,0	795,13	14312,3	80
4	14,5	795,13	11530	64
3	11,0	795,13	8746,4	48,7
2	7,5	131,2,86	9846,45	55
1	4,0	1437,52	5750	32
$\sum W_i \cdot h_i = 81868$				

3.5 Analisis Mekanika

Dalam menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada struktur akan digunakan program komputer yakni Structure Program Analysis 90 (SAP 90), dari program ini akan dihasilkan gaya aksial , gaya geser , dan momen lentur pada elemen struktur, dan sebagai beban desain yang digunakan dalam desain struktur balok , kolom , sambungan dan pelat dasar kolom , diperoleh dari kombinasi pembebanan maksimum, akibat beban mati , beban hidup dan beban gempa menggunakan kombinasi pembebanan yang diberikan oleh LRFD A4-1.

Program SAP 90 secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Input data struktur berdasarkan hasil pada analisis portal (BAB III.3.4). Input data ini terdiri dari block – block data yang sesuai dengan model struktur yang akan di analisis , untuk struktur rangka dua dimensi block data tersebut terdiri dari block data *Title line, System, Joint, Restraints, Frame, Loads, dan Combo*. Input ini disajikan pada lampiran 1
2. Setelah input data selesai kemudian di eksekusi dengan program SAP90 dan menghasilkan output berupa file dengan extention SAP, selanjutnya dijalankan dengan perintah **GO.EXE** dan menghasilkan file dengan extention ERR, SOL, F3F, EQN dan output file gambar dengan extention DXF .
3. File F3F, berisi gaya – gaya pada elemen struktur yakni gaya aksial, gaya geser dan momen lentur, sedangkan File.SOL berisi simpangan dan reaksi pada tiap joint.
4. Output File F3F dapat dilihat pada lampiran 2, dengan 6 kombinasi pembebanan.

BAB IV

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG

Analisis kapasitas tampang diperlukan untuk mengetahui kekuatan struktur dalam menahan beban-beban layanan yang bekerja baik oleh gaya internal maupun gaya eksternal. Pada konstruksi tanpa penopang (*Unshored Beam*), dimana dukungan sementara pada balok tidak digunakan dalam menahan beban konstruksi, spesifikasi LRFD I3-1 menyatakan bahwa penampang baja (*Steel Beam*) harus di desain untuk mendukung beban-beban pada tahap konstruksi yakni berat pelat dan berat balok dan beban hidup (orang dan peralatan konstruksi) sebelum beton mencapai kekuatannya ($0,75 f'c$)

Pada saat beton telah mencapai kekuatannya maka seluruh beban-beban layanan yang bekerja akan ditahan oleh penampang komposit, untuk itu LRFD menyarankan agar balok baja harus dicek terhadap beban konstruksi yang bekerja sebelum beton mencapai kekuatannya yakni 75% kuat desain.

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis kapasitas tampang pada balok dan kolom. Analisis kapasitas penampang dilakukan dengan mengambil sampel elemen struktur yang dibebani oleh gaya – gaya maksimum. Gaya – gaya ini diperoleh dari analisa mekanika dengan SAP90.

4.1. Analisis kapasitas Tampang Balok sebagai Balok Komposit.

Hasil analisa mekanika struktur dengan SAP90, File F3F (Lampiran 2) diperoleh momen-momen terfaktor maksimum berdasarkan kombinasi LRFD A4.1 untuk balok lantai arah membujur (No. elemen 31, lampiran 1) sebagai berikut : Momen pada daerah positif / lapangan : 314,05 kN-m

Momen pada daerah negatif / tumpuan : 790,39 kN-m

Properties balok baja dan pelat lantai :

Lebar efektif pelat (b_e) = 2250 mm

Tebal pelat (t_c) = 66 mm

Luas beton (A_c) : $t_c \times b_e = 66 \times 2250 = 148500 \text{ mm}^2$

Mutu beton , $f'_c = 35 \text{ Mpa}$

Mutu baja tulangan, $F_y = 500 \text{ Mpa}$

Profil W24x76 : $A_s = 14430 \text{ mm}^2$; $d = 607 \text{ mm}$ (Manual LRFD, Lampiran 2)

a.. Kapasitas momen pada daerah momen positif (ΦM_n^+)

Gaya tekan , $C = A_s \cdot F_y = (14430 \times 248) = 3578640 \text{ N}$ (menentukan)

$$= 0,85 f'_c A_c = 0,85 \times 35 \times 148500 = 4417875 \text{ N}$$

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_{ef}} = \frac{3578640}{0,85 \cdot 35 \cdot 2250} = 53,5 < t_c = 66 \text{ mm}$$

Gaya tekan, $C = P_y = A_s \cdot F_y$, maka garis netral plastis terletak pada pelat beton sehingga kuat momen nominal plastis dari penampang komposit berdasarkan distribusi tegangan plastis adalah : $M_n = P_y \cdot e$, dimana e merupakan jarak dari pusat berat balok (baja profil) ke pusat block tekan.

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot F_y \left(\frac{1}{2} d + t_{\text{slab}} - \frac{1}{2} a \right) \\
 &= 3578640 \left(\frac{1}{2} 607 + 120 - \frac{1}{2} 53,5 \right) 10^{-6} = 1419,82542 \text{ kN-m} \\
 (\Phi M_n^+) &= 0,85 (1419,82542) = 1206 \text{ kN-m} > M_u^+ = 314,05 \text{ kN-m (aman)}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas momen pada daerah negatif / tumpuan

$$\text{Luas tulangan tekan, } A_r = 424 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya tarik (T)} = A_r \cdot F_{yT} = [424 \cdot 500] \cdot 10^{-3} = 212 \text{ kN}$$

Mencari letak sumbu netral plastis , PNA

$$P_{yw} = (d - 2 t_f) \cdot t_w \cdot F_y = [607 - 2(17,32)] 11,18 \cdot 248 = 1586948,23 \text{ N}$$

$$P_{yf} = 0,5 (A_s \cdot F_y - P_{yw}) = 0,5 [3578640 - 1586948,23] = 995846 \text{ N}$$

$$P_y = P_{yw} + 2 \cdot P_{yf} = 1586948,23 + 2 (995846) = 3578640 \text{ N}$$

$$M_{pw} = 0,25 P_{yw} (d - 2 t_f) = 0,25 (1586948,23) [607 - 2(17,32)] 10^{-6} = 227,1 \text{ kN.m}$$

$$M_{pf} = P_{yf} (d - t_f) = 995846 (607 - 17,32) \cdot 10^{-6} = 587,2 \text{ kN.m}$$

$$M_p = M_{pw} + M_{pf} = 227,1 + 587,2 = 814,3 \text{ kN.m}$$

Gaya tarik (T) \leq P_{yw}, maka momen nominal (M_n) adalah :

$$M_n = M_p - \left(\frac{T}{P_{yw}} \right)^2 M_{pw} + T(e)$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 814,3 \cdot 10^6 - \left(\frac{212000}{1586948,23} \right)^2 227,1 \cdot 10^6 + 212000 \left(\frac{607}{2} + 120 - 30 \right) = 893669123,8 \\
 &= 893,67 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 0,85 (893,67) = 759,6 \text{ kN-m} < M_u^- = 790,39 \text{ kN-m (tidak aman)}$$

Profil W24x76 tidak aman pada daerah momen negatif sehingga profil diperbesar, di coba profil W24X84.

c. Kapasitas momen pada daerah positif / lapangan

$$C = A_s \cdot F_y = 15940 \times 248 = 3953,12 \text{ kN}$$

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_{ef}} = \frac{3953120}{0,85 \cdot 35 \cdot 2250} = 59 < t_c = 66 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \left(\frac{1}{2} d + t_{\text{slab}} - \frac{1}{2} a \right)$$

$$= 3953120 \left(\frac{1}{2} 612 + 120 - \frac{1}{2} 59 \right) \cdot 10^{-6} = 1567,4 \text{ kN-m}$$

$$\left(\Phi M_n \right) = 0,85 (1567,4) = 1332 \text{ kN-m} > M_u = 314,05 \text{ kN-m. (aman)}$$

d. Kapaitas momen pada daerah negatif / tumpuan

$$\text{Luas tulangan tekan, } A_r = 424 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gaya tarik (T)} = A_r \cdot F_{yr} = [424 \cdot 500] \cdot 10^{-3} = 212 \text{ kN}$$

Mencari letak sumbu netral plastis , PNA

$$P_{yw} = (d - 2 t_f) \cdot t_w \cdot F_y = [24,7 - 2(0,77)] 0,47 \cdot 36 = 392 \text{ kip} = 1743,6 \text{ kN}$$

$$P_{yf} = 0,5 (A_s \cdot F_y - P_{yw}) = 0,5 [893 - 392] = 250,5 \text{ kip}$$

$$P_y = P_{yw} + 2 \cdot P_{yf} = 392 + 2 \cdot (250,5) = 893 \text{ kip}$$

$$M_{pw} = 0,25 \cdot P_{yw} (d - 2 \cdot t_f) = 0,25 \cdot 392 [24,7 - 2 \cdot (0,77)] = 2279 \text{ kip-in.}$$

$$M_{pf} = P_{yf} (d - t_f) = 250,5 (24,7 - 0,77) = 5594,4 \text{ kip-in.}$$

$$M_p = M_{pw} + M_{pf} = 2279 + 5594,4 = 8264 \text{ kip-in}$$

Gaya tarik (T) \leq P_{yw}, maka momen nominal (M_n) adalah :

$$M_n = M_p - \left(\frac{T}{P_{yw}} \right)^2 M_{pw} + T(e)$$

$$M_n = 8264 - \left(\frac{47,6}{392} \right)^2 2279 + 47,6 \left(\frac{24,7}{2} + 4,7 - 1,18 \right) = 8790 \text{ kip-in}$$

$$= 993,27 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_n = 0,85 \cdot (993,27) = 844 \text{ kN-m} > M_{u1} = 790,39 \text{ kN-m (aman)}$$

e. Kontrol konektor geser pada daerah momen positif

$V_h = 3953 \text{ kN}$, Untuk satu konektor geser, kuat nominal geser stud $\frac{3}{4} \text{ in}$, $Q_n = 105 \text{ kN/stud}$, maka jumlah stud yang diperlukan pada daerah momen positif adalah : $n = V_h / Q_n = 3953,12 / 105 = 37,6 \text{ buah} \approx 38 \text{ buah (19 pasang)}$

Jarak stud arah memanjang : $L / 2 (n) = 8000 / 76 = 105 \text{ mm}$

Jarak tiap pasang stud adalah 75 mm

Selanjutnya untuk perhitungan balok-balok yang lainnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Redesain Balok komposit

Balok		Profil $F_y = 248 \text{ Mpa}$	Momen terfaktor (kN-m)		Kapasitas momen (kN-m)	
Portal	Balok		Momen positif	Momen negatif	Momen positif	Momen negatif
Melintang	B.I. Atap	W18x40	52,47	156,98	546	301
	B.I. Lantai	W24x55	252,03	510	905	530
Membujur	B.I. Atap	W24x55	184,67	381,23	906	514
	B.I. Lantai	W24x84	314,04	790,39	1332	844
Melintang	B.A. Atap	W14x22	145	-	244	-
	B.A. Lantai	W14x26	252	-	291	-

Keterangan : B.I. = Balok Induk

B.A = Balok anak

4.2 Analisis Kapasitas Tampang Balok sebagai Baja Murni (non-composit)

Kuat desain balok (*Design Strength of Beam*) menurut LRFD berdasarkan analisis plastis untuk penampang kompak ($C_b = 1,0$), LRFD Apendiks F1 dinyatakan sebagai $\Phi_b M_n = \Phi_b M_p$ yang tergantung pada panjang batang yang tak berpenopang (*Unbraced length*), L_b

$$\text{Jika } L_b \leq L_p \quad \Phi_b M_n = \Phi_b M_p = 0,9 (Z_x \cdot F_y) / 12 , \text{ kip-ft}$$

$$\text{Jika } L_p < L_b < L_r \quad \Phi_b M_n = \Phi_b M_p - \Phi_b (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \leq \Phi_b M_p , \text{ kip-ft}$$

$$\text{Jika } L_b > L_r : \Phi_b M_n = \Phi_b M_{cr} = \Phi_b \left[\frac{S_x \cdot X_1 \sqrt{2}}{\left(\frac{L_b}{r_y} \right)} \right] \sqrt{1 + \frac{X_1^2 \cdot X_2}{2 \left(\frac{L_b}{r_y} \right)}} \leq \Phi_b M_r , \text{ kip-ft}$$

Sebagai sampel elemen struktur yang akan dianalisa kapasitas tampangnya diambil balok lantai arah membujur, dengan langkah – langkah perhitungannya sebagai berikut :

Pembebanan

$$\text{Beban mati (} W_D \text{) : berat pelat beton} = 2,78 \times 3 = 8,34 \text{ kN/m}$$

$$\text{berat balok + conector} = 1,25 \text{ kN/m}$$

$$W_D = 9,59 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup (} W_L \text{) : } 1 \times 3 = 3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Momen akibat beban mati (} M_D \text{)} = 0,125 (9,59) \cdot 9^2 = 97 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen akibat beban hidup (} M_L \text{)} = 0,125 (3) \cdot 9^2 = 30,375 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen terfaktor} = 1,4 M_D = 1,4 (97) = 135,8 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen terfaktor} = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 (97) + 1,6 (30,375) = 165 \text{ kN.m}$$

Pelat lantai dianggap terikat / bersatu dengan sayap tekan baja profil melalui konektor geser dan steel deck, sehingga panjang balok tak berpenopang, $L_b = 0$, maka kuat momen nominal balok baja adalah :

$$\Phi_b M_n = \Phi_b M_p = 0,9 (224) 36 = 7257,6 \text{ kip-in} = 820 \text{ kN-m} > M_U = 165 \text{ kN-m}$$

Kapasitas momen balok W24x84 sangat memadai untuk menahan pembebanan yang terjadi sebelum beton mencapai kekuatannya. Selanjutnya untuk kontrol balok sebagai baja murni disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 7. Kapasitas balok sebagai baja murni

Balok	Profil	Momen terfaktor KN-m	Kapasitas momen kN-m
Balok Anak Atap	W14X22	97	121,5
Balok Anak. Lantai	W14X26	97,6	291,5
B.I. Atap melintang	W18X40	100,3	287,5
B.I. Lantai melintang	W24X55	103	491
B.I. Atap membujur	W24X55	125	489
B.I. Lantai membujur	W24X84	165	820

4.3 Analisis kapasitas Tampang Kolom Komposit

LRFD C-14, menyatakan untuk elemen struktur yang menerima kombinasi gaya aksial dan momen lentur (balok – kolom) harus dikontrol dengan persamaan interaksi aksial – momen. Kuat momen nominal ΦM_n , diperoleh dengan formula C-14.1 (Bab II.6), sedangkan untuk kuat tekan nominal kolom diperoleh berdasarkan kuat tekan kolom komposit

a. Kontrol kapasitas kolom encased.

Kolom dianggap sebagai struktur balok – kolom komposit , sehingga harus di kontrol terhadap interaksi gaya aksial dan lentur. Hasil analisa mekanika dengan SAP90 File.F3F (Lampiran 2) diketahui gaya – gaya yang bekerja pada kolom tengah (No. elemen 10) sebagai berikut :

$$\text{Gaya axial } (P_u) = 3243,69 \text{ kN}$$

$$\text{Momen ujung } (M_1) = 616,94 \text{ kN-m}$$

$$\text{Momen ujung } (M_2) = 230,08 \text{ kN-m}$$

Data-data kolom komposit W14 x 120 encased 24"x 24" dengan $f'_c = 5$ Ksi (35 Mpa), $F_y = 36$ Ksi (248 Mpa) dapat dilihat selengkapnya pada lampiran 3.

$$A_r = 4 (819) = 3276 \text{ mm}^2 \quad : \text{ luas tulangan longitudinal (4 \#10).}$$

$$A_s = 35,3 \text{ in}^2 = 22774,15 \text{ mm}^2 \quad : \text{ luas baja profil W14x120.}$$

$$A_g = 24 \times 24 = 576 \text{ in}^2 = 371612 \text{ mm}^2 \quad : \text{ luas penampang komposit.}$$

$$A_c = A_g - (A_r + A_s) = 371612 - (3276 + 22774,15) = 345562 \text{ mm}^2 : \text{ luas beton.}$$

1. Tinjauan sebagai kolom komposit :

$$\text{Kolom Encased : } c_1 = 0,7 ; c_2 = 0,6 ; c_3 = 0,2$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 27805 \text{ Mpa} ; F_{yr} = 380 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} F_{my} &= F_y + \frac{c_1 \cdot F_{yr} \cdot A_r}{A_s} + \frac{c_2 \cdot f'_c \cdot A_c}{A_s} \\ &= 248 + \frac{0,7 \cdot 380 \cdot 3276}{22774,15} + \frac{0,6 \cdot 35 \cdot 345562}{22774,15} = 600 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$E_m = E + \frac{c_3 \cdot E_c \cdot A_c}{A_s}$$

$$= 200000 + \frac{0,2 \cdot 27805 \cdot 345562}{22774,15} = 284380 \text{ Mpa}$$

$$r_{my} = r_y \text{ profil} = 3,74 \text{ in}$$

$$= 0,36 b = 7,20 \text{ in (menentukan)}$$

$$\lambda_{cr} = \frac{KL}{r_{my}\pi} \sqrt{\frac{F_{my}}{E_m}}$$

$$= \frac{1,5 \cdot (4)}{0,18 \cdot \pi} \sqrt{\frac{600}{284380}} = 0,48 < 1,5$$

$$F_{cr} = 0,658^{\lambda_{cr}^2} \cdot F_{my} = 0,658^{0,48^2} \cdot 600 = 545 \text{ Mpa.}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \cdot A_g \cdot F_{cr} = 0,85 \cdot (22774,15) \cdot (545) \cdot 10^{-3} = 10549 \text{ kN}$$

2. Tinjauan sebagai balok komposit.

$$M_{nc} = Z_x \cdot F_y + \frac{1}{3} (h - 2c_r) A_r \cdot F_y \left[\frac{h}{2} - \frac{A_w \cdot F_y}{1,7 \cdot f'c \cdot b} \right] A_w \cdot F_y$$

$$A_r = 4 (1,27) = 5,08 \text{ in}^2$$

$$A_w \cdot F_y = (14,48 \cdot 0,59) 36 = 307,55 \text{ kip}$$

$$1,7 f'c b = 1,7 \cdot 5 \cdot 24 = 204 \text{ kip/in}$$

$$c_r = 1,5 + 0,375 + \frac{1}{2} 1,27 = 1,975 \text{ in}$$

$$Z_x = 212 \text{ in}^3, F_y = 36 \text{ ksi}$$

$$= 212 \cdot 36 + \frac{1}{3} [24 - 2 \cdot (1,975)] 5,08 \cdot 55 \left[\frac{28,27}{2} - \frac{307,55}{204} \right] 307,55$$

$$= 13054 \text{ k-in} = 1475 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_{nc} = 0,85 (1475) = 1254 \text{ kN-m} > M_{U \max} = 616,94 \text{ kN-m. (aman)}$$

Selanjutnya dikontrol terhadap persyaratan interaksi untuk struktur balok kolom sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{3243,69}{10549} = 0,3075 > 0,3 \text{ , maka kuat momen nominal balok}$$

kolom komposit $\phi_b M_n = 0,85 M_{nc}$

Cek adanya factor pembesaran momen terhadap momen ultimit (M_U) :

$$C_m = 0,6 - 0,4 (230,08 / 616,94) = 0,45$$

$$P_{ex} = \frac{A_s \cdot F_{my}}{\lambda_c^2} = \frac{22774,15 \cdot 600}{0,48^2} = 59307682 \text{ N}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_U}{P_{ex}}} = \frac{0,45}{1 - \frac{3243,69 \cdot 10^3}{59307682}} = 0,45 \leq 1,0 \text{ , maka } B_1 = 1$$

$$\begin{aligned} M_U &= B_1 (M_{nt}) + B_2 (M_{lt}) \\ &= 1 (616,94) + 0 \\ &= 616,94 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Cek terhadap interaksi aksial momen dengan rumus LRFD H1-1b (Pers 2.31):

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_U}{\phi_b M_n} \right) &\leq 1,0 \\ \frac{3242,69}{10549} + \frac{8}{9} \left(\frac{616,94}{1254} \right) &= 0,75 \leq 1,0 \end{aligned}$$

Keterangan : Profil W14x120 encased 24"x 24" aman terhadap interaksi gaya aksial dan momen lentur.

b. Kontrol kapasitas kolom silinder (*concrete filled*).

Dari hasil analisa mekanika dengan SAP90 diketahui gaya – gaya yang bekerja pada kolom silinder (No. elemen 1, lampiran 2) sebagai berikut :

$$\text{Gaya axial (} P_u \text{)} = 329,85 \text{ kN}$$

$$\text{Momen ujung (} M_1 \text{)} = 88,89 \text{ kN-m}$$

$$\text{Momen ujung (} M_2 \text{)} = 111,42 \text{ kN-m}$$

b.1). Tinjauan sebagai kolom

Properties kolom komposit PS 12 - 0,5 (selengkapnya pada Lampiran 3):

$$A_s = 19,2 \text{ In}^2 \quad : \text{ Luas baja}$$

$$A_c = \frac{1}{4} \pi D^2 - A_s = \frac{1}{4} 3,14 12^2 - 19,2 = 93,84 \text{ in}^2 \quad : \text{ luas beton.}$$

$$A_g = A_c + A_s = 19,2 + 93,84 = 113,04 \text{ in}^2 \quad : \text{ Luas komposit}$$

Koefisien “c” kolom komposit concrete filled : $c_1 = 1,0$; $c_2 = 0,85$; $c_3 = 0,4$

$$\begin{aligned} F_{my} &= F_y + \frac{c_2 \cdot F'c \cdot A_c}{A_s} \\ &= 36 + \frac{0,85 \cdot 5 \cdot 93,84}{19,2} = 56,77 \text{ ksi} = 390 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E + \frac{c_3 \cdot E_c \cdot A_c}{A_s} \\ &= 29000 + \frac{0,2 \cdot 3904 \cdot 93,84}{19,2} = 36632 \text{ ksi} = 252578 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$r_{my} = r_y \text{ profil} = 4,33 \text{ in} = 110 \text{ mm}$$

$$\lambda_{CY} = \frac{KL}{r_{my} \pi} \sqrt{\frac{F_{my}}{E_m}}$$

$$= \frac{1,3 \cdot (4000)}{110 \cdot \pi} \sqrt{\frac{390}{252578}} = 0,59 < 1,5$$

$$F_{cr} = 0,658^{\lambda_c^2} \cdot F_{my} = 0,658^{0,59^2} \cdot 390 = 337 \text{ Mpa}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \cdot A_s \cdot F_{cr} = 0,85 \cdot 12387 (337) 10^{-3} = 3548 \text{ kN}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{329,85}{3548} = 0,1 < 0,2$$

b.2). Tinjauan sebagai balok komposit.

Dari LRFD C-I4.1 untuk balok – kolom komposit “concrete filled” kuat momen nominalnya sama dengan kuat momen nominal plastis maka

$$\begin{aligned} \phi_b M_n &= \phi_b M_p = 0,85 (Z_x \cdot F_y) / 12, \text{ kip-ft} \\ &= 0,85 (75,1 \cdot 36) / 12 \\ &= 191,5 \text{ kip-ft} = 260 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Cek adanya factor pembesaran momen terhadap M_U :

$$C_m = 0,6 - 0,4 (88,89 / 111,42) = 0,4$$

$$P_{ex} = \frac{A_s \cdot F_{my}}{\lambda_c^2} = \frac{19,2 \cdot 56,77}{0,59^2} = 3131,24 \text{ kip}$$

$$B_1 = 0,4 / [1 - (329,85 / 3131,24)] = 0,44 < 1, \text{ maka } B_1 = 1$$

$$\begin{aligned} M_u &= B_1 (M_{nt}) + B_2 (M_{lt}) \\ &= 1 (111,42) + 0 = 111,42 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

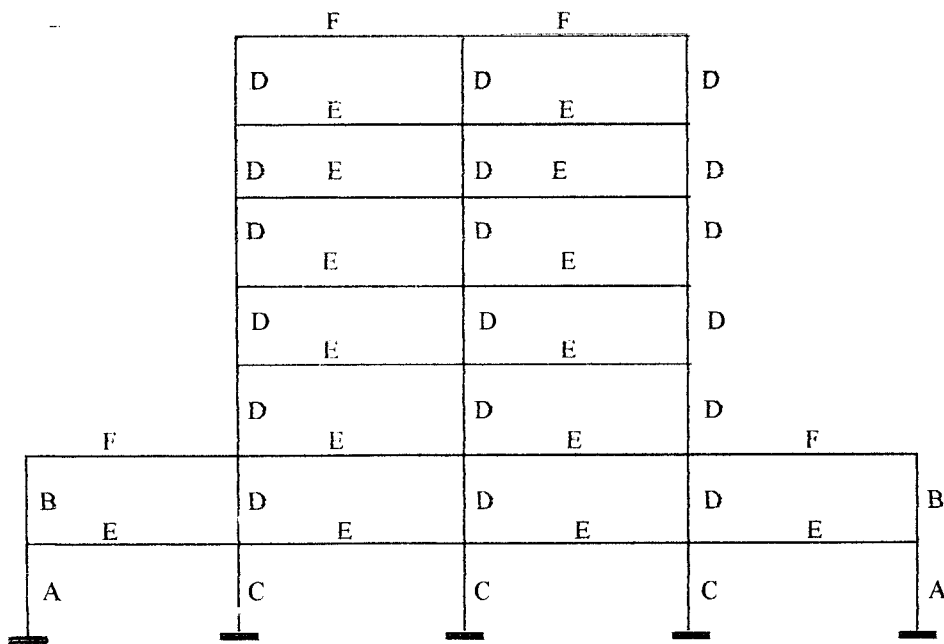
Cek terhadap interaksi aksial momen dengan rumus (LRFD HI-1b) :

$$\frac{P_U}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_U}{\phi M_{max}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{329,85}{2(3548)} + \left(\frac{111,42}{260} \right) = 0,5 \leq 1,0$$

Keterangan : Profil PS 12 – 0,50 “concrete filled” dapat digunakan sebagai kolom.

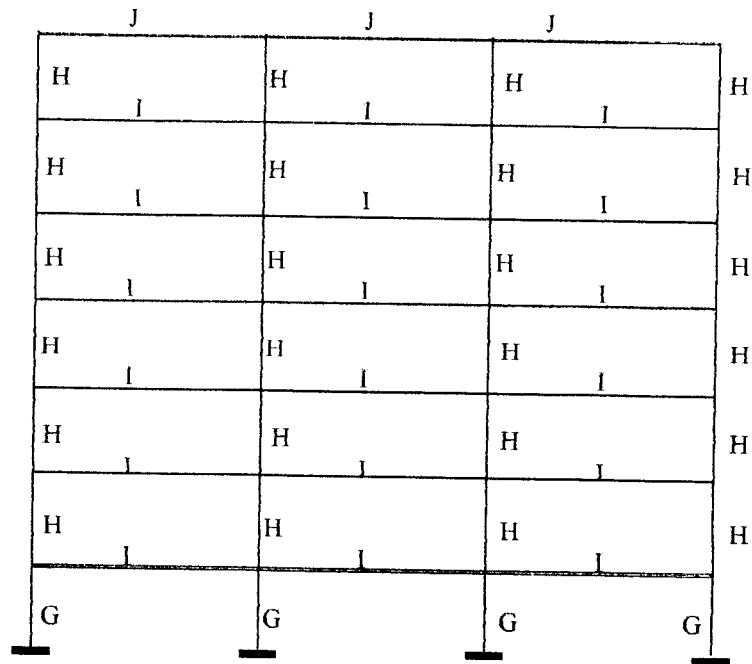
Perencanaan profil dan dimensi model struktur pada gambar 3.1 secara keseluruhan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar berikut ini.



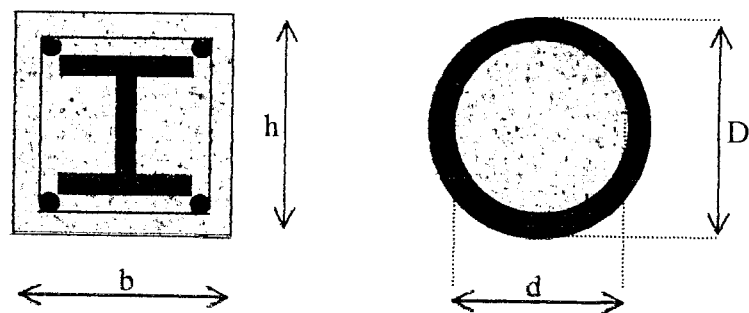
Gambar 4.1 Portal membujur

Tabel 8. Portal arah membujur

No	Elemen	Panjang (mm)	Dimensi (mm)	Profil	Keterangan
1	A	4000	d = 305 D=317,5	PS 12-0,5	Kolom Silinder (Concrete Filled) Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa
2	B	3500	d = 305 D =317,5	PS 12-0,5	Kolom Silinder (Concrete Filled) Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa
3	C	4000	b = 610 h = 610	W14x120	Kolom Encased Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Mutu baja tulangan $F_{yr} = 248$ Mpa Tulangan memanjang , no.10 (ASTM) Senggang pengikat , no. 3 (ASTM)
4	D	3500	b = 610 h = 610	W14x120	Kolom Encased Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Mutu baja tulangan $F_{yr} = 248$ Mpa Tulangan memanjang , no.10 (ASTM) Senggang pengikat , no. 3 (ASTM)
5	E	9000	$b_x = 2250$ h = 610 $t_s = 120$	W24x84	Balok Lantai Mutu beton $f'c = 35$ Mpa Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Stud : $76 - \frac{3}{4}$ " x 3,5 " Jarak stud arah memanjang , $S = 200$ mm Jarak setiap pasang stud , 75 mm
6	F	9000	$b_c = 2250$ h = 610 $t_s = 120$	W24x55	Balok Atap Mutu beton $f'c = 35$ Mpa Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Stud : $50 - \frac{3}{4}$ " x 3,5 " ; $S = 200$ mm Jarak setiap pasang stud , 75 mm



Gambar 4.2 Portal melintang



(a) Kolom encased (b) Kolom silinder (concrete filled)

Gambar 4.3 Penampang kolom komposit

Tabel 9. Portal arah melintang

No	Elemen	Panjang (m)	Dimensi (mm)	Profil	Keterangan
7	G	4	b = 610 h = 610	W14x120	Kolom Encased Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Mutu baja tulangan $F_{yr} = 248$ Mpa Tulangan memanjang , no.10 (ASTM) Sengkang pengikat , no. 3 (ASTM)
4	H	3,5	b = 610 h = 610	W14x120	Kolom Encased Mutu beton $f'c = 35$ Mpa : Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Mutu baja tulangan $F_{yr} = 248$ Mpa Tulangan memanjang , no.10 (ASTM) Sengkang pengikat , no. 3 (ASTM)
5	I	8	$b_e = 2000$ h = 610 $t_s = 120$	W24x55	Balok Lantai Mutu beton $f'c = 35$ Mpa Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Stud : $76 - \frac{3}{4}$ " x 3,5 " Jarak stud arah memanjang , $S = 200$ mm Jarak setiap pasang stud , 75 mm
6	J	9	$b_e = 2000$ h = 610 $t_s = 120$	W18x40	Balok Atap Mutu beton $f'c = 35$ Mpa Mutu baja $F_y = 248$ Mpa Stud : $50 - \frac{3}{4}$ " x 3,5 " ; $S = 200$ mm Jarak setiap pasang stud , 75 mm

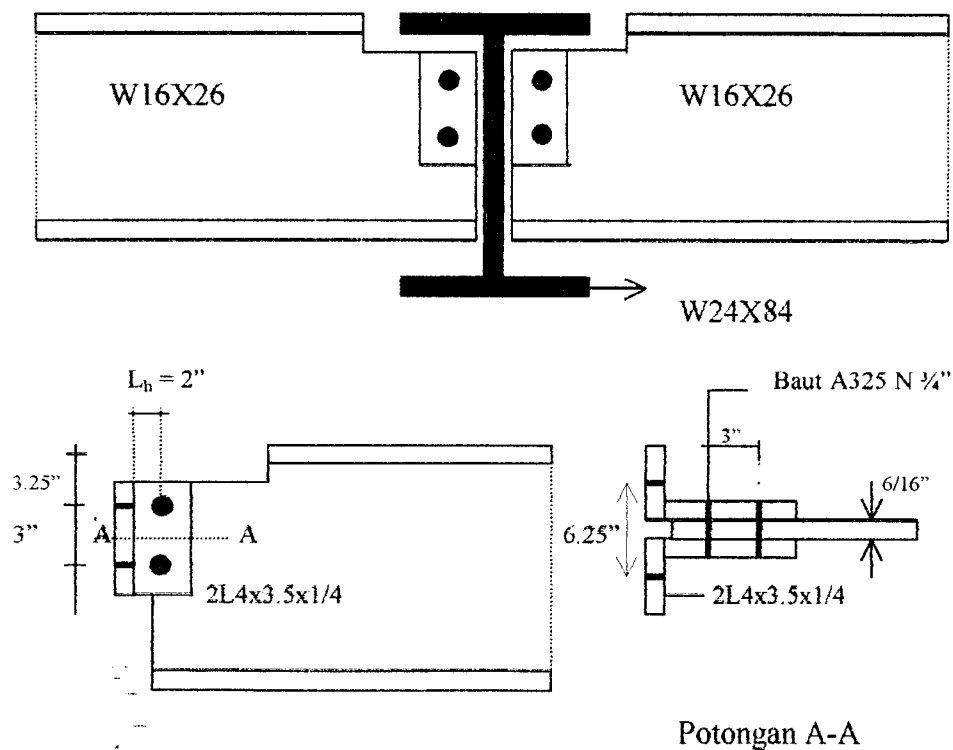
Keterangan :

- b = Lebar
- b_e = Lebar efektif pelat
- d = Diameter inside
- D = Diameter nominal
- H = Tinggi
- t_s = Tebal pelat
- S = Jarak stud

4.4. Analisis Sambungan dan Pelat Dasar Kolom

4.4.1. Sambungan balok dengan balok

Dalam tugas akhir ini untuk desain sambungan akan diambil sebagai contoh perhitungan adalah desain sambungan antara balok anak dengan balok induk pada balok lantai. Sambungan direncanakan menggunakan baut sebagai alat sambung seperti pada gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4 Sambungan balok induk dengan balok anak

Material yang akan digunakan dalam sambungan ini adalah : Baut A36 ($F_y = 36$ Ksi , $F_u = 58$ Ksi) , jenis A325 N diameter 3/4 inch. Pelat sambung menggunakan profil 2L 4X3.5X 1/4 , dengan mutu baja $F_y = 36$.

- a. Menghitung gaya geser terfaktor yang terjadi pada ujung balok anak (V_u).

$$\text{Beban mati (} W_D \text{)} = 13,83 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup (} W_L \text{)} = 9 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban terfaktor (} W_U \text{)} = 1.2 W_D + 1.6 W_L = 31 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot W_U \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 31 \cdot 8 = 124 \text{ kN} = 28 \text{ kip}$$

- b. Kontrol kapasitas baut (P_{vu})

Kapasitas baut akan diperoleh dengan menggunakan tabel yang tersedia dalam Manual LRFD “ Framed Beam Connection “, dimana untuk diameter baut $\frac{3}{4}$ ” sebanyak 2 buah dengan tebal pelat sambung $\frac{1}{4}$ ” diperoleh kapasitas baut, $P_{vu} = 50.6 \text{ kip} > V_u = 28 \text{ kip}$.

- c. Kontrol letak baut dan pelat sambungnya.

Jarak antara baut dengan baut

LRFD J3.9 (Lampiran 3), membatasi jarak antar baut adalah $2.66 \times$ diameter baut., maka $S_{\min} = 2,66 \times (\frac{3}{4}) = 2 \text{ inch} \leq 3 \text{ inch}$

Jarak baut ke ujung pelat

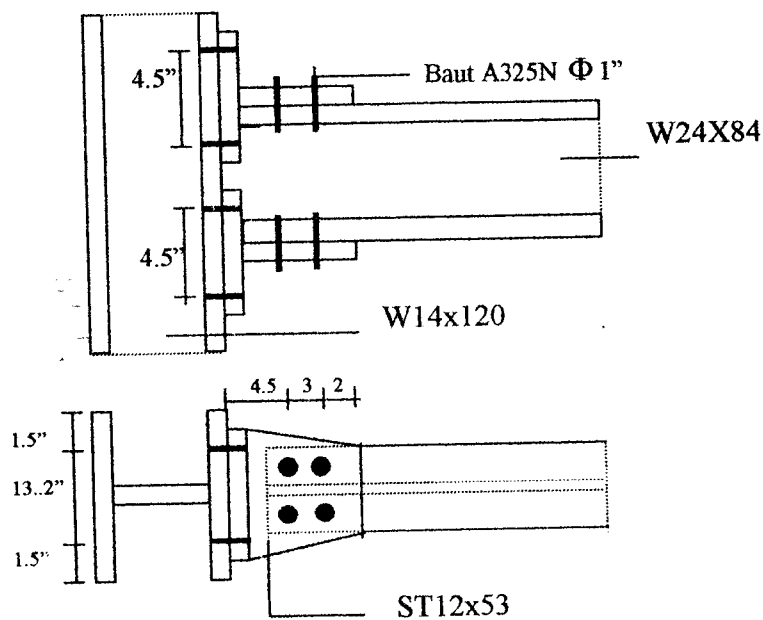
Tabel I-F Manual LRFD (Lampiran 3) dengan $L_v = 1.25 \text{ in}$, $F_u = 58 \text{ Ksi}$ diperoleh koefisien 78.3 , maka kapasitas nominal baut $78,3 \times 2 \times 0.355 = 55.6 \text{ kip} > 28 \text{ kip}$, maka jarak “ coped “ $L_v = 1.25 \text{ inch}$ memadai.

Tabel I-G.1 Manual LRFD (Lampiran 3) dengan $F_y = 36 \text{ Ksi}$, $w_e = 1.25$ “ dan $L_h = 2$ ” diperoleh koefisien $C_1 = 107$ dan $C_2 = 37.5$, maka kapasitas block geser pada badan (R_{bs}) = $(C_1 + C_2) t_w = (107 + 37.5) 0.355 = 51.3 \text{ kip}$.

Dari tabel I-G.2 (Lampiran 3) diperoleh $C_1 = 86.2$ dan $C_2 = 46.5$, maka kapasitas block gesernya sama dengan 47.1 kip , dari kedua tabel I-G ini diambil yang terbesar yakni $51.3 \text{ kip} > V_u = 28 \text{ kip}$.

Dari hasil kontrol diatas maka tampang sambungan pada gambar 4.4 di atas cukup memadai untuk sambungan balok anak dengan balok induk .

4.4.2. Sambungan balok dengan kolom



Gambar 4.5 Sambungan balok induk dengan kolom

Pada sambungan balok dengan kolom ini, alat sambung direncanakan untuk menahan momen dan reaksi yang terjadi pada ujung balok. Reaksi dan momen ini diperoleh dari hasil analisa mekanika dengan SAP 90 File.F3F (Lampiran 2).

Reaksi dan momen yang terjadi adalah sebagai berikut : reaksi ujung balok maksimum (V_u) = 293 kN (66 kip), sedangkan momen pada ujung balok induk maksimum (M_u) = 790,39 kN.m (583 kip-ft).

Properties balok dan kolom sebagai berikut :

Balok induk W24x84 : $d = 24.26$ in ; $t_f = 0.85$ in ; $b_f = 12.8$ in ; $t_w = 0.55$ in

Kolom W14x120 : $d = 14.48$ in ; $t_f = 0.94$ in ; $b_f = 14.67$ in ; $t_w = 2.59$ in

Sambungan direncanakan menggunakan baut A325, diameter 1 inch dengan profil ST 12X53 ($t_f = 1.09$ in , $b_f = 7.87$ in , $t_w = 0.62$ in) sebagai pelat sambung.

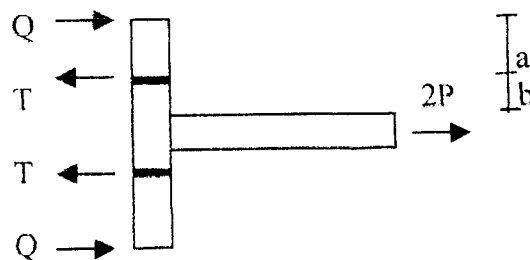
$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baut (} P_{vu} \text{)} &= \Phi \cdot f_{vu} \cdot A_{baut} \\ &= 0.75 \times 0.60 \times 0.785 = 35.325 \text{ kip.} \end{aligned}$$

$$\text{Gay tarik pada sayap balok (} T \text{)} = \frac{12 \cdot M_u}{d} = \frac{12 \cdot 583}{24.26} = 288,4 \text{ kip}$$

$$\text{Jumlah baut perlu (} n \text{)} = \frac{T}{P_{vu}} = \frac{288,4}{35.325} = 8, \text{ digunakan 10 baut, dengan kapasitas}$$

$$1 \text{ baut} = 288,4 / 10 = 28,84 \text{ kip/baut.}$$

Kontrol penggunaan pelat sambung ST12x53



T = Gaya tarik oleh baut , kip

Q = Gaya tekan pada sayap pelat akibat adanya gaya tarik baut, kip

$$\begin{aligned} \text{Asumsi } Q / P &= 0.5 \text{ , maka gaya tarik yang perlu ditahan oleh baut } T = P + Q \\ &= 28,84 + \frac{1}{2} (28,84) = 43,26 \text{ kip} \end{aligned}$$

Spasi baut (g) = 4.5", $w = (13.2 + 2 \cdot 1.5) / 2 = 8.1$ ", maka :

$$a = (b_f - g) / 2 = (7.87 - 4.5) / 2 = 1.69" < 2 t_f = 2.18"$$

$$b = (g - t_w) / 2 - 1/16 = (4.5 - 0.62) / 2 - 1/16 = 1.88"$$

$$\frac{Q}{P} = \frac{100bd^2 - 18wt^2}{70ad^2 + 21wt^2} = \frac{100 \cdot 1.88 \cdot 1^2 - 18 \cdot 8.1 \cdot 1.09^2}{10 \cdot 1.69 \cdot 1^2 + 21 \cdot 8.1 \cdot 1.09^2} = 0.046 \neq 0.5, \text{ maka asumsi}$$

awal salah, selanjutnya dicari Q aktual = $0.046 (28,84) = 1.33$ kip.

$$T = P + Q = 28,84 + 1.33 = 30,17 \text{ kip} < \Phi F_t A_b = 0.75 \times 90 \times 0.785 = 53 \text{ kip}$$

Kontrol momen pada sayap

$$M = Q \cdot a = 1.33 \times 1.69 = 2.25 \text{ kip-inch (pada baut)}$$

$$M = Q (a + b) - T \cdot b = 1.33 (1.69 + 1.88) - 30,17 \cdot 1.88 = 51,97 \text{ k-in}$$

$$\Phi M_n = 0.9 \frac{wt^2}{4} F_y = 0.9 \times \frac{8,1 \times 1.09^2}{4} \times 36 = 78 \text{ k-in} > M = 51,97 \text{ k-in}$$

Kontrol geser

$$V_u = 66 \text{ kip}; \text{ Kapasitas geser baut (} P_{vu} \text{)} = V_u / n = 66 / 10 = 6,6 \text{ kip}$$

$$\text{Tegangan geser (} f_v \text{)} = \frac{P_{vu}}{A_{ham}} = \frac{6,6}{0.785} = 8,4 \text{ kip}$$

Kontrol kombinasi geser dan tarik (F_t),

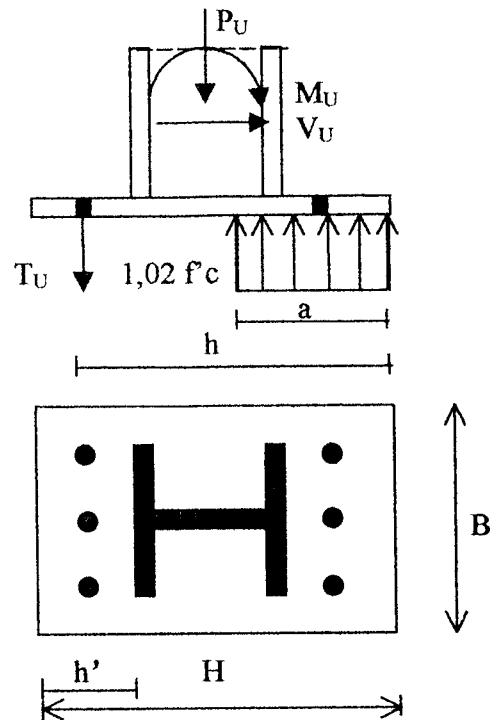
Kombinasi tarik dan geser di jelaskan oleh *Gaylord, Jr* pada tabel 8-2, *Steel*

Structure, 1992 dengan rumus $F_t = 117 - 1.5 f_v \leq 90$

$$F_t = 117 - 1.5 (8,4) = 104,4$$

$$\Phi F_t = 0,75(104,4) = 78,3 \leq 90$$

4.4.3 Desain pelat dasar kolom



Gambar 4.6 Pelat dasar kolom

Pelat dasar kolom didesain berdasarkan gaya-gaya dan reaksi yang terjadi pada dasar kolom. Hasil analisis mekanika dengan SAP90 (File*.Sol, Reaction and Applied Force, Lampiran 2) diperoleh gaya dan reaksi pada kolom tengah (No. joint 3) sebagai berikut :

Gaya-aksial (P_U) = 3243,7 kN = 730 kip

Momen pada dasar kolom (M_U) = 616,94 kN.m = 5461 kip.in

Gaya geser (V_U) = 211,75 kN = 48 kip

a. Perhitungan dimensi pelat

Pelat dasar direncanakan dengan menggunakan pelat baja dengan mutu baja, $F_y = 36$ Ksi yang ditumpu pada beton dengan mutu $f'_c = 3,5$ Ksi, dan sebagai alat sambung digunakan baut A325N diameter 1 in.

Jarak baut ke ujung pelat (w_e) = 1,75" (tabel J3.7 Manual LRFD, Lampiran 3)

Jarak tepi pelat ke sayap kolom (h') = $2 w_e = 2 (1,75) = 3,5$ in

Panjang pelat (H) > $d + 2 h' = 14,48" + 2 (3,5) = 21,48$ in

Digunakan $H = 22$ in dan $B = 22$ in

Cek eksentrisitas (e) = $M_U / P_U = 5461 / 730 = 7,5$ IN > $H / 6 = 3,7$ in, maka

gaya tarik (T_U) akan ditahan oleh baut.

$$h' \approx (2 \cdot w_e) = 2 \cdot (1,75) = 3,5 \text{ in}$$

$$h = H - w_e = 22 - 1,75 = 20,25 \text{ in}$$

$$h' = (H - d) / 2 = (22 - 14,48) / 2 = 3,76 \text{ in}$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_U (2h - H) + 2M_U}{1,02 f'_c B}} = 20,25 - \sqrt{20,25^2 - \frac{730(2 \cdot 20,25 - 22) + 2 \cdot 5461}{1,02 \cdot 3,5 \cdot 22}} = 10,3$$

$$T_u = 1,02 \cdot f'_c \cdot B \cdot a - P_u$$

$$= 1,02 \cdot 3,5 \cdot 22 \cdot 10,3 - 730 = 79 \text{ kip}$$

$$\text{Kuat nominal baut perlu } (\Phi R_n) = \frac{2T_u + C_v \cdot V_u}{n}, \text{ dimana}$$

n = jumlah baut yang digunakan

C_v = koefisien geser, 1.25 (pelat berada diatas beton, Smith, 1996)

V_u = gaya geser terfactor, kip

T_u = gaya tarik yang terjadi pada pelat dasar, kip

$$\Phi R_n = \frac{2.T_U + 1,25.V_U}{n} = \frac{2.(79) + 1,25(48)}{6} = 36,3 \text{ kip/baut}$$

Kuat nominal untuk 1 baut ($\Phi R_n = \Phi 0,75 F_U (A_{baut})$)

$$\Phi R_n = 0,75(0,75 \times 120) \times 0,785 = 53 \text{ kip / baut} > \Phi R_n \text{ perlu} = 36,3 \text{ kip / baut}$$

Tebal pelat (t)

$$t \geq h' \sqrt{\frac{2,27.f'c}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2,27.3,5}{36}} = 1,77''$$

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{T_U (h' - W_e)}{F_y \cdot B}} = 2,108 \sqrt{\frac{79(3,76 - 1,75)}{36.22}} = 0,94''$$

Dari hasil perhitungan diatas , maka direncanakan pelat dasar kolom dengan dimensi 22" x 22" x 1^{7/8} " dengan alat sambung baut A325N diameter 1 inch sebanyak 6 buah (gambar 4.6).

BAB V

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas sesuai dengan ruang lingkup tugas akhir yakni, struktur pelat komposit , struktur balok komposit dan struktur kolom komposit, sedangkan sambungan dan pelat dasar hanya ditinjau pada bab IV.

5.1 Tinjauan Gaya-Gaya yang Terjadi

Gaya-gaya yang terjadi pada struktur yang dibebani oleh beban mati, beban hidup dan beban gempa di analisa menggunakan program komputer yakni Struktur Analisis Program (SAP90), yang akan menghasilkan gaya axial, gaya geser dan momen lentur akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa sedangkan beban angin dalam penulisan Tugas Akhir ini diabaikan karena dianggap sangat kecil dibandingkan gaya gempa.

Sedangkan untuk mendapatkan beban rencana, maka sesuai dengan LRFD A4-1, gaya-gaya yang diakibatkan oleh tiga jenis pembebanan tersebut di kombinasikan untuk mendapatkan gaya-gaya maksimum, dengan adanya kombinasi beban – beban ini maka akan diperoleh hasil yang lebih realistis. Dari analisa mekanika struktur dengan SAP90 diperoleh kombinasi maksimum rata – rata adalah kombinasi beban mati, beban hidup dan beban gempa ($1,2 D + 0,5 L \pm 1,5 E$).-

5.2 Struktur Pelat Komposit

Perencanaan pelat komposit dalam Tugas Akhir ini menggunakan tabel perencanaan praktis yang diterbitkan oleh PT. BHP Steel Building Product Indonesia, dimana tabel perencanaan ini berdasarkan beban kerja sehingga perlu di kontrol terhadap beban ultimit (LRFD).

Dari tabel ini akan diperoleh dimensi pelat dan penulangannya. Untuk tulangan pada daerah momen positif digunakan Bondek, sedangkan untuk tulangan pada daerah momen negatif digunakan "Wire Mesh". Setelah dimensi dan penulangannya diperoleh lalu dikontrol kapasitas tampangnya terhadap momen positif, momen negatif dan gaya geser yang terjadi berdasarkan metode LRFD.

Hasil analisis untuk pelat komposit (beton dengan bondek) yang menggunakan konektor geser stud sebagai alat sambung antara pelat komposit dengan balok baja profil diperoleh bahwa tebal pelat komposit minimum sesuai dengan persyaratan LRFD adalah 110 mm (termasuk penutup beton 20 mm), di samping itu juga untuk pencapaian penulangan berimbang (*balanced*), jika menggunakan bondek dengan tebal 1 mm sebagai tulangan positif maka mutu beton harus disesuaikan , karena mutu baja sangat tinggi yakni 500 Mpa. Sehingga perlu dikontrol terhadap ratio penulangan agar tidak terjadi peristiwa "over reinforced" dimana jumlah tulangan baja tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan.

5.3 Struktur Balok dan Kolom Komposit

Desain struktur balok dan kolom komposit dilakukan dalam dua tahap yakni, tahap pertama perencanaan awal balok dan kolom dan yang kedua kontrol kapasitas tampang balok dan kolom.

5.3.1 Pradesain Balok dan Kolom Komposit

Pada tahap ini struktur diasumsikan terletak pada dukungan sementara (*Simple Beam*), dimana balok hanya direncanakan terhadap momen lentur positif dan gaya geser oleh beban gravitasi yakni beban mati dan hidup.

Pemilihan dimensi balok dan kolom dilakukan menggunakan manual LRFD "*Composite Beam Selection Table*" dengan memilih profil yang kapasitas momen nominalnya lebih besar dari pada momen layanan terfaktor yang terjadi ($\phi M_n \geq M_u$) dengan berat profil terendah.

Sedangkan untuk struktur kolom, direncanakan untuk menahan gaya axial yang terjadi akibat beban mati dan hidup, pemilihan profil kolom dilakukan sama seperti pada balok, dimana menggunakan manual LRFD "*Composite Column*" dengan memilih profil kolom yang kapasitas axial nominalnya lebih besar dari pada gaya axial terfaktor yang terjadi ($\phi P_n \geq P_u$).

Setelah profil balok dan kolom diperoleh, maka dilakukan perhitungan gaya horizontal (gempa) berdasarkan beban statik ekuivalen (PPKGURG' 87). Selanjutnya dilakukan analisis portal dengan mengambil dua buah portal sebagai sampel, yakni satu buah portal arah membujur dan satu buah portal arah melintang dan kemudian dilakukan analisa mekanika struktur dengan SAP90, untuk

mendapatkan gaya-gaya yang bekerja yakni gaya aksial, gaya geser dan momen lentur.

5.3.2 Kontrol kapasitas tampang struktur balok dan kolom

Pada tahap ini dilakukan kontrol kapasitas tampang balok dan kolom berdasarkan dimensi profil balok dan kolom pada tahap pradesain dengan gaya - gaya dan momen yang bekerja berdasarkan hasil analisa mekanika dengan SAP90.

Kontrol kapasitas tampang akan dilakukan dalam dua kondisi struktur yakni pada saat konstruksi (*construction phase*) dan pada tahap layanan.

A. Tahap konstruksi (struktur dianggap sebagai baja murni).

Pada tahap ini struktur balok dan kolom dikontrol terhadap beban – beban yang bekerja pada saat konstruksi, dimana beban yang diperhitungkan adalah beban beton basah dan berat balok sendiri sebagai beban mati, sedangkan beban hidup yang diperhitungkan disini adalah beban pekerja dan peralatan perlengkapannya.

Pada tahap ini dimensi profil hasil pradesain masih cukup aman terhadap beban – beban selama pelaksanaan konstruksi, namun jika ternyata profil yang dipilih berdasarkan pradesain tidak aman maka dilakukan pemilihan profil aktual. Untuk mempermudah pemilihan profil LRFD menyediakan tabel desain untuk balok dan kolom.

B. Struktur balok dan kolom dianggap sebagai baja komposit.

Pada tahap ini struktur dianggap telah bekerja sebagai struktur komposit, sehingga pengontrolan dilakukan terhadap beban – beban layanan terfaktor yang

bekerja. Pada kontrol kapasitas dengan struktur sebagai baja komposit diperoleh profil awal tidak aman, hal ini disebabkan pada pradesain hanya diperhitungkan terhadap gaya grafitasi sedangkan pada kontrol kapasitas tampang telah bekerja gaya gempa sehingga hasil analisis kapasitas balok tidak aman terhadap kombinasi beban grafitasi dan beban horisontal (gempa), sehingga profil perlu diperbesar.

Prosedur pemilihan profil aktual sama dengan pada tahap pradesain, namun untuk struktur kolom harus dikontrol sebagai struktur balok – kolom komposit, sehingga pemilihan profil aktual juga berdasarkan pada struktur yang dibebani oleh gaya aksial dan momen lentur.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari uraian dan pembahasan tentang struktur komposit baja-beton dengan menggunakan metode LRFD pada struktur gedung bertingkat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis kekuatan struktur balok dan kolom dengan metode LRFD menggunakan distribusi tegangan plastis dalam perhitungan kapasitas tampang.
2. Perhitungan pembebanan pada metode LRFD lebih kompleks dengan adanya kombinasi pembebanan yang cukup lengkap terhadap kemungkinan beban maksimum yang terjadi.
3. Perencanaan pelat komposit yang menggunakan konektor geser stud sebagai alat sambung antara pelat dengan balok diperoleh tebal pelat minimum adalah 110 mm (Penutup beton diperhitungkan 20 mm).
4. Jika digunakan perencanaan penulangan berimbang , maka mutu beton yang diperlukan guna mencapai penulangan berimbang ($\rho \leq \rho_{maks}$) minimum 35 Mpa, untuk tebal bondek 1 mm .
5. Desain struktur balok dan kolom komposit dengan metode LRFD relatif mudah dengan tersedianya Manual LRFD.

6. Pada konstruksi tidak menggunakan penopang (*unshored construction*), kapasitas balok (baja murni) harus dikontrol keamanannya terhadap beban-beban yang bekerja selama konstruksi sebelum beton mencapai kekuatannya (75 % kuat desak beton,).

6.2 Saran-saran

Untuk melaksanakan studi lebih lanjut tentang analisis desain struktur komposit baja-beton dengan menggunakan metode LRFD pada struktur gedung bertingkat, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Untuk penulisan selanjutnya tentang struktur komposit hendaknya dilakukan analisa mengenai konektor geser, terhadap keunggulannya sebagai penahan gaya geser horizontal.
2. Untuk penulisan selanjutnya tentang struktur yang menggunakan struktur komposit , dapat dilakukan analisa mengenai portal dengan pengaku (*braced frame*) dan portal tanpa pengaku (*unbraced frame*).
3. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih optimal, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang sambungan, baik dengan baut, las atau kombinasi baut dengan las.

DAFTAR PUSTAKA

1. AISC. *Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design*, Chicago IL : American Institute of Steel Constuction, 1986.
2. AISC. *Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design, 9th.ed.*, Chicago IL : American institute of Steel Constuction, 1989.
3. Burns,Thomas, *Structural Steel Design-LRFD*, Delmar Publisher Inc.,1995.
4. Gaylord dkk, *Design of Steel Structures, third edition*, McGraw-Hill Inc, 1992.
5. Salmon,C.G, & Johnson, J.E., Struktur Baja : *Desain dan Perilaku 1: dengan penekanan pada Load and Resistance Factor Design, edisi ketiga*, P.T. Gramedia Pustaka Utama Jakarta,1996.
6. Salmon,C.G, & Johnson, J.E., Struktur Baja : *Desain dan Perilaku 2 : dengan penekanan pada Load and Resistance Factor Design, edisi ketiga*, P.T. Gramedia Pustaka Utama Jakarta,1996.
7. Schaum's, *Structural Steel Design - LRFD*, McGraw-Hill Inc, 1991.
8. Smith,J.C., *Structural Steel Design : LRFD Approach 2nd.ed*, John Wiley & Son,Inc.,1996.
9. Wilson,Edward.L, dan Habibullah, Ashraf, *SAP90TM A Series of Computers Programs for Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structure USER MANUAL*, Computers & Structures ,inc.USA,1990.
10. Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*, Bandung, 1983

11. Yayasan Badan Penerbit PU, *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987*, Departemen Pekerjaan Umum ,Jakarta ,1987.
12. -----, *Bondek HI-TEN*, PT. BHP Steel Building Product Indonesia, 1997.
13. ----- , *BRC Mesh*, PT. BHP Steel Building Product Indonesia, 1997.

LAMPIRAN 1

PORTAL MEMBUJUR 2 DIMENSI AISC LRFD KN-M OLEH M.ALI & RM.BAYU AJI
SYSTEM

I=3 : BEBAN MATI, BEBAN HIDUP, BEBAN GEMPA

JOINTS

1 Y=0 Z=0 X=0
5 Y=36 G=1,5,1
6 Y=0 Z=4
10 Y=36 G=6,10,1
11 Y=0 Z=7.5
15 Y=36 G=11,15,1
16 Y=9 Z=11
28 Y=9 Z=11 G=16,28,3
17 Y=18 Z=11
29 Y=18 Z=25 G=17,29,3
18 Y=27 Z=11
30 Y=27 Z=25 G=18,30,3

:

RESTRAINTS

1,5,1 R=1,1,1,1,1,1
1,30,1 R=1,0,0,0,1,1
:

FRAME

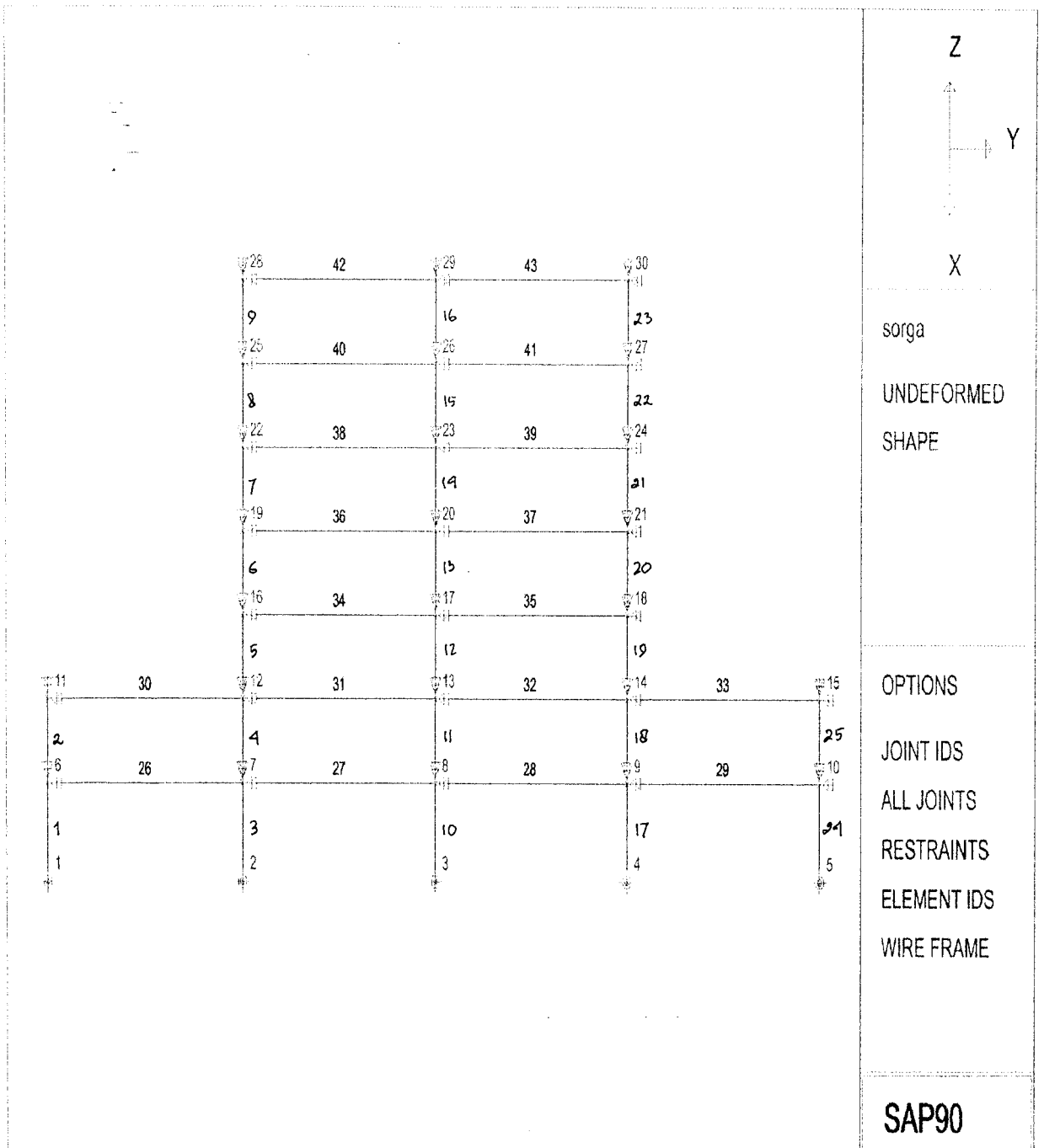
NM=4 NL=4

1 A=0.022 E=2.1E8 I=0.0002025 : KOLOM PS12-0.5 ✓
2 A=0.069 E=2.1E8 I=0.0031 : KOLOM W14X120 ✓
3 A=0.1628 E=2.1E8 I=0.001945 : BALOK LANTAI
W24X76
4 A=0.155 E=2.1E8 I=0.000565 : BALOK ATAP ✓
W18X35
1 WL=0,-0.62 PLD=3,-87.34,0,0,0,0,6,-87.34,0,0,0,0 : BEBAN MATI
ATAP
2 WL=0,-9.58 PLD=3,-107.9,0,0,0,0,6,-107.9,0,0,0,0 : BEBAN MATI 5
LANTAI
3 PLD=3,-14.4,0,0,0,0,6,-14.4,0,0,0,0 : BEBAN HIDUP
ATAP
4 PLD=3,-43.2,0,0,0,0,6,-43.2,0,0,0,0 : BEBAN HIDUP 4
LANTAI
C KOLOM
1,1,6 M=1 G=1,23,4,4 LP=3,0
2,6,11 M=1 G=1,23,4,4
3,2,7 M=2 G=2,7,1,1
4,7,12 M=2 G=2,7,1,1
5,12,16 M=2 G=2,7,1,1
6,16,19 M=2 G=3,1,3,3
13,17,20 M=2 G=3,1,3,3
20,18,21 M=2 G=3,1,3,3
C BALOK
26,6,7 M=3 G=3,1,1,1 NSL=2,4 LP=3,0
30,11,12 M=4 G=1,3,3,3 NSL=1,3
31,12,13 M=3 G=1,1,1,1 NSL=2,4
34,16,17 M=3 G=3,2,3,3 NSL=2,4
35,17,18 M=3 G=3,2,3,3 NSL=2,4
42,28,29 M=4 G=1,1,1,1 NSL=1,3

```

:
LOADS
28 F=0,81.25   L=3           : BEBAN GEMPA
25 F=0,95.2
22 F=0,80
19 F=0,04
16 F=0,48.7
11 F=0,55
6  F=0,32
:
COMBO
1  C=1.4
2  C=1.2,1.6 ✓
3  C=1.2,0.5,1.5 ✓
4  C=1.2,0.5,-1.5
5  C=0.9,0,-1.5
6  C=0.9,0,1.5

```



POSTAL MELINTANG 2 DIMENSI ALSC UDFD 1986 KN-M GIEH M. ALI & AN. BAYU AGI
 SYSTEM

L=3

JOINTS

1 Y=0 Z=0 X=0
 4 Y=24 Z=0 G=1,4,1
 6 Y=0 Z=4
 29 Y=0 Z=20 G=5,29,4
 6 Y=8 Z=4
 36 Y=8 Z=20 G=9,36,4
 7 Y=16 Z=4
 41 Y=16 Z=20 G=1,4,1
 42 Y=24 Z=4
 43 Y=24 Z=20 G=5,4,1

:

MEMBRAN

1,4,5 K=1,1,1,1,1,1
 1,6,1 K=1,0,0,0,1,1

:

FRAME

NS=3 NI=4

1 A=0.136 E=2.1E8 I=0.00011 :KORAN W.1X.24
 2 A=0.136 E=2.1E8 I=0.00017 :BALOK LANTAI W.18X35
 3 A=0.136 E=2.1E8 I=0.00026 :BALOK ATAP W.4X22
 4 WL=0,-10.96 :BEBAN MATI ATAP
 5 WL=0,-21.74 :BEBAN MATI LANTAI
 6 WL=0,-1.6 :BEBAN HIDUP ATAP
 7 WL=0,-5.4 :BEBAN HIDUP ATAP

C KOLOM

1,1,5 G=3,7,1,1 M=1 LP=3,0
 2,5,9 G=5,1,4,4 M=1
 9,6,10 G=5,1,4,4 M=1
 10,7,11 G=5,1,4,4 M=1
 23,8,12 G=5,1,4,4 M=1

C BALOK

29,6,6 M=2 G=3,1,4,4 NSL=2,4 LP=3,0
 36,6,7 M=2 G=3,1,4,4 NSL=2,4
 43,7,8 M=2 G=3,1,4,4 NSL=2,4
 1,2,9,30 M=3 G=0,7,1,1 NSL=1,2

:

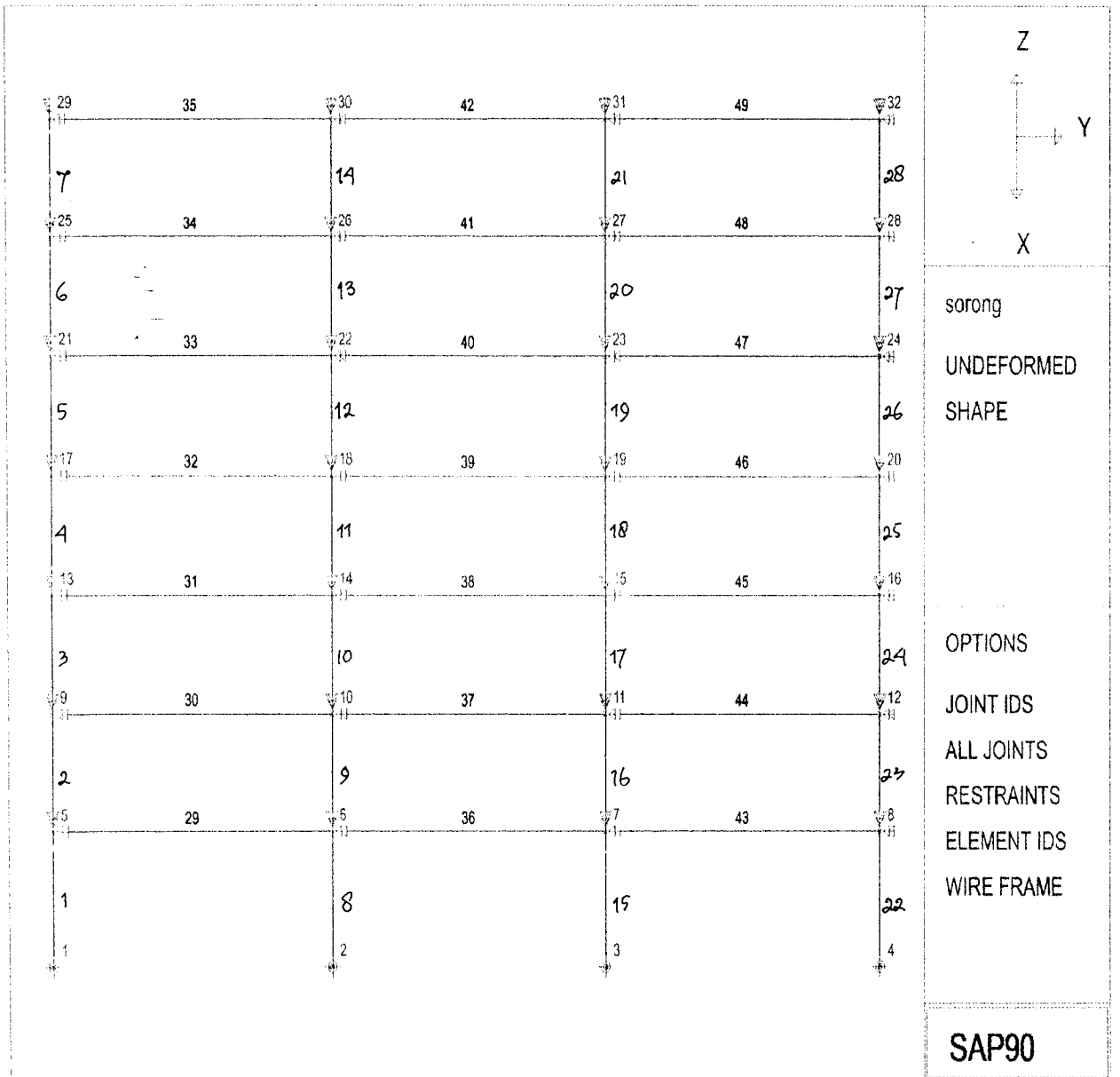
LOADS

14 F=0,110 L=3 :BEBAN HORIZONTAL
 15 F=0,138
 21 F=0,107
 27 F=0,86.5
 13 F=0,85
 9 F=0,45
 5 F=0,24
 3,32,4 F=0,0,-6 L=1 :BERAT KOLOM
 7,31,4 F=0,0,-6
 6,30,4 F=0,0,-6
 5,29,4 F=0,0,-6

:

COMBO

1 C=1,4
 2 C=1.2,1.6
 3 C=1.2,0.5,1.5
 4 C=1.2,0.5,-1.5
 5 C=0.9,0,-1.5
 6 C=0.9,0,1.5



PORTAL MALTERTANG 2 DIMENSI ATAS LREB 1986 KN-M ONEH M.ALI & RM.BAYU AJI
 SYS FEM

L=3

JOINTS

1 Y=0 Z=0 X=1
 4 Y=24 Z=0 G=1,4,1
 5 Y=0 Z=4
 29 Y=0 Z=29 G=3,29,4
 6 Y=8 Z=4 G=6,30,4
 7 Y=16 Z=4
 31 Y=16 Z=25 G=7,31,4
 8 Y=24 Z=4
 32 Y=24 Z=25 G=8,32,4

:

RESTRAINTS

1,4,1 R=1,1,1,1,1,1
 1,32,1 R=1,0,0,0,1,1

:

EKAME

NM=3 NI=4

1 A=0.069 E=2.1E8 I=0.0031 :KOLOM W14X120
 2 A=0.1386 E=2.1E8 I=0.00057 :BALOK LANTAI W18X35
 3 A=0.136 E=2.1E8 I=0.00026 :BALOK ATAP W14X22
 4 Wl=0,-10.96 :BEBAN MATI ATAP
 5 Wl=0,-21.74 :BEBAN MATI LANTAI
 6 Wl=0,-1.8 :BEBAN HIDUP ATAP
 7 Wl=0,-5.4 :BEBAN HIDUP ATAP

C KOLOM

1,1,5 G=3,7,1,1 M=1 LP=3,0
 3,5,9 G=3,7,4,4 M=1
 9,6,10 G=5,1,4,4 M=1
 10,7,11 G=5,1,4,4 M=1
 24,6,12 G=5,1,4,4 M=1

C BALOK

39,5,6 M=2 G=0,1,4,4 RSL=2,4 LP=3,0
 38,6,7 M=2 G=0,1,4,4 RSL=2,4
 43,7,8 M=2 G=5,1,4,4 RSL=2,4
 35,29,30 K=3 G=2,7,1,1 NLI=1,3

:

LOADS

19 F=0,119 I=0 :BEBAN HORIZONTAL
 23 F=0,128
 21 F=0,137
 17 F=0,86.3
 13 F=0,65
 9 F=0,45
 5 F=0,24
 8,32,4 F=0,0,-6 L=1 :BERAT KOLOM
 7,31,4 F=0,0,-6
 6,30,4 F=0,0,-6
 5,29,4 F=0,0,-6

:

COMBO

1 C=1,4
 2 C=1,2,1,6
 3 C=1,2,9,5,-1,5
 4 C=1,2,9,5,-1,1,5
 5 C=0,9,0,-1,5
 6 C=0,9,0,1,5

LAMPIRAN 2

PROGRAM: SAP90/FILE: TUGAS AKHIR.F3F
 PORTAL MEMBUJUR 2 DIMENSI LRFD 1986 KN-M
 OLEH M.ALI & RM.BAYU AJI

FRAME ELEMENT FORCES

ELF ID	LOAD COMB	AXIAL DIST		1-2 PLANE	
		FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT

1	-283.36	.0		-20.87	27.97
		4.0		-20.87	-55.50
2	-318.50	.0		-25.88	34.68
		4.0		-25.88	-68.85
3	-203.17	.0		9.31	-34.25
		4.0		9.31	2.97
4	-329.85	.0		-50.08	88.89
		4.0		-50.08	-111.42
5	-245.50	.0		-43.11	79.55
		4.0		-43.11	-92.87
6	-118.82	.0		16.28	-43.59
		4.0		16.28	21.52

24					
1	-283.36	.0		20.87	-27.97
		4.0		20.87	55.50
2	-318.50	.0		25.88	-34.68
		4.0		25.88	68.85
3	-329.68	.0		49.90	-88.52
		4.0		49.90	111.08
4	-203.35	.0		-9.13	33.89
		4.0		-9.13	-2.64
5	-119.00	.0		-16.10	43.22
		4.0		-16.10	-21.18
6	-245.33	.0		42.93	-79.19
		4.0		42.93	92.54

2					
1	-107.49	.0		-72.33	115.55
		3.5		-72.33	-137.60
2	-112.10	.0		-79.32	131.27
		3.5		-79.32	-146.33
3	-78.26	.0		-18.50	17.40
		3.5		-18.50	-47.35

4	-118.48	.0	-116.31	200.82
		3.5	-116.31	-206.28
5	-89.21	.0	-95.40	165.99
		3.5	-95.40	-167.92
6	-48.98	.0	2.41	-17.43
		3.5	2.41	-8.99

25				
1	-107.49	.0	72.33	-115.55
		3.5	72.33	137.60
2	-112.10	.0	79.32	-131.27
		3.5	79.32	146.33
3	-118.45	.0	116.19	-200.59
		3.5	116.19	206.08
4	-78.29	.0	18.62	-17.54
		3.5	18.62	47.54
5	-49.02	.0	-2.29	17.20
		3.5	-2.29	9.19
6	-89.18	.0	95.28	-165.75
		3.5	95.28	167.72

1	-1797.00	.0	14.07	-17.62
		4.0	14.07	38.64
2	-2029.99	.0	19.42	-24.48
		4.0	19.42	53.19
3	-1320.30	.0	221.37	-629.14
		4.0	221.37	256.32
4	-2103.27	.0	-192.65	593.08
		4.0	-192.65	-177.54
5	-1546.70	.0	-197.97	599.78
		4.0	-197.97	-192.09
6	-763.73	.0	216.05	-622.44
		4.0	216.05	241.77

10				
1	-2768.32	.0	.00	.00
		4.0	.00	.00
2	-3243.69	.0	.00	.00
		4.0	.00	.00
3	-2645.20	.0	211.76	-616.94

		4.0	211.76	230.08
4	-2644.77	.0	-211.76	616.94
		4.0	-211.76	-230.08
5	-1779.42	.0	-211.76	616.94
		4.0	-211.76	-230.08
6	-1779.85	.0	211.76	-616.94
		4.0	211.76	230.08
17 -----				
1	-1797.00	.0	-14.07	17.62
		4.0	-14.07	-38.64
2	-2089.09	.0	-19.42	24.48
		4.0	-19.42	-53.19
3	-2103.24	.0	191.90	-591.05
		4.0	191.90	176.54
4	-1320.34	.0	-220.61	627.11
		4.0	-220.61	-255.32
5	-763.77	.0	-215.29	620.40
		4.0	-215.29	-240.77
6	-1546.66	.0	197.21	-597.75
		4.0	197.21	191.09
4 -----				
1	-1334.88	.0	12.60	-39.74
		3.5	12.60	4.36
2	-1539.68	.0	6.89	-41.93
		3.5	6.89	-17.80
3	-904.94	.0	172.57	-384.17
		3.5	172.57	219.82
4	-1630.62	.0	-153.41	311.13
		3.5	-153.41	-225.81
5	-1220.98	.0	-154.89	322.10
		3.5	-154.89	-220.01
6	-495.30	.0	171.09	-373.19
		3.5	171.09	225.62
11 -----				
1	-2353.00	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
2	-2752.65	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
3	-2246.91			

		.0	213.00	-414.43
		3.5	213.00	331.07
4	-2246.67	.0	-213.00	414.43
		3.5	-213.00	-331.07
5	-1512.53	.0	-213.00	414.43
		3.5	-213.00	-331.07
6	-1512.76	.0	213.00	-414.43
		3.5	213.00	331.07
10 -----				
1	-1334.88	.0	-12.60	39.74
		3.5	-12.60	-4.36
2	-1539.68	.0	-6.89	41.93
		3.5	-6.89	17.80
3	-1630.53	.0	152.97	-310.84
		3.5	152.97	224.53
4	-905.02	.0	-172.12	383.88
		3.5	-172.12	-218.55
5	-495.38	.0	-170.65	372.91
		3.5	-170.65	-224.35
6	-1220.89	.0	154.44	-321.82
		3.5	154.44	218.74
5 -----				
1	-976.06	.0	-76.41	101.17
		3.5	-76.41	-166.27
2	-1137.13	.0	-100.25	144.19
		3.5	-100.25	-206.67
3	-635.79	.0	73.81	-177.12
		3.5	73.81	81.22
4	-1225.27	.0	-226.52	386.46
		3.5	-226.52	-406.35
5	-922.20	.0	-199.29	346.83
		3.5	-199.29	-350.68
6	-332.72	.0	101.04	-216.76
		3.5	101.04	136.90
12 -----				
1	-1935.24	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
2	-2255.83	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00

	3	-1845.46			
			.0	252.82	-450.66
			3.5	252.82	434.20
	4	-1845.25			
			.0	-252.82	450.66
			3.5	-252.82	-434.20
	5	-1243.98			
			.0	-252.82	450.66
			3.5	-252.82	-434.20
	6	-1244.19			
			.0	252.82	-450.66
			3.5	252.82	434.20
19	-----				
	1	-976.06			
			.0	76.41	-101.17
			3.5	76.41	166.27
	2	-1137.13			
			.0	100.25	-144.19
			3.5	100.25	206.67
	3	-1225.16			
			.0	227.10	-387.53
			3.5	227.10	407.30
	4	-635.89			
			.0	-74.39	178.18
			3.5	-74.39	-82.17
	5	-332.83			
			.0	-101.62	217.82
			3.5	-101.62	-137.85
	6	-922.10			
			.0	199.86	-347.89
			3.5	199.86	351.62
6	-----				
	1	-765.85			
			.0	-116.98	211.63
			3.5	-116.98	-197.79
	2	-888.14			
			.0	-139.78	251.19
			3.5	-139.78	-238.03
	3	-526.27			
			.0	11.31	23.54
			3.5	11.31	63.12
	4	-931.42			
			.0	-236.53	382.87
			3.5	-236.53	-444.99
	5	-694.90			
			.0	-199.12	315.71
			3.5	-199.12	-381.20
	6	-289.76			
			.0	48.72	-43.62
			3.5	48.72	126.90
7	-----				
	1	-553.30			
			.0	-111.04	192.31
			3.5	-111.04	-196.35
	2	-636.68			
			.0	-133.83	232.57

		3.5	-133.83	-235.82
3	-403.31	.0	-7.98	69.15
		3.5	-7.98	41.23
4	-646.72	.0	-206.54	302.86
		3.5	-206.54	-420.03
5	-477.40	.0	-170.67	940.48
		3.5	-170.67	-356.85
6	-233.99	.0	27.89	6.77
		3.5	27.89	104.40
9				
1	-340.22	.0	-110.11	195.69
		3.5	-110.11	-189.39
2	-384.47	.0	-135.49	237.70
		3.5	-135.49	-236.51
3	-262.13	.0	-41.24	130.36
		3.5	-41.24	-13.97
4	-379.14	.0	-173.22	248.85
		3.5	-173.22	-357.41
5	-277.21	.0	-136.77	185.05
		3.5	-136.77	-293.66
6	-160.21	.0	-4.79	66.56
		3.5	-4.79	49.78
9				
1	-126.11	.0	-129.78	207.70
		3.5	-129.78	-246.54
2	-131.57	.0	-142.64	240.31
		3.5	-142.64	-258.94
3	-102.56	.0	-93.59	159.63
		3.5	-93.59	-167.91
4	-128.29	.0	-148.53	235.35
		3.5	-148.53	-284.49
5	-93.94	.0	-110.90	171.38
		3.5	-110.90	-216.78
6	-68.20	.0	-55.96	95.66
		3.5	-55.96	-100.20
13				
1	-1510.00	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
2	-1752.49			

		.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
3	-1437.58			
		.0	233.21	-377.87
		3.5	233.21	438.37
4	-1437.37			
		.0	-233.21	377.87
		3.5	-233.21	-438.37
5	-970.62			
		.0	-233.21	377.87
		3.5	-233.21	-438.37
6	-970.82			
		.0	233.21	-377.87
		3.5	233.21	438.37
14	-----			
1	-1089.43			
		.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
2	-1254.09			
		.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
3	-1033.94			
		.0	186.11	-275.23
		3.5	186.11	376.16
4	-1033.84			
		.0	-186.11	275.23
		3.5	-186.11	-376.16
5	-700.30			
		.0	-186.11	275.23
		3.5	-186.11	-376.16
6	-700.40			
		.0	186.11	-275.23
		3.5	186.11	376.16
15	-----			
1	-669.95			
		.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
2	-757.17			
		.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
3	-631.40			
		.0	133.04	-181.64
		3.5	133.04	284.00
4	-631.41			
		.0	-133.04	181.64
		3.5	-133.04	-284.00
5	-430.69			
		.0	-133.04	181.64
		3.5	-133.04	-284.00
6	-430.68			
		.0	133.04	-181.64
		3.5	133.04	284.00
16	-----			
1	-252.51			
		.0	.00	.00

		3.5	.00	.00
2	-261.65	.0	.00	.00
		3.5	.00	.00
3	-230.55	.0	66.67	-118.28
		3.5	66.67	115.07
4	-230.58	.0	-66.67	118.28
		3.5	-66.67	-115.07
5	-162.35	.0	-66.67	118.28
		3.5	-66.67	-115.07
6	-162.32	.0	66.67	-118.28
		3.5	66.67	115.07

20				
1	-765.85	.0	116.98	-211.63
		3.5	116.98	197.79
2	-888.14	.0	139.78	-251.19
		3.5	139.78	238.03
3	-931.32	.0	236.16	-381.90
		3.5	236.16	444.65
4	-526.37	.0	-10.93	-24.51
		3.5	-10.93	-62.77
5	-289.86	.0	-48.34	42.65
		3.5	-48.34	-126.56
6	-694.80	.0	198.74	-314.74
		3.5	198.74	380.86

21				
1	-553.30	.0	111.04	-192.31
		3.5	111.04	196.35
2	-636.68	.0	133.83	-232.57
		3.5	133.83	235.82
3	-646.68	.0	206.54	-302.87
		3.5	206.54	420.03
4	-403.35	.0	7.97	-69.14
		3.5	7.97	-41.23
5	-234.03	.0	-27.90	-6.76
		3.5	-27.90	-104.40
6	-477.36	.0	170.67	-240.49
		3.5	170.67	356.85

22				
1	-340.22	.0	110.11	-195.69

		3.5	110.11	189.69
2	-384.47	.0	135.49	-237.70
		3.5	135.49	236.51
3	-379.14	.0	172.87	-248.52
		3.5	172.87	356.53
4	-262.12	.0	41.58	-130.68
		3.5	41.58	14.85
5	-160.20	.0	5.14	-66.88
		3.5	5.14	-48.90
6	-277.22	.0	136.43	-184.72
		3.5	136.43	292.78
23				
1	-126.11	.0	129.78	-207.70
		3.5	129.78	246.54
2	-131.57	.0	142.64	-240.31
		3.5	142.64	258.94
3	-128.31	.0	148.79	-236.18
		3.5	148.79	284.58
4	-102.55	.0	93.32	-158.81
		3.5	93.32	167.83
5	-68.19	.0	55.70	-94.84
		3.5	55.70	100.11
6	-93.95	.0	111.16	-172.20
		3.5	111.16	216.87
26				
1	51.46	.0	175.88	-171.05
		3.0	-15.42	296.23
		6.0	-206.71	189.62
		9.0	-246.95	-490.87
2	53.43	.0	206.39	-200.13
		3.0	-26.69	367.32
		6.0	-259.78	235.50
		9.0	-294.27	-595.57
3	-20.19	.0	124.91	-14.43
		3.0	-60.65	308.58
		6.0	-246.22	74.88
		9.0	-280.71	-715.51
4	114.24	.0	211.37	-312.24
		3.0	25.80	270.13
		5.2	.00	299.08
		6.0	-159.77	295.79
		9.0	-194.26	-235.24

5	100.30			
		.0	156.29	-258.86
		3.0	33.32	171.21
		6.0	-89.66	232.36
		9.0	-115.53	-75.42
6	-34.13			
		.0	69.84	38.95
		3.0	-53.14	209.66
		6.0	-176.11	11.44
		9.0	-201.98	-555.69

27				
1	52.92			
		.0	215.17	-412.49
		3.0	23.87	172.67
		4.8	.00	193.92
		6.0	-167.42	183.94
		9.0	-207.66	-378.68
2	65.96			
		.0	255.14	-500.46
		3.0	22.06	213.25
		4.9	.00	234.40
		6.0	-211.03	227.67
		9.0	-245.52	-457.15
3	28.60			
		.0	134.66	-75.02
		3.0	-50.91	277.22
		6.0	-236.48	72.75
		9.0	-270.97	-688.41
4	74.99			
		.0	278.40	-723.91
		3.0	92.83	59.57
		6.0	-92.74	286.33
		9.0	-127.22	-43.61
5	57.22			
		.0	210.20	-589.61
		3.0	87.22	2.18
		6.0	-35.76	225.03
		9.0	-61.62	78.96
6	-10.83			
		.0	66.45	59.27
		3.0	-56.52	219.83
		6.0	-179.50	11.46
		9.0	-205.37	-565.83

28				
1	52.92			
		.0	207.66	-378.68
		3.0	16.36	183.94
		4.2	.00	193.92
		6.0	-174.94	172.07
		9.0	-215.17	-412.49
2	65.96			
		.0	245.52	-457.15
		3.0	12.43	227.68
		4.1	.00	234.40
		6.0	-220.66	213.24
		9.0	-255.14	-500.46
3	27.36			

		.0	127.32	-43.89
		3.0	-58.25	286.33
		6.0	-243.82	59.84
		9.0	-278.31	-723.34
4	76.24			
		.0	270.87	-688.12
		3.0	85.30	72.76
		6.0	-100.27	276.93
		9.0	-134.75	-75.59
5	58.46			
		.0	205.27	-565.55
		3.0	82.29	11.46
		6.0	-40.68	219.54
		9.0	-66.55	58.70
6	9.58			
		.0	61.72	78.68
		3.0	-61.26	225.03
		6.0	-184.23	2.46
		9.0	-210.10	-589.04

29				
1	51.46			
		.0	246.95	-490.87
		3.0	55.65	189.63
		6.0	-135.64	296.23
		9.0	-175.88	-171.05
2	53.43			
		.0	294.27	-595.57
		3.0	61.18	235.51
		6.0	-171.91	367.32
		9.0	-206.39	-200.13
3	66.29			
		.0	194.40	-235.96
		3.0	8.83	295.51
		3.8	.00	298.90
		6.0	-176.74	270.27
		9.0	-211.22	-311.67
4	27.75			
		.0	280.57	-714.80
		3.0	95.00	75.17
		6.0	-90.57	308.44
		9.0	-125.06	-15.00
5	13.81			
		.0	201.84	-554.98
		3.0	78.86	11.74
		6.0	-44.11	209.52
		9.0	-69.98	38.38
6	52.35			
		.0	115.67	-76.14
		3.0	-7.31	232.07
		6.0	-130.28	171.35
		9.0	-156.15	-258.29

30				
1	-72.33			
		.0	107.49	-137.60
		3.0	-17.39	180.95
		6.0	-142.27	124.86
		9.0	-144.88	-305.86

2	-79.32			
		.0	112.10	-146.33
		3.0	-17.98	186.62
		6.0	-148.06	129.33
		9.0	-150.29	-318.19
3	-101.00			
		.0	78.26	-47.35
		3.0	-35.98	184.07
		6.0	-150.22	72.78
		9.0	-152.45	-381.23
4	-33.81			
		.0	118.48	-206.28
		3.0	4.24	145.83
		6.0	-110.00	155.22
		9.0	-112.23	-178.11
5	-12.90			
		.0	89.21	-167.92
		3.0	8.93	97.21
		6.0	-71.35	121.49
		9.0	-73.02	-95.07
6	-80.09			
		.0	48.98	-8.99
		3.0	-31.30	135.45
		6.0	-111.58	39.05
		9.0	-113.25	-298.19

33

1	-72.33			
		.0	144.88	-305.86
		3.0	20.00	124.87
		6.0	-104.88	180.95
		9.0	-107.49	-137.60
2	-79.32			
		.0	150.29	-318.19
		3.0	20.21	129.34
		6.0	-109.87	186.62
		9.0	-112.10	-146.33
3	-116.19			
		.0	112.26	-178.23
		3.0	-1.98	155.21
		6.0	-116.22	145.92
		9.0	-118.45	-206.08
4	-18.62			
		.0	152.42	-381.12
		3.0	38.18	72.79
		6.0	-76.06	183.98
		9.0	-78.29	-47.54
5	2.29			
		.0	113.22	-298.07
		3.0	32.94	39.07
		6.0	-47.34	135.36
		9.0	-49.02	-9.19
6	-95.28			
		.0	73.06	-95.18
		3.0	-7.22	121.48
		6.0	-87.50	97.29

		9.0	-89.18	-167.72
31				
1	16.69			
		.0	213.95	-402.66
		3.0	22.65	178.82
		4.7	.00	197.95
		6.0	-168.65	186.42
		9.0	-208.88	-379.87
2	27.82			
		.0	252.26	-480.17
		3.0	19.17	224.86
		4.7	.00	240.84
		6.0	-213.92	230.63
		9.0	-248.41	-462.86
3	-2.24			
		.0	116.69	15.71
		3.0	-68.88	314.05
		6.0	-254.45	55.68
		9.0	-288.93	-759.38
4	39.30			
		.0	293.12	-790.39
		3.0	107.55	37.25
		6.0	-78.02	308.17
		9.0	-112.50	22.39
5	31.49			
		.0	225.75	-661.90
		3.0	102.78	-23.14
		6.0	-20.20	246.08
		9.0	-46.07	146.69
6	-10.04			
		.0	49.32	144.19
		3.0	-73.65	253.36
		6.0	-196.63	-6.40
		9.0	-222.50	-635.09
32				
1	16.69			
		.0	208.88	-379.87
		3.0	17.58	186.42
		4.3	.00	197.95
		6.0	-173.71	178.82
		9.0	-213.95	-402.66
2	27.82			
		.0	248.41	-462.86
		3.0	15.32	230.64
		4.3	.00	240.84
		6.0	-217.77	224.86
		9.0	-252.26	-480.17
3	-42.06			
		.0	112.52	22.35
		3.0	-73.05	308.17
		6.0	-258.62	37.28
		9.0	-293.11	-790.30
4	79.11			
		.0	288.92	-759.34
		3.0	103.35	55.69
		6.0	-82.22	314.00
		9.0	-116.71	15.62

5	71.31			
		.0	222.48	-635.05
		3.0	99.51	-6.40
		6.0	-23.47	253.31
		9.0	-49.34	144.10
6	-49.86			
		.0	46.08	146.65
		3.0	-76.90	246.08
		6.0	-199.87	-23.41
		9.0	-225.74	-661.82

34

1	40.57			
		.0	210.21	-377.90
		3.0	18.91	192.37
		4.4	.00	205.71
		6.0	-172.38	188.75
		9.0	-212.62	-388.74
2	39.53			
		.0	248.99	-457.86
		3.0	15.90	237.39
		4.4	.00	248.38
		6.0	-217.18	233.35
		9.0	-251.67	-469.93
3	-10.55			
		.0	109.52	57.68
		3.0	-76.05	334.50
		6.0	-261.62	54.61
		9.0	-296.11	781.97
4	83.06			
		.0	293.95	-789.23
		3.0	108.23	40.59
		6.0	77.29	313.70
		9.0	-111.78	30.10
5	73.88			
		.0	227.30	-666.39
		3.0	104.32	-23.29
		6.0	-18.65	250.88
		9.0	-44.52	156.13
6	-20.73			
		.0	42.97	180.52
		3.0	-80.01	270.62
		6.0	-202.98	-8.20
		9.0	-228.85	-655.94

36

1	-5.93			
		.0	212.54	-390.10
		3.0	21.25	187.18
		4.6	.00	204.51
		6.0	-170.05	190.57
		9.0	-210.28	-379.93
2	-5.95			
		.0	251.47	-470.60
		3.0	18.38	232.07
		4.6	.00	246.75
		6.0	-214.71	235.46
		9.0	-249.20	-460.40
3	-76.71			

		.0	122.97	-6.03
		3.0	-62.60	311.13
		6.0	-248.17	71.59
		9.0	-282.66	-724.64
4	66.01			
		.0	284.70	-747.85
		3.0	99.13	54.51
		6.0	-86.44	300.16
		9.0	-120.93	-10.88
5	67.55			
		.0	217.50	-621.69
		3.0	94.52	-7.98
		6.0	-28.45	236.79
		9.0	-54.32	112.64
6	-75.17			
		.0	55.77	120.13
		3.0	-67.21	248.64
		6.0	-190.18	8.22
		9.0	-216.05	-601.12
38 -----				
1	-.94			
		.0	213.09	-392.04
		3.0	21.79	186.86
		4.6	.00	204.56
		6.0	-169.51	191.87
		9.0	-209.74	-377.00
2	1.66			
		.0	252.20	-473.53
		3.0	19.12	231.35
		4.7	.00	247.25
		6.0	-213.97	236.96
		9.0	-248.46	-456.68
3	-86.74			
		.0	141.18	-89.13
		3.0	-44.39	282.67
		6.0	-229.96	97.76
		9.0	-264.45	-643.85
4	86.68			
		.0	267.59	-668.87
		3.0	82.02	82.16
		6.0	-103.55	276.48
		9.0	-138.04	-85.90
5	86.11			
		.0	200.19	-541.90
		3.0	77.21	19.87
		6.0	-45.76	212.71
		9.0	-71.63	36.62
6	-87.31			
		.0	73.78	37.84
		3.0	-49.20	220.38
		6.0	-172.17	33.99
		9.0	-198.04	-521.33
40 -----				
1	19.67			
		.0	214.11	-397.38
		3.0	22.81	184.59

		4.7	.00	204.00
		6.0	-168.48	192.68
		9.0	-208.72	-373.12
2	7.15	.0	252.91	-476.63
		3.0	19.82	230.16
		4.7	.00	247.24
		6.0	-213.27	237.87
		9.0	-247.76	-453.66
3	-90.45	.0	159.57	-173.60
		3.0	-26.00	253.37
		6.0	-211.57	123.63
		9.0	-246.06	-562.80
4	118.11	.0	250.84	-592.76
		3.0	65.27	108.03
		6.0	-120.29	252.12
		9.0	-154.78	-160.49
5	113.93	.0	183.28	-465.04
		3.0	60.30	46.00
		6.0	-62.67	188.10
		9.0	-88.54	-38.71
6	-91.63	.0	92.01	-45.88
		3.0	-50.97	191.34
		6.0	-153.95	59.62
		9.0	-179.81	-441.01
35				
1	49.37	.0	212.52	-388.74
		3.0	21.32	188.76
		4.6	.00	205.71
		6.0	-169.97	192.37
		9.0	-210.21	-377.90
2	39.53	.0	251.67	-469.93
		3.0	18.58	233.36
		4.6	.00	248.38
		6.0	-214.50	237.38
		9.0	-248.99	-457.86
3	9.06	.0	111.78	30.10
		3.0	-73.79	313.70
		6.0	-259.36	40.59
		9.0	-293.85	-789.20
4	63.46	.0	296.10	-781.96
		3.0	110.53	54.62
		6.0	-75.03	334.48
		9.0	-109.52	57.65
5	53.28	.0	228.85	-655.94
		3.0	105.87	-8.20
		6.0	-17.11	270.61
		9.0	-42.97	180.49

6	-1.12			
		.0	44.52	156.12
		3.0	-78.45	250.89
		6.0	-201.43	-23.28
		9.0	-227.30	-666.37

37				
1	-5.93			
		.0	210.28	-379.93
		3.0	18.99	190.57
		4.4	.00	204.01
		6.0	-172.31	187.18
		9.0	-212.54	-390.10
2	-5.95			
		.0	249.20	-460.40
		3.0	16.11	235.47
		4.4	.00	246.75
		6.0	-216.98	232.06
		9.0	-251.47	-470.60
3	-29.61			
		.0	120.98	-11.04
		3.0	-64.59	300.17
		6.0	-250.16	54.67
		9.0	-284.64	-747.52
4	18.90			
		.0	282.60	-724.48
		3.0	97.03	71.60
		6.0	-88.53	310.97
		9.0	-123.02	-6.36
5	20.45			
		.0	215.99	-600.96
		3.0	93.02	8.23
		6.0	-29.96	248.48
		9.0	-55.82	119.80
6	-28.07			
		.0	54.37	112.48
		3.0	-68.60	236.79
		6.0	-191.58	-7.82
		9.0	-217.45	-621.35

39				
1	-.94			
		.0	209.74	-377.00
		3.0	18.45	191.88
		4.4	.00	204.56
		6.0	-172.85	186.86
		9.0	-213.09	-392.04
2	1.66			
		.0	248.46	-456.68
		3.0	15.37	236.97
		4.3	.00	247.25
		6.0	-217.72	231.35
		9.0	-252.20	-473.53
3	-33.67			
		.0	138.09	-86.05
		3.0	-47.48	276.49
		6.0	-233.05	82.31
		9.0	-267.53	-668.55
4	33.61			

		.0	264.59	-643.69
		3.0	78.83	97.76
		6.0	-106.74	282.50
		9.0	-141.23	-89.45
5	33.04			
		.0	197.99	-521.17
		3.0	75.01	33.99
		6.0	-47.97	220.22
		9.0	-73.63	37.52
6	-34.24			
		.0	71.68	36.46
		3.0	-51.29	212.71
		6.0	-174.27	20.03
		9.0	-200.14	-541.58

11				
1	19.67			
		.0	208.72	-373.12
		3.0	17.42	192.68
		4.3	.00	204.00
		6.0	-173.87	184.59
		9.0	-214.11	-397.38
2	7.15			
		.0	247.76	453.66
		3.0	14.67	237.86
		4.3	.00	247.24
		6.0	-218.42	230.15
		9.0	-252.91	-476.83
3	-24.09			
		.0	154.79	-160.51
		3.0	-30.78	252.12
		6.0	-216.35	108.05
		9.0	-250.93	-592.71
4	51.74			
		.0	246.05	-562.77
		3.0	60.48	123.64
		6.0	-125.09	253.34
		9.0	-159.58	-173.66
5	50.56			
		.0	179.80	-440.99
		3.0	56.83	59.62
		6.0	-66.15	191.31
		9.0	-92.01	-45.93
6	-25.27			
		.0	88.55	-38.73
		3.0	-34.43	188.11
		6.0	-157.40	46.02
		9.0	-183.27	-464.99

42				
1	-129.78			
		.0	126.11	-246.54
		3.0	1.23	127.87
		4.4	.00	128.74
		6.0	-123.65	127.65
		9.0	-126.26	-247.22
2	-142.64			
		.0	131.57	-258.94
		3.0	1.49	132.41

		5.0	.00	133.89
		6.0	-128.59	133.51
		9.0	-130.83	-255.61
3	-215.46	.0	102.56	-167.91
		3.0	-11.68	136.42
		6.0	-125.92	98.03
		9.0	-128.15	-283.07
4	-26.65	.0	128.29	-284.49
		3.0	14.05	97.04
		6.0	-100.19	135.86
		9.0	-102.42	-168.05
5	10.97	.0	93.94	-216.78
		3.0	13.66	62.52
		6.0	-66.62	100.97
		9.0	-68.30	-101.41
6	-177.84	.0	68.20	-100.20
		3.0	-12.08	101.89
		6.0	-92.36	63.14
		9.0	-94.03	-216.44

43

1	-129.78	.0	126.26	-247.22
		3.0	1.38	127.65
		4.6	.00	128.74
		6.0	-123.50	127.87
		9.0	-126.11	-246.54
2	-142.64	.0	130.83	-255.61
		3.0	.75	133.52
		4.0	.00	133.89
		6.0	-129.33	132.40
		9.0	-131.57	-258.94
3	-148.79	.0	102.40	-168.00
		3.0	-11.84	135.86
		6.0	-126.08	97.00
		9.0	-128.31	-284.58
4	-93.32	.0	128.17	-283.12
		3.0	13.93	98.03
		6.0	-100.31	136.46
		9.0	-102.55	-167.83
5	-55.70	.0	94.05	-216.48
		3.0	13.77	63.15
		6.0	-66.51	101.93
		9.0	-68.19	-100.11
6	-111.16	.0	68.28	-101.37
		3.0	-12.00	100.97
		6.0	-92.28	62.47
		9.0	-93.95	-216.87

KETERANGAN KOMBINASI BEBAN

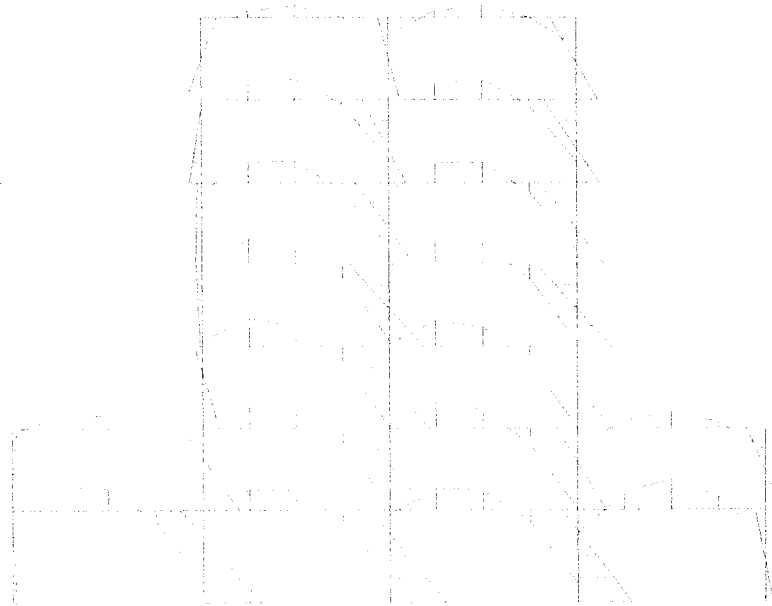
1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L$
3. $1,2 D + 0,5 L + 1,5 E$
4. $1,2 D + 0,5 L - 1,5 E$
5. $0,9 D + 1,5 E$
6. $0,9 D - 1,5 E$

D : BEBAN MATI

L : BEBAN HIDUP

E : BEBAN GEMPA STATIK EKUIVALEN

0.1



sorga

FRAME

OUTPUT M33

LOAD 3

ENVELOPES

MIN < 32>

-.7903E+03

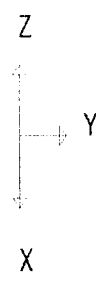
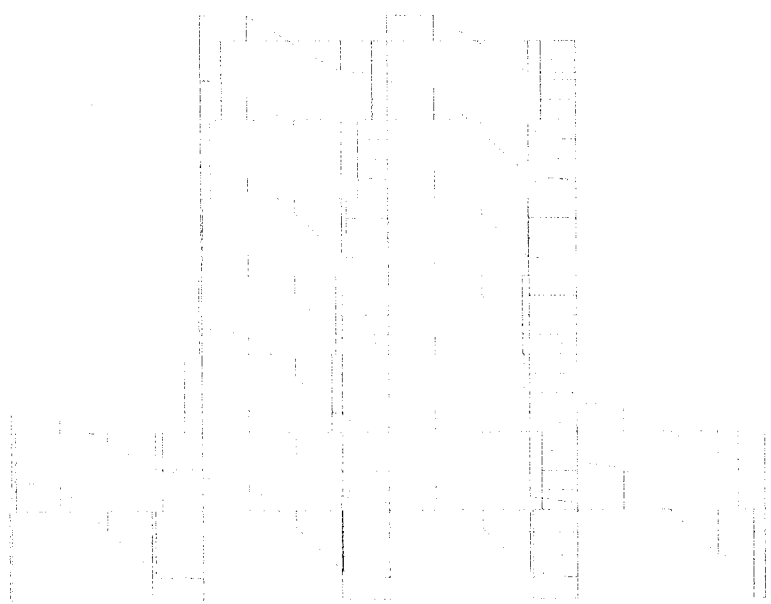
AT 9.00

MAX < 20>

.4446E+03

AT 3.50

SAP90

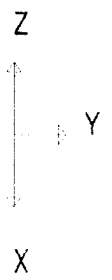
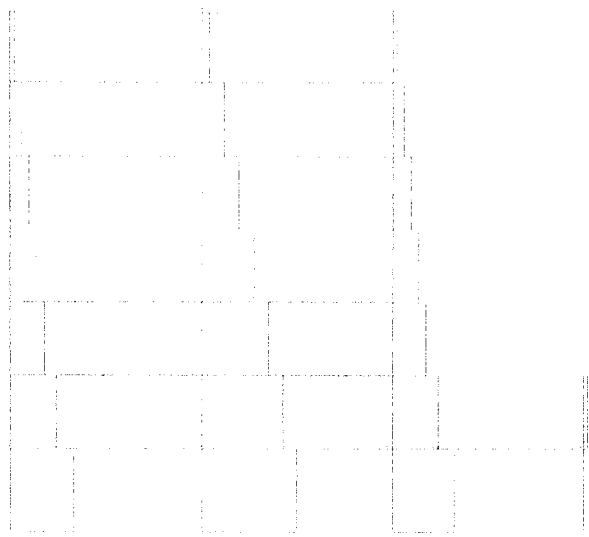


sorga
FRAME
OUTPUT V22
LOAD 3

ENVELOPES
MIN < 34>
-.2961E+03
AT 9.00
MAX < 12>
.2528E+03
AT .00

SAP90

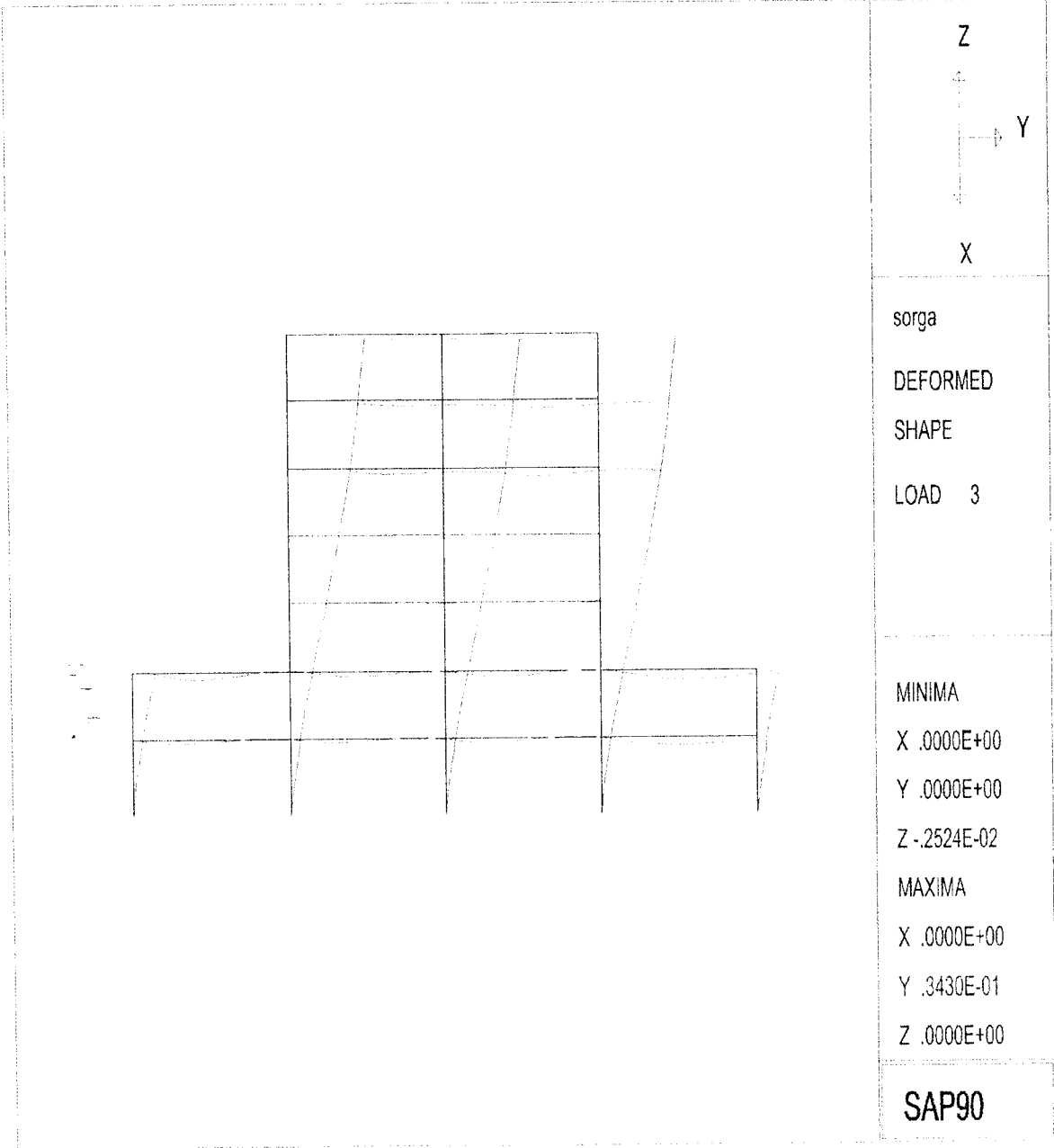
111



sorga
FRAME
OUTPUT P
LOAD 2

ENVELOPES
MIN < 10>
-.3244E+04
AT .00
MAX < 27>
.6596E+02
AT .00

SAP90



PROGRAM:SAP90/FILE:TUGAS AKHIR.SOL
 PORTAL MEMBUJUR 2 DIMENSI AISC LRFD KN-M OLEH M.ALI & RM.BAYU AJI

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

LOAD COMBINATION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(Y)	U(Z)	R(X)
1	.000000	.000000	.000000
2	.000000	.000000	.000000
3	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	.000000
5	.000000	.000000	.000000
6	-.000027	-.000245	-.001295
7	-.1393E-04	-.4961E-03	.6458E-04
8	.0000E+00	-.7642E-03	.0000E+00
9	.1393E-04	-.4961E-03	-.6458E-04
10	.000027	-.000245	.001295
11	.000016	-.000327	-.002202
12	-.4392E-05	-.8185E-03	-.3051E-04
13	.000000	-.001333	.000000
14	.4392E-05	-.8185E-03	.3051E-04
15	-.000016	-.000327	.002202
16	-.000011	-.001054	-.000206
17	.000000	-.001800	.000000
18	.000011	-.001054	.000206
19	.000002	-.001239	-.000168
20	.000000	-.002165	.000000
21	-.000002	-.001239	.000168
22	.000000	-.001373	-.000179
23	.000000	-.002428	.000000
24	-.000000	-.001373	.000179
25	-.000005	-.001455	-.000163
26	.000000	-.002590	.000000
27	.000005	-.001455	.000163
28	.000036	-.001486	-.000267
29	.000000	-.002651	.000000
30	-.000036	-.001486	.000267

LOAD COMBINATION 2 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(Y)	U(Z)	R(X)
1	.000000	.000000	.000000
2	.000000	.000000	.000000
3	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	.000000
5	.000000	.000000	.000000
6	-.000031	-.000276	-.001607
7	-.1736E-04	-.5767E-03	.8822E-04
8	.0000E+00	-.8954E-03	.0000E+00
9	.1736E-04	-.5767E-03	-.8822E-04
10	.000031	-.000276	.001607
11	.000015	-.000361	-.002227
12	-.7324E-05	-.9486E-03	-.7233E-04
13	.000000	-.001560	.000000
14	.7324E-05	-.9486E-03	.7233E-04
15	-.000015	-.000361	.002227

16	-.000010	-.001223	-.000240
17	.000000	-.002105	.000000
18	.000010	-.001223	.000240
19	.000002	-.001438	-.000205
20	.000000	-.002529	.000000
21	-.000002	-.001438	.000205
22	-.000000	-.001592	-.000214
23	.000000	-.002831	.000000
24	.000000	-.001592	.000214
25	-.000002	-.001684	-.000210
26	.000000	-.003014	.000000
27	.000002	-.001684	.000210
28	.000039	-.001716	-.000261
29	.000000	-.003078	.000000
30	-.000039	-.001716	.000261

LOAD COMBINATION 3 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(Y)	U(Z)	R(X)
1	.000000	.000000	.000000
2	.000000	.000000	.000000
3	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	.000000
5	.000000	.000000	.000000
6	.004110	-.000176	-.001471
7	.004104	-.000364	-.001145
8	.004112	-.000730	-.001188
9	.004119	-.000581	-.001273
10	.004136	-.000285	.001061
11	.009861	-.000235	-.002704
12	.009833	-.000583	-.001587
13	.009833	-.001273	-.001413
14	.009822	-.000974	-.001505
15	.009790	-.000375	.001287
16	.016245	-.000737	-.001845
17	.016242	-.001719	-.001457
18	.016244	-.001270	-.001452
19	.022356	-.000864	-.001612
20	.022336	-.002066	-.001294
21	.022328	-.001495	-.001284
22	.027435	-.000961	-.001315
23	.027412	-.002316	-.001023
24	.027404	-.001652	-.000969
25	.031265	-.001024	-.001002
26	.031241	-.002468	-.000748
27	.031235	-.001743	-.000678
28	.034299	-.001049	-.001025
29	.034239	-.002524	-.000756
30	.034198	-.001774	-.000548

LOAD COMBINATION 4 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(Y)	U(Z)	R(X)
1	.000000	.000000	.000000
2	.000000	.000000	.000000
3	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	.000000

28	-.034242	-.001317	.000614
29	-.034239	-.001704	.000756
30	-.034254	-.000593	.000959

LOAD COMBINATION 6 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(Y)	U(Z)	R(X)
1	.000000	.000000	.000000
2	.000000	.000000	.000000
3	.000000	.000000	.000000
4	.000000	.000000	.000000
5	.000000	.000000	.000000
6	.004118	-.000103	-.001038
7	.004109	-.000211	-.001169
8	.004112	-.000491	-.001188
9	.004114	-.000427	-.001249
10	.004128	-.000212	.000628
11	.009858	-.000140	-.002126
12	.009835	-.000330	-.001566
13	.009833	-.000857	-.001413
14	.009820	-.000722	-.001526
15	.009793	-.000280	.000709
16	.016247	-.000411	-.001781
17	.016242	-.001157	-.001457
18	.016242	-.000945	-.001516
19	.022356	-.000481	-.001557
20	.022336	-.001392	-.001294
21	.022329	-.001112	-.001339
22	.027435	-.000537	-.001258
23	.027412	-.001561	-.001023
24	.027403	-.001228	-.001026
25	.031265	-.000576	-.000945
26	.031241	-.001665	-.000748
27	.031234	-.001295	-.000735
28	.034288	-.000593	-.000958
29	.034239	-.001704	-.000756
30	.034208	-.001317	-.000615

PROGRAM: SAP90/FILE: SORGA.SOL

PORTAL MEMBUJUR 2 DIMENSI AISC LRFD KN-M OLEH M.ALI & RM.BAYU AJI

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD COMBINATION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
1	20.8674	283.3640	-27.9693
2	-14.0654	1797.0017	17.6201
3	.0000	2768.3166	.0000
4	14.0654	1797.0017	-17.6201
5	-20.8674	283.3640	27.9693
6	.0000	.0000	.0000
7	.0000	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000	.0000	.0000
11	.0000	.0000	.0000

12	.0000	.0000	.0000
13	.0000	.0000	.0000
14	.0000	.0000	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000E+00	.1234E-11	.0000E+00
17	.0000E+00	-.4417E-11	.0000E+00
18	.0000	.0000	.0000
19	.0000E+00	-.1552E-11	.0000E+00
20	.0000E+00	.1432E-11	.0000E+00
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000E+00	-.1074E-11	.0000E+00
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000E+00	.1910E-11	.0000E+00
26	.0000E+00	-.5332E-11	.0000E+00
27	.0000	.0000	.0000
28	.0000E+00	-.2129E-11	.0000E+00
29	.0000E+00	-.1671E-11	.0000E+00
30	.0000	.0000	.0000

LOAD COMBINATION 2 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
1	25.8824	318.4952	-34.6769
2	-19.4162	2089.0936	24.4753
3	.0000	3243.6863	.0000
4	19.4162	2089.0936	-24.4753
5	-25.8824	318.4952	34.6769
6	.0000	.0000	.0000
7	.0000	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000	.0000	.0000
11	.0000	.0000	.0000
12	.0000	.0000	.0000
13	.0000	.0000	.0000
14	.0000	.0000	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000E+00	.1216E-11	.0000E+00
17	.0000E+00	-.4127E-11	.0000E+00
18	.0000	.0000	.0000
19	.0000E+00	-.1910E-11	.0000E+00
20	.0000E+00	.1296E-11	.0000E+00
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000	.0000	.0000
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000E+00	.1137E-11	.0000E+00
26	.0000E+00	-.6617E-11	.0000E+00
27	.0000	.0000	.0000
28	.0000E+00	-.1927E-11	.0000E+00
29	.0000E+00	-.1577E-11	.0000E+00
30	.0000	.0000	.0000

LOAD COMBINATION 3 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
-------	------	------	------

1	-9.3066	203.1718	34.2539
2	-221.3653	1320.3038	629.1402
3	-211.7563	2645.1953	616.9410
4	-191.8954	2103.2377	591.0458
5	-49.9014	329.6755	88.5232
6	48.0000	.0000	.0000
7	-.2817E-11	.0000E+00	.0000E+00
8	.2438E-11	.0000E+00	.0000E+00
9	.0000	.0000	.0000
10	-.2021E-11	.0000E+00	.0000E+00
11	82.5000	.0000	.0000
12	-.1968E-11	.0000E+00	.0000E+00
13	-.5348E-11	.0000E+00	.1118E-11
14	.1781E-11	.0000E+00	.0000E+00
15	.1568E-11	.0000E+00	.0000E+00
16	73.0500	.0000	.0000
17	.9588E-11	-.3882E-11	.0000E+00
18	-.1230E-10	.0000E+00	.0000E+00
19	96.0000	.0000	.0000
20	-.1768E-10	.1217E-11	.1823E-11
21	.0000E+00	.0000E+00	-.1799E-11
22	120.0000	.0000	.0000
23	-.2286E-10	.0000E+00	.1108E-11
24	-.1049E-10	-.1435E-11	.0000E+00
25	142.8000	.0000	.0000
26	-.1033E-10	-.5194E-11	-.2139E-11
27	-.1241E-10	.0000E+00	.1083E-11
28	121.8750	.0000	.0000
29	.3172E-10	-.1515E-11	.1810E-11
30	-.1057E-10	.0000E+00	.0000E+00

LOAD COMBINATION 4 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
1	50.0768	329.8525	-88.8908
2	192.6531	2103.2746	-593.0766
3	211.7563	2644.7675	-616.9410
4	220.6075	1320.3407	-627.1094
5	9.1312	203.3488	-33.8863
6	-48.0000	.0000	.0000
7	.2800E-11	.0000E+00	.0000E+00
8	-.2433E-11	.0000E+00	.0000E+00
9	-.1007E-11	.0000E+00	.0000E+00
10	.1986E-11	.0000E+00	.0000E+00
11	-82.5000	.0000	.0000
12	.1965E-11	.0000E+00	.0000E+00
13	.5353E-11	.0000E+00	-.1269E-11
14	-.1779E-11	.0000E+00	.0000E+00
15	-.1587E-11	.0000E+00	.0000E+00
16	-73.0500	.0000	.0000
17	-.9554E-11	-.3903E-11	.0000E+00
18	.1233E-10	.0000E+00	.0000E+00
19	-96.0000	.0000	.0000
20	.1767E-10	.1281E-11	-.1673E-11
21	.0000E+00	.0000E+00	.1526E-11
22	-120.0000	.0000	.0000
23	.2289E-10	.0000E+00	-.1108E-11

24	.1049E-10	.0000E+00	.0000E+00
25	-142.8000	.0000	.0000
26	.1031E-10	-.5226E-11	.2125E-11
27	.1239E-10	.0000E+00	-.1219E-11
28	-121.8750	.0000	.0000
29	-.3172E-10	-.1440E-11	-.1814E-11
30	.1061E-10	.0000E+00	.0000E+00

LOAD COMBINATION 5 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
1	43.1065	245.5029	-79.5526
2	197.9672	1546.7008	-599.7812
3	211.7563	1779.4182	-616.9410
4	215.2935	763.7669	-620.4048
5	16.1016	118.9993	-43.2245
6	-48.0000	.0000	.0000
7	.2802E-11	.0000E+00	.0000E+00
8	-.2435E-11	.0000E+00	.0000E+00
9	-.1003E-11	.0000E+00	.0000E+00
10	.1991E-11	.0000E+00	.0000E+00
11	-82.5000	.0000	.0000
12	.1963E-11	.0000E+00	.0000E+00
13	.5352E-11	.0000E+00	-.1245E-11
14	-.1778E-11	.0000E+00	.0000E+00
15	-.1584E-11	.0000E+00	.0000E+00
16	-73.0500	.0000	.0000
17	-.9558E-11	-.2850E-11	.0000E+00
18	.1233E-10	.0000E+00	.0000E+00
19	-96.0000	.0000	.0000
20	.1767E-10	.0000E+00	-.1697E-11
21	.0000E+00	.0000E+00	.1560E-11
22	-120.0000	.0000	.0000
23	.2288E-10	.0000E+00	-.1108E-11
24	.1049E-10	.0000E+00	.0000E+00
25	-142.8000	.0000	.0000
26	.1031E-10	-.3444E-11	.2132E-11
27	.1239E-10	.0000E+00	-.1202E-11
28	-121.8750	.0000	.0000
29	-.3172E-10	-.1037E-11	-.1812E-11
30	.1060E-10	.0000E+00	.0000E+00

LOAD COMBINATION 6 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	F(Z)	M(X)
1	-16.2769	118.8223	43.5921
2	-216.0512	763.7300	622.4356
3	-211.7563	1779.8460	616.9410
4	-197.2094	1546.6638	597.7504
5	-42.9311	245.3259	79.1850
6	48.0000	.0000	.0000
7	-.2815E-11	.0000E+00	.0000E+00
8	.2435E-11	.0000E+00	.0000E+00
9	.0000	.0000	.0000
10	-.2017E-11	.0000E+00	.0000E+00
11	82.5000	.0000	.0000
12	-.1970E-11	.0000E+00	.0000E+00

13	-.5349E-11	.0000E+00	.1143E-11
14	.1782E-11	.0000E+00	.0000E+00
15	.1571E-11	.0000E+00	.0000E+00
16	73.0500	.0000	.0000
17	.9584E-11	-.2829E-11	.0000E+00
18	-.1230E-10	.0000E+00	.0000E+00
19	96.0000	.0000	.0000
20	-.1768E-10	.0000E+00	.1799E-11
21	.0000E+00	.0000E+00	-.1765E-11
22	120.0000	.0000	.0000
23	-.2286E-10	.0000E+00	.1108E-11
24	-.1049E-10	-.1226E-11	.0000E+00
25	142.8000	.0000	.0000
26	-.1032E-10	-.3412E-11	-.2132E-11
27	-.1241E-10	.0000E+00	.1100E-11
28	121.8750	.0000	.0000
29	.3172E-10	-.1112E-11	.1812E-11
30	-.1058E-10	.0000E+00	.0000E+00

PROGRAM:SAP90/FILE:TUGAS AKHIR.F3F

PORTAL MELINTANG 2 DIMENSI AISC LRFD 1986 KN-M
OLEH MUHAMMAD ALI & RM.BAYU AJI

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE	
				SHEAR	MOMENT
1					
1	-854.55		.0	-24.87	34.01
			4.0	-24.87	-65.46
2	-952.41		.0	-28.37	38.80
			4.0	-28.37	-74.68
3	-341.63		.0	169.66	-879.71
			4.0	169.66	-201.08
4	-1260.77		.0	-216.70	944.04
			4.0	-216.70	77.25
5	-1008.93		.0	-209.16	933.74
			4.0	-209.16	97.09
6	-89.79		.0	177.19	-890.01
			4.0	177.19	-181.25
8					
1	-1638.57		.0	-.29	.67
			4.0	-.29	-.50
2	-1841.19		.0	-.33	.76
			4.0	-.33	-.57
3	-1544.98		.0	230.98	-962.08
			4.0	230.98	-38.15
4	-1536.93		.0	-231.54	963.35
			4.0	-231.54	37.20
5	-1049.34		.0	-231.45	963.15
			4.0	-231.45	37.35
6	-1057.39		.0	231.07	-962.28
			4.0	231.07	-38.00
15					
1	-1638.57		.0	.29	-.67
			4.0	.29	.50
2	-1841.19				

		.0	.33	-.76
		4.0	.33	.57
3	-1537.19	.0	231.29	-962.63
		4.0	231.29	-37.47
4	-1544.72	.0	-230.73	961.36
		4.0	-230.73	38.42
5	-1057.13	.0	-230.82	961.56
		4.0	-230.82	38.27
6	-1049.60	.0	231.20	-962.43
		4.0	231.20	-37.62

22				
1	-854.55	.0	24.87	-34.01
		4.0	24.87	65.46
2	-952.41	.0	28.37	-38.80
		4.0	28.37	74.68
3	-1260.51	.0	216.02	-941.96
		4.0	216.02	-77.88
4	-341.89	.0	-168.98	877.63
		4.0	-168.98	201.70
5	-90.05	.0	-176.52	887.93
		4.0	-176.52	181.87
6	-1008.67	.0	208.49	-931.66
		4.0	208.49	-97.71

2				
1	-724.98	.0	-50.47	93.53
		3.5	-50.47	-83.12
2	-806.84	.0	-57.58	106.71
		3.5	-57.58	-94.83
3	-290.10	.0	106.65	-334.50
		3.5	106.65	38.78
4	-1068.50	.0	-202.12	511.42
		3.5	-202.12	-196.01
5	-855.20	.0	-186.83	483.08
		3.5	-186.83	-170.83
6	-76.79	.0	121.94	-362.83
		3.5	121.94	63.96

3				
1	-594.47			

		.0	.33	-.76
		4.0	.33	.57
3	-1537.19	.0	231.29	-962.63
		4.0	231.29	-37.47
4	-1544.72	.0	-230.73	961.36
		4.0	-230.73	38.42
5	-1057.13	.0	-230.82	961.56
		4.0	-230.82	38.27
6	-1049.60	.0	231.20	-962.43
		4.0	231.20	-37.62

22				
1	-854.55	.0	24.87	-34.01
		4.0	24.87	65.46
2	-952.41	.0	28.37	-38.80
		4.0	28.37	74.68
3	-1260.51	.0	216.02	-941.96
		4.0	216.02	-77.88
4	-341.89	.0	-168.98	877.63
		4.0	-168.98	201.70
5	-90.05	.0	-176.52	887.93
		4.0	-176.52	181.87
6	-1008.67	.0	208.49	-931.66
		4.0	208.49	-97.71

2				
1	-724.88	.0	-50.47	93.53
		3.5	-50.47	-83.12
2	-806.84	.0	-57.58	106.71
		3.5	-57.58	-94.83
3	-290.10	.0	106.65	-334.50
		3.5	106.65	38.78
4	-1068.50	.0	-202.12	511.42
		3.5	-202.12	-196.01
5	-855.20	.0	-186.83	483.08
		3.5	-186.83	-170.83
6	-76.79	.0	121.94	-362.83
		3.5	121.94	63.96

3				
1	-594.47			

		.0	-45.86	79.26
		3.5	-45.86	-81.23
2	-660.43	.0	-52.31	90.42
		3.5	-52.31	-92.66
3	-256.01	.0	92.78	-164.06
		3.5	92.78	160.67
4	-857.39	.0	-179.52	313.99
		3.5	-179.52	-314.32
5	-882.95	.0	-165.63	289.98
		3.5	-165.63	-289.72
6	-81.87	.0	106.67	-188.07
		3.5	106.67	185.28
<hr/>				
4				
1	-463.75	.0	-47.03	82.32
		3.5	-47.03	-82.27
2	-513.67	.0	-53.65	93.91
		3.5	-53.65	-93.88
3	-221.49	.0	69.96	-40.52
		3.5	69.96	204.32
4	-646.12	.0	-158.91	196.24
		3.5	-158.91	-359.96
5	-510.44	.0	-144.67	171.30
		3.5	-144.67	-335.03
6	-85.81	.0	84.20	-65.46
		3.5	84.20	229.25
<hr/>				
5				
1	-332.75	.0	-47.07	82.40
		3.5	-47.07	-82.35
2	-366.60	.0	-53.61	93.94
		3.5	-53.61	-93.68
3	-176.89	.0	44.74	43.70
		3.5	44.74	200.28
4	-444.41	.0	-133.72	112.13
		3.5	-133.72	-355.88
5	-347.67	.0	-119.49	87.18
		3.5	-119.49	-331.02
6	-80.16			

		.0	58.97	18.75
		3.5	58.97	225.15
6		-----		
1	-201.55	.0	-47.85	83.14
		3.5	-47.85	-84.33
2	-219.30	.0	-55.09	95.09
		3.5	-55.09	-97.73
3	-117.60	.0	12.17	98.86
		3.5	12.17	141.44
4	-257.00	.0	-102.99	58.57
		3.5	-102.99	-301.90
5	-199.27	.0	-88.34	33.30
		3.5	-88.34	-275.88
6	-59.87	.0	26.82	73.59
		3.5	26.82	167.46
7		-----		
1	-70.28	.0	-47.07	81.41
		3.5	-47.07	-83.32
2	-71.95	.0	-51.03	91.12
		3.5	-51.03	-87.49
3	-43.90	.0	-26.86	97.97
		3.5	-26.86	3.97
4	-83.90	.0	-60.51	54.93
		3.5	-60.51	-156.85
5	-65.17	.0	-47.08	30.82
		3.5	-47.08	-133.97
6	-25.18	.0	-13.43	73.86
		3.5	-13.43	26.85
9		-----		
1	-1386.21	.0	.27	-.92
		3.5	.27	.03
2	-1555.63	.0	.32	-1.06
		3.5	.32	.05
3	-1305.63	.0	251.83	-593.58
		3.5	251.83	287.82
4	-1300.38	.0	-251.31	591.83
		3.5	-251.31	-287.76
5	-888.51			

		.0	-251.40	592.12
		3.5	-251.40	-287.78
6	-893.76	.0	251.75	-593.30
		3.5	251.75	287.81

10				
1	-1134.58	.0	-1.08	2.02
		3.5	-1.08	-1.75
2	-1270.90	.0	-1.22	2.29
		3.5	-1.22	-1.98
3	-1067.23	.0	235.11	-411.51
		3.5	235.11	411.36
4	-1064.27	.0	-237.14	415.33
		3.5	-237.14	-414.66
5	-727.89	.0	-236.82	414.72
		3.5	-236.82	-414.13
6	-730.86	.0	235.43	-412.12
		3.5	235.43	411.88

11				
1	-883.27	.0	-1.03	1.62
		3.5	-1.03	-1.99
2	-986.52	.0	-1.15	1.81
		3.5	-1.15	-2.21
3	-829.30	.0	208.17	-286.16
		3.5	208.17	442.43
4	-828.28	.0	-210.10	289.20
		3.5	-210.10	-446.16
5	-567.31	.0	-209.80	288.72
		3.5	-209.80	-445.58
6	-568.33	.0	208.47	-286.64
		3.5	208.47	443.01

12				
1	-632.24	.0	-1.39	2.43
		3.5	-1.39	-2.43
2	-702.45	.0	-1.60	2.77
		3.5	-1.60	-2.84
3	-591.99	.0	168.19	-177.36
		3.5	168.19	411.30

4	-592.19	.0	-170.83	181.95
		3.5	-170.83	-415.94
5	-406.54	.0	-170.40	181.22
		3.5	-170.40	-415.18
6	-406.34	.0	168.62	-178.09
		3.5	168.62	412.06

13				
1	-381.41	.0	-1.76	2.81
		3.5	-1.76	-3.34
2	-418.62	.0	-1.89	3.06
		3.5	-1.89	-3.56
3	-355.25	.0	119.76	-93.62
		3.5	119.76	325.53
4	-355.90	.0	-123.01	98.85
		3.5	-123.01	-331.68
5	-245.51	.0	-122.51	98.05
		3.5	-122.51	-330.75
6	-244.87	.0	120.26	-94.43
		3.5	120.26	326.46

14				
1	-130.65	.0	-1.33	2.17
		3.5	-1.33	-2.48
2	-134.83	.0	-1.57	2.56
		3.5	-1.57	-2.95
3	-118.92	.0	64.02	-66.11
		3.5	64.02	157.95
4	-119.33	.0	-66.57	70.26
		3.5	-66.57	-162.72
5	-84.19	.0	-66.15	69.58
		3.5	-66.15	-161.93
6	-83.79	.0	64.44	-66.79
		3.5	64.44	158.74

16				
1	-1386.21	.0	-.27	.92
		3.5	-.27	-.03
2	-1555.63	.0	-.32	1.06
		3.5	-.32	-.05

	3	-1300.57	.0	251.29	-591.84
			3.5	251.29	287.66
	4	-1305.44	.0	-251.80	593.59
			3.5	-251.80	-287.72
	5	-893.57	.0	-251.72	593.31
			3.5	-251.72	-287.71
	6	-888.70	.0	251.37	-592.13
			3.5	251.37	287.67
17	-----				
	1	-1134.58	.0	1.08	-2.02
			3.5	1.08	1.75
	2	-1270.90	.0	1.22	-2.29
			3.5	1.22	1.98
	3	-1064.41	.0	237.09	-415.24
			3.5	237.09	414.58
	4	-1067.09	.0	-235.06	411.42
			3.5	-235.06	-411.28
	5	-730.71	.0	-235.38	412.03
			3.5	-235.38	-411.81
	6	-728.04	.0	236.77	-414.63
			3.5	236.77	414.06
18	-----				
	1	-683.27	.0	1.03	-1.62
			3.5	1.03	1.99
	2	-986.52	.0	1.15	-1.81
			3.5	1.15	2.21
	3	-828.37	.0	210.03	-289.08
			3.5	210.03	446.04
	4	-829.21	.0	-208.10	286.03
			3.5	-208.10	-442.30
	5	-568.24	.0	-208.40	286.51
			3.5	-208.40	-442.89
	6	-567.40	.0	209.73	-288.60
			3.5	209.73	445.45
19	-----				
	1	-632.24	.0	1.39	-2.43
			3.5	1.39	2.43

2	-702.45	.0	1.60	-2.77
		3.5	1.60	2.84
3	-592.23	.0	170.80	-181.87
		3.5	170.80	415.92
4	-591.95	.0	-168.16	177.28
		3.5	-168.16	-411.29
5	-406.30	.0	-168.59	178.01
		3.5	-168.59	-412.05
6	-406.58	.0	170.37	-181.14
		3.5	170.37	415.17

20				
1	-381.41	.0	1.76	-2.81
		3.5	1.76	3.34
2	-418.62	.0	1.89	-3.06
		3.5	1.89	3.56
3	-355.88	.0	122.76	-98.63
		3.5	122.76	331.04
4	-355.27	.0	-119.51	93.40
		3.5	-119.51	-324.88
5	-244.89	.0	-120.01	94.21
		3.5	-120.01	-325.81
6	-245.49	.0	122.26	-97.82
		3.5	122.26	330.10

21				
1	-130.65	.0	1.33	-2.17
		3.5	1.33	2.48
2	-134.83	.0	1.57	-2.56
		3.5	1.57	2.95
3	-119.30	.0	66.77	-70.88
		3.5	66.77	162.83
4	-118.95	.0	-64.22	66.72
		3.5	-64.22	-158.06
5	-83.81	.0	-64.64	67.41
		3.5	-64.64	-158.85
6	-84.16	.0	66.35	-70.19
		3.5	66.35	162.04

23				

1	-724.88	.0	50.47	-93.53
		3.5	50.47	83.12
2	-806.84	.0	57.58	-106.71
		3.5	57.58	94.83
3	-1068.31	.0	202.18	-511.74
		3.5	202.18	195.90
4	-290.29	.0	-106.71	334.81
		3.5	-106.71	-38.67
5	-76.99	.0	-122.00	363.15
		3.5	-122.00	-63.86
6	-855.01	.0	186.89	-483.40
		3.5	186.89	170.72
24 -----				
1	-594.47	.0	45.86	-79.26
		3.5	45.86	81.23
2	-660.43	.0	52.31	-90.42
		3.5	52.31	92.66
3	-857.24	.0	179.47	-313.87
		3.5	179.47	314.28
4	-256.16	.0	-92.73	163.93
		3.5	-92.73	-160.63
5	-81.62	.0	-106.62	187.94
		3.5	-106.62	-185.24
6	-682.70	.0	165.58	-289.86
		3.5	165.58	289.68
25 -----				
1	-463.75	.0	47.03	-82.32
		3.5	47.03	82.27
2	-513.67	.0	53.65	-93.91
		3.5	53.65	93.88
3	-646.03	.0	158.79	-196.03
		3.5	158.79	359.74
4	-221.58	.0	-69.84	40.32
		3.5	-69.84	-204.11
5	-85.90	.0	-84.08	65.26
		3.5	-84.08	-229.04
6	-510.35			

		.0	144.55	-171.10
		3.5	144.55	334.81
26	-----			
1	-332.75			
		.0	47.07	-82.40
		3.5	47.07	82.35
2	-366.60			
		.0	53.61	-93.94
		3.5	53.61	93.68
3	-444.36			
		.0	133.77	-112.10
		3.5	133.77	356.11
4	-176.93			
		.0	-44.80	-43.72
		3.5	-44.80	-200.51
5	-80.20			
		.0	-59.03	-18.78
		3.5	-59.03	-225.37
6	-347.63			
		.0	119.54	-87.16
		3.5	119.54	331.24
27	-----			
1	-201.55			
		.0	47.85	-83.14
		3.5	47.85	84.33
2	-219.30			
		.0	55.09	-95.09
		3.5	55.09	97.73
3	-257.02			
		.0	102.31	-58.06
		3.5	102.31	300.04
4	-117.58			
		.0	-11.49	-99.37
		3.5	-11.49	-139.58
5	-59.85			
		.0	-26.14	-74.10
		3.5	-26.14	-165.60
6	-199.29			
		.0	87.66	-32.79
		3.5	87.66	274.02
28	-----			
1	-70.28			
		.0	47.07	-81.41
		3.5	47.07	83.32
2	-71.95			
		.0	51.03	-91.12
		3.5	51.03	87.49
3	-83.92			
		.0	61.07	-56.76
		3.5	61.07	156.98
4	-43.88			
		.0	26.30	-96.15
		3.5	26.30	-4.10
5	-25.16			

		.0	12.87	-72.03
		3.5	12.87	-26.98
6	-65.20	.0	47.64	-32.64
		3.5	47.64	134.10

29				
1	25.60	.0	121.27	-158.99
		4.0	.00	82.62
		8.0	-122.22	-162.76
2	29.21	.0	138.37	-181.39
		4.0	.00	94.27
		8.0	-139.45	-185.73
3	27.01	.0	44.34	133.42
		1.5	.00	167.56
		8.0	-185.96	-433.08
4	21.43	.0	185.07	-434.16
		6.4	.00	160.72
		8.0	-45.23	125.19
5	13.67	.0	148.33	-386.00
		7.6	.00	176.22
		8.0	-8.20	174.51
6	19.25	.0	7.60	181.59
		.4	.00	183.06
		8.0	-148.93	-383.76

30				
1	-4.61	.0	122.01	-162.38
		4.0	.00	82.16
		8.0	-121.48	-160.27
2	-5.27	.0	139.21	-185.25
		4.0	.00	93.75
		8.0	-138.62	-182.90
3	-53.63	.0	26.88	202.84
		.9	.00	215.39
		8.0	-203.42	-503.31
4	44.90	.0	203.92	-510.00
		7.1	.00	212.20
		8.0	-26.39	200.11
5	46.30	.0	166.95	-460.81
		8.0	10.42	248.68
6	-52.23	.0	-10.08	252.03
		8.0	-166.61	-454.74

31				

1	1.17	.0	122.32	-163.55
		4.0	.00	82.26
		8.0	-121.17	-158.92
2	1.35	.0	139.56	-186.57
		4.0	.00	93.86
		8.0	-138.26	-181.38
3	-74.67	.0	27.33	201.20
		.9	.00	214.17
		8.0	-202.98	-501.41
4	76.89	.0	204.07	-510.56
		7.1	.00	212.71
		8.0	-26.24	200.75
5	76.54	.0	167.01	-461.02
		8.0	10.48	248.92
6	-75.03	.0	-9.73	250.74
		8.0	-166.26	-453.24
32 -----				
1	.04	.0	122.60	-164.67
		4.0	.00	82.25
		8.0	-120.89	-157.84
2	-.05	.0	139.87	-187.82
		4.0	.00	93.85
		8.0	-137.95	-180.16
3	-104.23	.0	37.39	160.63
		1.3	.00	184.91
		8.0	-192.91	-461.45
4	104.25	.0	194.52	-472.09
		6.8	.00	185.07
		8.0	-35.79	162.82
5	104.27	.0	157.37	-422.21
		8.0	.85	210.66
6	-104.22	.0	.25	210.50
		8.0	-156.28	-413.60
33 -----				
1	.78	.0	122.80	-165.49
		4.0	.00	82.25
		8.0	-120.69	-157.02
2	1.49	.0	140.10	-188.77
		4.0	.00	93.84
		8.0	-137.72	-179.24

3	-127.93	.0	52.09	101.43
		1.8	.00	148.56
		8.0	-178.21	-403.05
4	129.77	.0	180.20	-414.45
		6.3	.00	149.56
		8.0	-50.10	105.97
5	129.35	.0	143.00	-364.32
		7.3	.00	158.24
		8.0	-13.53	153.57
6	-128.35	.0	14.89	151.55
		.8	.00	157.22
		8.0	-141.64	-355.45
34 -----				
1	-.78	.0	122.87	-165.74
		4.0	.00	82.28
		8.0	-120.62	-156.72
2	-4.06	.0	140.14	-188.85
		4.0	.00	93.93
		8.0	-137.68	-178.99
3	-152.98	.0	66.50	43.47
		2.3	.00	120.27
		8.0	-163.81	-345.77
4	149.52	.0	165.91	-356.84
		5.8	.00	121.23
		8.0	-64.40	49.20
5	150.74	.0	128.69	-306.70
		6.6	.00	116.54
		8.0	-27.83	96.74
6	-151.75	.0	29.28	93.60
		1.5	.00	115.52
		8.0	-127.24	-298.23
36 -----				
1	25.04	.0	121.74	-162.34
		4.0	.00	81.15
		8.0	-121.74	-162.34
2	28.56	.0	138.91	-185.23
		4.0	.00	92.59
		8.0	-138.91	-185.23
3	6.16	.0	46.18	122.35
		1.6	.00	159.39
		8.0	-184.12	-429.41

4	41.20			
		.0	184.12	-429.45
		6.4	.00	159.35
		8.0	-46.18	122.30
5	33.62			
		.0	147.23	-380.26
		7.5	.00	173.70
		8.0	-9.30	171.49
6	-1.42			
		.0	9.30	171.53
		.5	.00	173.74
		8.0	-147.23	-380.22
37 -----				
1	-3.27			
		.0	121.74	-162.27
		4.0	.00	81.22
		8.0	-121.74	-162.27
2	-3.73			
		.0	138.91	-185.15
		4.0	.00	92.67
		8.0	-138.91	-185.15
3	-36.91			
		.0	27.78	196.02
		1.0	.00	209.43
		8.0	-202.52	-502.96
4	30.72			
		.0	202.52	-502.99
		7.0	.00	209.39
		8.0	-27.78	195.99
5	31.71			
		.0	165.64	-453.82
		8.0	9.11	245.16
6	-35.91			
		.0	-9.11	245.19
		8.0	-165.64	-453.79
38 -----				
1	1.12			
		.0	121.74	-162.29
		4.0	.00	81.20
		8.0	-121.74	-162.29
2	1.27			
		.0	138.91	-185.18
		4.0	.00	92.65
		8.0	-138.91	-185.18
3	-47.74			
		.0	27.75	196.11
		1.0	.00	209.49
		8.0	-202.55	-503.08
4	49.86			
		.0	202.55	-503.11
		7.0	.00	209.45
		8.0	-27.75	196.07
5	49.52			
		.0	165.66	-453.94

		8.0	9.13	245.25
6	-48.08	.0	-9.13	245.28
		8.0	-165.66	-453.91
39 -----				
1	.40	.0	121.74	-162.26
		4.0	.00	81.23
		8.0	-121.74	-162.26
2	.40	.0	138.91	-185.14
		4.0	.00	92.68
		8.0	-138.91	-185.14
3	-64.25	.0	37.20	158.34
		1.3	.00	182.38
		8.0	-193.10	-465.26
4	64.98	.0	193.10	-465.29
		6.7	.00	182.35
		8.0	-37.20	158.31
5	64.87	.0	156.21	-416.13
		8.0	-.31	207.47
6	-64.36	.0	.31	207.51
		8.0	-156.21	-416.09
40 -----				
1	1.15	.0	121.74	-162.26
		4.0	.00	81.23
		8.0	-121.74	-162.26
2	1.77	.0	138.91	-185.14
		4.0	.00	92.68
		8.0	-138.91	-185.14
3	-79.50	.0	51.32	101.87
		1.8	.00	147.62
		8.0	-178.98	-408.78
4	81.96	.0	178.98	-408.82
		6.2	.00	147.58
		8.0	-51.32	101.84
5	81.47	.0	142.10	-359.66
		7.3	.00	156.32
		8.0	-14.43	151.00
6	-79.99	.0	14.43	151.04
		.7	.00	156.36
		8.0	-142.10	-359.62
41 -----				
1	-1.21			

		.0	121.74	-162.22
		4.0	.00	81.27
		8.0	-121.74	-162.22
2	-4.38			
		.0	138.91	-185.10
		4.0	.00	92.72
		8.0	-138.91	-185.10
3	-97.24			
		.0	65.33	45.87
		2.3	.00	119.99
		8.0	-164.98	-352.74
4	93.07			
		.0	164.98	-352.74
		5.7	.00	119.98
		8.0	-65.33	45.86
5	94.38			
		.0	128.09	-303.59
		6.5	.00	115.68
		8.0	-28.44	95.01
6	-95.93			
		.0	28.44	95.02
		1.5	.00	115.69
		8.0	-128.09	-303.58

43				
1	25.60			
		.0	122.22	-162.76
		4.0	.00	82.62
		8.0	-121.27	-158.99
2	29.21			
		.0	139.45	-185.73
		4.0	.00	94.27
		8.0	-138.37	-181.39
3	-13.84			
		.0	45.30	124.97
		1.6	.00	160.61
		8.0	-185.01	-433.86
4	62.27			
		.0	185.90	-432.87
		6.5	.00	167.36
		8.0	-44.40	133.11
5	54.51			
		.0	148.87	-383.55
		7.6	.00	182.78
		8.0	-7.66	181.28
6	-21.59			
		.0	8.27	174.29
		.4	.00	176.04
		8.0	-148.26	-385.69

44				
1	-4.61			
		.0	121.48	-160.27
		4.0	.00	82.16
		8.0	-122.01	-162.38
2	-5.27			

		.0	138.62	-182.90
		4.0	.00	93.75
		8.0	-139.21	-185.25
3	-22.71	.0	26.44	199.94
		.9	.00	212.08
		8.0	-203.87	-509.77
4	13.98	.0	203.37	-503.15
		7.1	.00	215.21
		8.0	-26.93	202.61
5	15.38	.0	166.56	-454.58
		8.0	10.03	251.80
6	-21.31	.0	-10.37	248.52
		8.0	-166.90	-460.58

45				
	1	1.17		
		.0	121.17	-158.92
		4.0	.00	82.26
		8.0	-122.32	-163.55
	2	1.35		
		.0	138.26	-181.38
		4.0	.00	93.85
		8.0	-139.56	-186.57
	3	-20.68		
		.0	26.29	200.58
		.9	.00	212.58
		8.0	-204.01	-510.32
	4	22.90		
		.0	202.93	-501.24
		7.0	.00	213.97
		8.0	-27.38	200.95
	5	22.54		
		.0	166.21	-453.07
		8.0	9.68	250.49
	6	-21.03		
		.0	-10.43	248.75
		8.0	-166.95	-460.78

46				
	1	.04		
		.0	120.89	-157.84
		4.0	.00	82.25
		8.0	-122.60	-164.67
	2	-.05		
		.0	137.95	-180.16
		4.0	.00	93.85
		8.0	-139.87	-187.82
	3	-25.02		
		.0	35.84	162.65
		1.2	.00	184.96
		8.0	-194.46	-471.85
	4	25.04		

		.0	192.86	-461.28
		6.7	.00	184.74
		8.0	-37.44	160.38
5	25.06			
		.0	156.23	-413.43
		8.0	-.30	210.26
6	-25.00			
		.0	-.79	210.49
		8.0	-157.32	-421.97

47				
1	.78			
		.0	120.69	-157.02
		4.0	.00	82.25
		8.0	-122.80	-165.49
2	1.49			
		.0	137.72	-179.24
		4.0	.00	93.84
		8.0	-140.10	-188.77
3	-31.46			
		.0	50.16	105.77
		1.7	.00	149.47
		8.0	-180.14	-414.16
4	33.31			
		.0	178.15	-402.85
		6.2	.00	148.38
		8.0	-82.15	101.14
5	32.88			
		.0	141.58	-355.25
		7.2	.00	156.98
		8.0	-14.95	151.27
6	-31.88			
		.0	13.59	153.37
		.7	.00	158.09
		8.0	-142.94	-364.04

48				
1	-.78			
		.0	120.62	-156.72
		4.0	.00	82.28
		8.0	-122.87	-165.74
2	-4.06			
		.0	137.68	-178.99
		4.0	.00	93.93
		8.0	-140.14	-188.85
3	-41.25			
		.0	64.40	49.18
		2.2	.00	121.22
		8.0	-165.90	-356.80
4	37.79			
		.0	163.80	-345.75
		5.7	.00	120.25
		8.0	-86.50	43.43
5	39.02			
		.0	127.24	-298.21
		6.5	.00	115.49

		9.0	29.29	93.57
6	-40.02	.0	27.84	96.72
		1.4	.00	116.52
		8.0	318.89	-306.66
<hr/>				
1	-67.07	.0	67.88	-83.32
		1.0	.00	41.45
		8.0	-80.87	-79.29
2	-51.03	.0	54.75	-87.49
		4.0	.00	43.28
		8.0	-63.50	-82.48
3	-191.85	.0	36.70	3.97
		2.6	.00	51.91
		8.0	-75.71	-152.06
4	104.49	.0	76.70	-156.85
		5.5	.00	52.45
		8.0	-35.72	7.05
5	117.92	.0	59.77	-133.97
		6.1	.00	47.14
		8.0	-19.14	28.58
6	-178.43	.0	19.78	26.85
		2.0	.00	46.69
		8.0	-59.13	-130.53
<hr/>				
1	-48.89	.0	61.38	-81.77
		4.0	.00	40.98
		8.0	-61.38	-81.77
2	-52.61	.0	64.13	-85.44
		4.0	.00	42.82
		8.0	-64.13	-85.44
3	-127.84	.0	36.01	5.90
		2.6	.00	52.04
		8.0	-76.41	-155.69
4	37.92	.0	76.41	-155.67
		5.4	.00	52.05
		8.0	-36.01	5.91
5	51.77	.0	59.65	-133.35
		6.0	.00	47.03
		8.0	-19.26	28.23
6	-113.99	.0	19.26	28.21
		2.0	.00	47.01

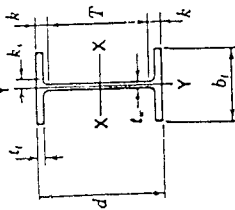
		8.0	-59.65	-133.37
49				
	1	-47.07		
		.0	60.87	-79.29
		4.0	.00	41.45
		8.0	-61.88	-83.32
	2	-51.03		
		.0	63.50	-82.48
		4.0	.00	43.28
		8.0	-64.75	-87.49
	3	-61.07		
		.0	35.69	7.14
		2.5	.00	52.47
		8.0	-76.72	-156.98
	4	-26.30		
		.0	75.74	-152.14
		5.4	.00	51.97
		8.0	-36.68	4.10
	5	-12.87		
		.0	59.16	-130.62
		6.0	.00	46.76
		8.0	-19.76	26.98
	6	-47.64		
		.0	19.11	28.67
		1.9	.00	47.18
		8.0	-59.80	-134.10

KETERANGAN KOMBINASI BEBAN

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L
3. 1,2 D + 0,5 L + 1,5 E
4. 1,2 D + 0,5 L - 1,5 E
5. 0,9 D + 1,5 E
6. 0,9 D - 1,5 E

D : BEBAN MATI
L : BEBAN HIDUP
E : BEBAN GEMPA

LAMPIRAN 3

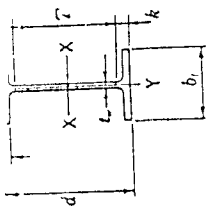


W SHAPES Dimensions

Designation	Area A In. ²	Depth d In.	Web		Flange		Distance				
			Thickness L In.	$\frac{L}{2}$ In.	Width b ₁ In.	Thickness t In.	T In.	k In.	k ₁ In.		
W 18x111*	91.5	22.32	1.520	3/4	12.005	2.740	2 1/4	15 3/4	3 1/4	1 1/2	1 1/2
x 283*	83.2	21.85	1.400	3/4	11.890	2.500	2 1/4	15 1/4	3 3/4	1 1/2	1 1/2
x 258*	75.9	21.46	1.280	3/4	11.770	2.300	2 1/4	15 1/4	3	1 1/2	1 1/2
x 234*	68.8	21.06	1.160	3/4	11.650	2.110	2 1/4	15 1/4	2 3/4	1	1 1/2
x 211*	62.1	20.67	1.060	3/4	11.555	1.910	1 1/4	15 1/4	2 1/4	1	1 1/2
x 192	56.4	20.35	0.960	1	11.455	1.750	1 1/4	15 1/4	2 1/4	1	1 1/2
x 175	51.3	20.04	0.890	1	11.375	1.590	1 1/4	15 1/4	2 1/4	1	1 1/2
x 158	46.3	19.72	0.810	1	11.300	1.440	1 1/4	15 1/4	2 1/4	1	1 1/2
x 143	42.1	19.49	0.730	1	11.220	1.320	1 1/4	15 1/4	2	1	1 1/2
x 130	38.2	19.25	0.670	1	11.160	1.200	1 1/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
x 119	35.1	18.97	0.655	1	11.265	1.080	1 1/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
x 106	31.1	18.73	0.590	1	11.200	0.940	1 1/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
x 97	28.5	18.59	0.535	1	11.145	0.870	1 1/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
x 86	25.3	18.39	0.480	1	11.090	0.770	3/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
x 76	22.3	18.21	0.425	1	11.035	0.680	3/4	15 1/4	1 1/4	1	1 1/2
W 18x71	20.8	18.47	0.495	3/4	7.635	0.810	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 65	19.1	18.35	0.450	3/4	7.590	0.750	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 60	17.6	18.24	0.415	3/4	7.555	0.695	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 55	16.2	18.11	0.390	3/4	7.530	0.630	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 50	14.7	17.99	0.355	3/4	7.495	0.570	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
W 18x46	13.5	18.06	0.360	3/4	6.060	0.605	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 40	11.8	17.90	0.315	3/4	6.015	0.525	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
x 35	10.3	17.70	0.300	3/4	6.000	0.425	5/8	15 1/4	1 1/4	3/4	3/4
W 16x100	29.4	16.97	0.585	3/4	10.425	1.0%	1 1/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 89	26.2	16.75	0.525	3/4	10.365	0.875	1	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 77	22.6	16.52	0.455	3/4	10.295	0.760	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 67	19.7	16.33	0.395	3/4	10.235	0.665	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
W 16x57	16.8	16.43	0.430	3/4	7.120	0.715	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 50	14.7	16.26	0.380	3/4	7.070	0.630	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 45	13.3	16.13	0.345	3/4	7.035	0.565	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 40	11.8	16.01	0.305	3/4	6.995	0.505	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 36	10.6	15.86	0.295	3/4	6.985	0.430	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
W 16x31	9.12	15.88	0.275	3/4	5.525	0.440	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4
x 26	7.68	15.69	0.250	3/4	5.500	0.345	3/4	13%	1 1/4	3/4	3/4

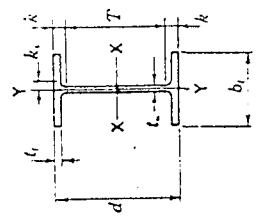
*For application refer to Notes in Table 2.

W SHAPES Properties



Non-Inst. Wh. per Ft. Lb.	$\frac{A}{2L}$	$\frac{I_x}{L^3}$	$\frac{I_y}{L^3}$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
				Axis X-X I In. ⁴	Axis X-X S In. ³	Axis X-X r In.	Axis Y-Y I In. ⁴	Axis Y-Y S In. ³	Axis Y-Y r In.	Z _x In. ³	Z _y In. ³
311	2.2	10.6	8160	624	6960	8.72	795	132	2.95	753	207
283	2.4	11.5	7520	564	6160	8.61	704	118	2.91	676	185
258	2.6	12.5	6920	514	5510	8.53	628	107	2.88	611	166
234	2.8	13.8	6360	466	4950	8.44	558	95.8	2.85	549	149
211	3.0	15.1	5800	419	4390	8.35	493	85.3	2.82	490	132
192	3.3	16.7	5320	374	3870	8.26	440	76.8	2.79	442	119
175	3.6	18.0	4870	344	3450	8.20	391	68.8	2.76	398	106
158	3.9	19.8	4430	306	3060	8.12	347	61.4	2.74	356	94.8
143	4.2	21.9	4060	275	2750	8.09	311	55.9	2.72	322	85.4
130	4.6	23.9	3710	246	2460	8.03	278	49.9	2.70	291	76.7
119	5.3	24.5	3340	219	2190	7.90	253	44.9	2.69	261	69.1
106	6.0	27.2	2990	190	1910	7.84	220	39.4	2.66	230	60.5
97	6.4	30.0	2750	166	1660	7.82	201	36.1	2.65	211	55.3
86	7.2	33.4	2500	146	1460	7.77	175	31.6	2.63	186	48.4
76	8.1	37.8	2180	133	1330	7.73	152	27.6	2.61	163	42.2
71	4.7	32.4	2680	127	1170	7.50	60.3	15.8	1.70	145	24.7
65	5.1	35.7	2470	117	1070	7.49	54.8	14.4	1.69	133	22.5
60	5.4	38.7	2290	108	984	7.47	50.1	13.3	1.69	123	20.6
55	6.0	41.2	2110	98.3	890	7.41	44.9	11.9	1.67	112	18.5
50	6.6	45.2	1920	800	863.9	7.38	40.1	10.7	1.65	101	16.6
46	5.0	44.6	2060	712	788.8	7.25	22.5	7.43	1.29	90.7	11.7
40	5.7	51.0	25	612	684	7.21	19.1	6.35	1.27	78.4	9.95
35	5.1	53.5	22	510	576	7.04	15.3	5.12	1.22	66.5	8.06
100	5.3	24.3	3450	175	1490	7.10	186	35.7	2.51	198	54.9
89	5.9	27.0	3090	155	1300	7.05	163	31.4	2.49	175	48.1
77	6.8	31.2	2680	134	1110	7.00	138	26.9	2.47	150	41.1
67	7.7	35.9	2350	117	954	6.96	119	23.2	2.46	130	35.5
57	5.0	33.0	2650	92.2	758	6.72	43.1	12.1	1.60	105	18.9
50	5.6	37.4	2340	68.9	553	6.68	37.2	10.5	1.59	92.0	16.3
45	6.2	41.2	2120	58.6	482	6.65	32.8	9.34	1.57	82.3	14.5
40	6.9	46.6	1890	518	448	6.63	28.9	8.25	1.57	72.9	12.7
36	8.1	49.1	1700	448	375	6.51	24.5	7.00	1.52	64.0	10.8
31	6.3	51.6	1740	375	301	6.41	24.5	4.49	1.17	54.0	7.03
26	8.0	56.8	20	301	38.4	6.26	9.59	3.49	1.12	44.2	5.48

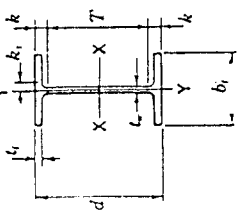
W SHAPES Dimensions



Designation	Area A in. ²	Depth d in.	Web		Flange		Distance							
			Thickness t _w in.	Thickness t _w / 2 in.	Width b _f in.	Thickness t _f in.	T	k	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄		
W 24x117 x104	34.4 30.6	24.26 24.06	0.550 0.500	$\frac{5}{16}$ $\frac{1}{2}$	12.800 12.750	$\frac{3}{8}$ $\frac{3}{8}$	21 21	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$
W 24x103 ^a x 94 x 84 x 76 x 68	30.3 27.7 24.7 22.4 20.1	24.53 24.31 24.10 23.92 23.73	0.550 0.515 0.470 0.440 0.415	$\frac{5}{16}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{1}{2}$	9.000 9.065 9.020 8.990 8.965	1 $\frac{7}{8}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{5}{8}$	21 21 21 21 21	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 1 1 1 1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$
W 24x 62 x 55	18.2 16.2	23.74 23.57	0.430 0.395	$\frac{3}{8}$ $\frac{7}{16}$	7.040 7.005	$\frac{5}{8}$ $\frac{5}{8}$	21 21	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$
W 21x402 ^a x364 ^a x333 ^a x300 ^a x275 ^a x248 ^a x223 ^a x201 ^a x182 ^a x166 ^a x147 ^a x132 ^a x122 ^a x111 ^a x101 ^a	118.0 107.0 97.9 88.2 80.8 72.8 65.4 59.2 53.6 48.8 43.2 38.8 35.9 32.7 29.8	26.02 25.47 25.00 24.53 24.13 23.74 23.35 23.03 22.72 22.48 22.06 21.83 21.68 21.51 21.36	1.730 1.590 1.460 1.320 1.220 1.100 1.000 0.910 0.830 0.750 0.720 0.650 0.600 0.550 0.500	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	13.405 13.265 13.130 12.990 12.850 12.775 12.675 12.575 12.500 12.420 12.360 12.310 12.290 12.290	3% 2% 2% 2% 2% 2% 2% 2% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1%	18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18% 18%	3% 3% 3% 3% 3% 3% 3% 2% 2% 2% 2% 2% 2% 2% 2% 2%	1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1%	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$
W 21x 93 x 83 x 73 x 68 x 62	27.3 24.3 21.5 20.0 18.3	21.62 21.43 21.24 21.13 20.99	0.560 0.515 0.455 0.430 0.400	$\frac{5}{16}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{1}{2}$	8.420 8.355 8.295 8.270 8.240	$\frac{5}{8}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$	18% 18% 18% 18% 18%	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 1 1 1 1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$
W 21x 57 x 50 x 44	16.7 14.7 13.0	21.06 20.83 20.66	0.405 0.380 0.350	$\frac{3}{8}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	6.555 6.530 6.500	$\frac{5}{8}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$	18% 18% 18%	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	1 1 1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$

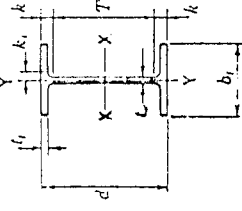
*For application refer to Notes in Table 2.
^aHeavier shapes in this series are available from some producers.

W SHAPES Properties



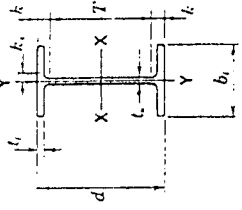
Non- nal Wt Per Fl Lb.	Compact Section Criteria			$X_2 \times 10^6$ (1/K ²) ²	Elastic Properties					Axis Y-Y			Plastic Modulus	
	$\frac{b_1}{2t}$	$\frac{h}{L}$	F_y		I in. ⁴	S in. ³	r in.	I in. ⁴	S in. ³	r in.	I in. ⁴	S in. ³	Z _x in. ³	Z _y in. ³
117	7.5	39.2	42	3540	291	10.1	297	46.5	2.94	189	327	71.4		
104	8.5	43.1	34	3100	258	10.1	259	40.7	2.91	188	289	62.4		
103	4.6	39.2	42	3000	245	9.96	119	26.5	1.99	189	280	41.5		
94	5.2	41.9	37	2700	222	9.87	109	24.0	1.98	188	254	37.5		
84	5.9	45.9	30	2370	196	9.79	94.4	20.9	1.95	189	224	32.6		
76	6.6	49.0	27	2100	176	9.69	82.5	18.4	1.92	192	200	28.6		
68	7.7	52.0	24	1830	154	9.55	70.4	15.7	1.87	177	177	24.5		
62	6.0	50.1	25	1550	131	9.23	34.5	9.80	1.38	153	153	15.7		
55	6.9	54.6	21	1350	114	9.11	29.1	8.30	1.34	134	134	13.3		
402	2.1	10.8	-	12200	937	10.2	1270	189	3.27	1130	296	296		
364	2.3	11.8	-	10800	846	10.0	1120	168	3.23	1010	263	263		
333	2.5	12.8	-	9610	769	9.91	994	151	3.19	915	237	237		
300	2.7	14.2	-	8480	692	9.81	873	134	3.15	816	210	210		
275	2.9	15.4	-	7620	632	9.71	785	122	3.12	741	189	189		
248	3.2	17.1	-	6760	569	9.63	694	109	3.09	663	169	169		
223	3.5	18.8	-	5950	510	9.54	609	96.1	3.05	589	149	149		
201	3.9	20.6	-	5310	461	9.47	542	86.1	3.02	530	133	133		
182	4.2	22.6	-	4700	417	9.40	483	77.2	3.00	476	119	119		
166	4.6	25.0	-	3590	369	9.36	435	70.1	2.98	432	108	108		
147	5.4	28.1	-	3140	329	9.17	376	60.1	2.95	373	92.6	92.6		
132	6.0	28.9	-	2840	320	9.12	333	53.5	2.93	333	82.3	82.3		
122	6.5	31.3	-	2630	273	9.09	305	49.2	2.92	307	75.6	75.6		
111	7.1	34.1	55	2400	249	9.05	274	44.5	2.90	279	68.2	68.2		
101	7.7	37.5	45	2200	227	9.02	248	40.3	2.89	253	61.7	61.7		
93	4.5	32.3	61	2680	340	8.70	92.9	22.1	1.84	221	34.7	34.7		
83	5.0	36.4	48	2400	300	8.67	81.4	19.5	1.83	196	30.5	30.5		
73	5.6	41.2	38	2140	260	8.64	70.6	17.0	1.81	172	26.6	26.6		
68	6.0	43.6	34	2000	240	8.60	64.7	15.7	1.80	160	24.4	24.4		
62	6.7	46.9	29	1820	220	8.54	57.5	13.9	1.77	144	21.7	21.7		
57	5.0	46.3	30	1960	230	8.36	30.6	9.35	1.35	129	14.8	14.8		
50	6.1	49.4	26	1730	200	8.18	24.9	7.64	1.30	110	12.2	12.2		
44	7.2	53.6	22	1550	180	8.06	20.7	6.36	1.26	95.4	10.2	10.2		

W SHAPES
Dimensions



Designation	Area A in. ²	Depth d in.	Web		Flange		Distance	
			Thickness L in.	$\frac{L}{2}$ in.	Width b _f in.	Thickness t _f in.	T in.	k ₁ in.
W 14x132	38.8	14.66	14%	1/4	14.725	14%	11 1/4	1 1/4
x 120	35.3	14.48	14%	3/8	14.670	14%	11 1/4	1 1/4
x 109	32.0	14.32	14%	1/2	14.605	14%	11 1/4	1 1/4
x 99	29.1	14.16	14%	5/8	14.565	14%	11 1/4	1 1/4
x 90	26.5	14.02	14	3/4	14.520	14%	11 1/4	1 1/4
W 14x82	24.1	14.31	14%	1/2	10.130	10%	11	1 1/4
x 74	21.8	14.17	14%	3/8	10.070	10%	11	1 1/4
x 68	20.0	14.04	14	1/2	10.035	10	11	1 1/4
x 51	17.9	13.89	13%	3/8	9.995	10	11	1 1/4
W 14x53	15.6	13.92	13%	3/8	8.060	8	11	1 1/4
x 48	14.1	13.79	13%	1/2	8.030	8	11	1 1/4
x 43	12.6	13.66	13%	3/4	7.995	8	11	1 1/4
W 14x38	11.2	14.10	14%	3/8	6.770	6%	12	1 1/4
x 34	10.0	13.98	14	1/2	6.745	6%	12	1 1/4
x 30	8.85	13.84	13%	3/4	5.730	6%	12	1 1/4
W 14x26	7.69	13.91	13%	1/2	5.025	5	12	1 1/4
x 22	6.49	13.74	13%	3/4	5.000	5	12	1 1/4

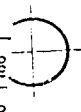
W SHAPES
Properties



Nominal Wt. per Ft. lb.	Compact Section Criteria		X ₁ Ksi	X ₂ x 10 ⁶ (1/Ksi) ²	Elastic Properties						Plastic Modulus	
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{L}{t_f}$			Axis X-X			Axis Y-Y			Z _x in. ³	Z _y in. ³
					I in. ⁴	S in. ³	r in.	I in. ⁴	S in. ³	r in.		
132	7.1	17.7	4180	428	1530	209	6.28	548	74.5	3.76	234	113
120	7.8	19.3	3830	601	1380	190	6.24	495	67.5	3.74	212	102
109	8.5	21.7	3490	853	1240	173	6.22	447	61.2	3.73	192	92.7
99	9.3	23.5	3190	1220	1110	157	6.17	402	55.2	3.71	173	83.6
90	10.2	25.9	2900	1750	999	143	6.14	362	49.9	3.70	157	75.6
82	5.9	22.4	3500	846	882	123	6.05	148	29.3	2.48	139	44.8
74	6.4	25.3	3290	1190	796	112	6.04	134	26.6	2.48	126	40.6
68	7.0	27.5	3020	1650	723	103	6.01	121	24.2	2.46	115	36.9
61	7.7	30.4	2720	2460	640	92.2	5.98	107	21.5	2.45	102	32.8
53	6.1	30.8	2830	2250	541	77.8	5.89	57.7	14.3	1.92	87.1	22.0
48	6.7	33.5	2580	3220	485	70.3	5.85	51.4	12.8	1.91	78.4	19.6
43	7.5	37.4	2320	4900	428	62.7	5.82	45.2	11.3	1.89	69.6	17.3
38	6.6	39.6	2190	6850	385	54.6	5.87	26.7	7.88	1.55	61.5	12.1
34	7.4	43.1	1970	10600	340	48.6	5.83	23.3	6.91	1.53	54.6	10.6
30	8.7	45.4	1750	17600	291	42.0	5.73	19.6	5.82	1.49	47.3	8.99
26	6.0	48.1	1890	13900	245	35.3	5.65	8.91	3.54	1.08	40.2	5.54
22	7.5	53.5	1610	27300	199	29.0	5.54	7.00	2.80	1.04	30.2	4.39

W 14x30	128	79.1	TFL	0.00	319	201	213	224	235	246	258	269	280	292	303	314	
				2	0.10	272	195	204	214	223	233	243	252	262	272	281	291
				3	0.19	225	187	195	203	211	219	227	235	243	251	259	267
				4	0.30	176	144	152	160	168	176	184	193	201	209	217	225

W 12x22	79.1	TFL	0.00	233	135	143	151	160	168	176	184	193	201	209	217	225	
				2	0.11	202	130	137	145	152	159	166	173	180	188	195	202
				3	0.21	172	126	132	138	144	150	155	162	168	174	180	186



PIPE

Dimensions and properties

Dimensions		Weight per Ft. Lbs. Per Lin. Ft.	Properties							
			Area, in. ²	I, in. ⁴	S, in. ³	r, in.	J, in. ²	Z, in. ³		
Standard Weight										
1/2	0.840	.622	.109	.85	.250	.017	.041	.261	.034	.059
3/8	1.050	.824	.113	1.13	.323	.037	.071	.334	.074	.100
1	1.315	1.049	.133	1.68	.494	.087	.133	.421	.175	.187
1 1/4	1.660	1.380	.140	2.27	.669	.195	.235	.540	.369	.324
1 1/2	1.990	1.610	.145	2.72	.799	.310	.326	.623	.620	.448
2	2.375	2.067	.154	3.65	1.07	.666	.561	.787	1.33	.761
2 1/2	2.875	2.469	.203	5.79	1.70	1.53	1.06	.947	3.06	1.45
3	3.500	3.068	.216	7.58	2.23	3.02	1.72	1.16	6.03	2.33
3 1/2	4.000	3.548	.226	9.11	2.68	4.79	2.39	1.34	9.58	3.22
4	4.500	4.026	.237	10.79	3.17	7.23	3.21	1.51	14.5	4.31
5	5.563	5.047	.258	14.62	4.30	15.2	5.45	1.88	30.3	7.27
6	6.625	6.065	.280	18.97	5.58	28.1	8.50	2.25	56.3	11.2
8	8.625	7.981	.322	28.55	8.40	72.5	16.8	3.94	145	22.2
10	10.750	10.020	.365	40.48	11.9	161	29.9	3.67	321	39.4
12	12.750	12.000	.375	49.56	14.6	279	43.8	4.38	559	57.4
Extra Strong										
1/2	.840	.546	.147	1.09	.320	.020	.048	.250	.040	.072
3/8	1.050	.742	.154	1.47	.433	.045	.085	.321	.090	.125
1	1.315	.957	.179	2.17	.639	.106	.161	.407	.211	.233
1 1/4	1.660	1.278	.191	3.00	.881	.242	.291	.524	.484	.414
1 1/2	1.990	1.500	.200	3.63	1.07	.391	.412	.605	.782	.581
2	2.375	1.939	.218	5.02	1.48	.868	.731	.766	1.74	1.02
2 1/2	2.875	2.323	.276	7.66	2.25	1.92	1.34	.924	3.85	1.87
3	3.500	2.900	.300	10.25	3.02	3.89	2.23	1.14	8.13	3.08
3 1/2	4.000	3.364	.318	12.50	3.68	6.28	3.14	1.31	12.6	4.32
4	4.500	3.826	.337	14.98	4.41	9.61	4.27	1.46	19.2	5.85
5	5.563	4.813	.375	20.78	6.11	20.7	7.43	1.84	41.3	10.1
6	6.625	5.761	.432	28.57	8.40	40.5	12.2	2.19	81.0	16.6
8	8.625	7.625	.500	43.39	12.8	106	24.5	2.88	211	33.0
10	10.750	9.750	.500	54.74	16.1	212	39.4	3.63	424	52.6
12	12.750	11.750	.500	65.42	19.2	362	56.7	4.33	723	75.1
Double-Extra Strong										
2	2.375	1.503	.436	9.03	2.66	1.31	1.10	.703	2.62	1.67
2 1/2	2.875	1.771	.552	13.69	4.03	2.87	2.00	.844	5.74	3.04
3	3.500	2.300	.600	18.58	5.47	5.99	3.42	1.05	12.0	5.12
4	4.500	3.152	.674	27.54	8.10	15.3	6.79	1.37	30.6	9.97
5	5.563	4.063	.750	38.16	11.3	33.6	12.1	1.72	67.3	17.5
6	6.625	4.897	.864	53.16	15.6	66.3	20.0	2.06	133	28.9
8	8.625	6.875	.875	72.42	21.3	162	37.6	2.76	324	52.8

The listed sections are available in conformance with ASTM Specification A53 Gr. B or A501. Other sections are made to these specifications. Consult with pipe manufacturers or distributors for availability.

STEEL PIPE AND STRUCTURAL TUBING

Dimensions and properties

GENERAL

When designing and specifying steel pipe or tubing as compression members, refer to comments in the notes for Columns, Steel Pipe and Structural Tubing, p. 2-33. For standard mill practices and tolerances, refer to p. 1-175. For material specifications and availability, see Table 4 (Part 1).

STEEL PIPE

The tables of dimensions and properties of steel pipe (unfilled) list a selected range of sizes of Standard, Extra Strong, and Double-Extra Strong pipe. For a complete range of sizes manufactured, refer to manufacturers' catalogs.

STRUCTURAL TUBING

The tables of dimensions and properties of square and rectangular structural tubing (unfilled) list a selected range of frequently used sizes. For dimensions and properties of other sizes, refer to manufacturers' catalogs.

The tables are based on an outside corner radius equal to two times the specified wall thickness. Material specifications stipulate that the outside corner radius may vary up to three times the specified wall thickness. This variation should be considered in those details where a close match or fit is important.



COMPOSITE DESIGN COMPOSITE BEAM SELECTION TABLE W Shapes $\phi_b = 0.85$

$F_y = 36 \text{ ksi}$

Shape	$\phi_b M_p$ Kip-ft	PNA ^a	Y1 ^b	ΣQ_n	ϕM_n (Kip-ft)										
					in.	Kips	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
W 27x102	824	TFL	0.00	1080	1190	1230	1270	1300	1340	1390	1420	1460	1500	1530	1570
		2	0.21	930	1170	1200	1230	1300	1360	1400	1430	1460	1500	1530	1570
		3	0.42	781	1140	1170	1200	1230	1280	1310	1340	1360	1390	1420	1460
		4	0.62	631	1120	1140	1160	1180	1210	1230	1250	1270	1290	1320	1340
		BFL	0.83	482	1090	1100	1120	1140	1160	1170	1190	1210	1220	1240	1260
		6	3.41	376	1060	1070	1080	1100	1110	1120	1140	1150	1160	1180	1190
		7	6.26	270	1010	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100
W 27x 94	751	TFL	0.00	997	1090	1130	1160	1200	1230	1270	1300	1340	1370	1410	1450
		2	0.19	853	1070	1100	1130	1160	1190	1230	1260	1290	1320	1350	1380
		3	0.37	729	1050	1080	1100	1130	1150	1180	1210	1230	1260	1290	1310
		4	0.56	595	1030	1050	1070	1090	1110	1130	1150	1170	1200	1220	1240
		BFL	0.75	461	1000	1020	1030	1050	1070	1080	1100	1120	1130	1150	1170
		6	3.39	355	972	985	997	1010	1020	1040	1050	1060	1070	1090	1100
		7	6.39	249	921	929	938	947	956	965	974	982	991	1000	1010
W 27x 84	659	TFL	0.00	893	971	1000	1030	1070	1100	1130	1160	1190	1220	1260	1290
		2	0.16	778	954	982	1010	1040	1060	1090	1120	1150	1170	1200	1230
		3	0.32	663	936	959	983	1010	1050	1080	1100	1120	1150	1170	1170
		4	0.48	549	916	936	955	975	994	1010	1030	1050	1070	1090	1110
		BFL	0.64	434	896	911	926	942	957	972	988	1000	1020	1030	1050
		6	3.44	329	866	878	890	901	913	925	936	948	960	971	983
		7	6.62	223	814	822	830	838	846	854	861	869	877	885	893
W 24x 76	540	TFL	0.00	806	797	826	855	883	912	940	969	997	1030	1050	1080
		2	0.17	696	781	806	830	855	880	904	929	954	978	1000	1030
		3	0.34	586	754	784	805	826	847	867	888	909	930	950	971
		4	0.51	476	745	762	778	795	812	829	846	863	880	896	913
		BFL	0.68	366	724	737	750	763	776	789	802	815	828	841	854
		6	3.00	284	703	713	723	733	743	753	763	773	783	793	803
		7	5.60	202	666	673	680	687	694	702	709	716	723	730	737
W 24x 68	478	TFL	0.00	724	711	736	762	788	813	839	864	890	916	941	967
		2	0.15	629	697	719	741	764	786	808	830	853	875	897	920
		3	0.29	535	682	701	720	739	758	777	796	815	833	852	871
		4	0.44	440	666	682	697	713	729	744	760	775	791	807	822
		BFL	0.59	346	649	662	674	686	698	711	723	735	747	760	772
		6	3.05	263	628	637	646	656	665	674	684	694	702	712	721
		7	5.81	181	590	596	603	609	616	622	628	635	641	648	654

^aY1 = distance from top of the steel beam to plastic neutral axis.
^bY2 = distance from top of the steel beam to concrete flange force.
^cSee Fig. 4.3 for PNA locations.

COMPOSITE DESIGN COMPOSITE BEAM SELECTION TABLE W Shapes $\phi_b = 0.90$

$F_y = 36 \text{ ksi}$

Shape	$\phi_b M_p$ Kip-ft	PNA ^a	Y1 ^b	ΣQ_n	ϕM_n (Kip-ft)									
					in.	Kips	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
W 24x62	413	TFL	0.00	655	644	667	690	713	737	760	783	806	829	853
		2	0.15	560	633	653	674	694	715	736	756	777	797	818
		3	0.29	506	621	639	657	675	693	711	728	746	764	782
		4	0.44	431	608	624	639	654	669	685	700	715	731	746
		BFL	0.59	356	595	608	620	633	646	658	671	683	696	709
		6	3.47	260	568	577	587	596	605	614	623	633	642	651
		7	6.58	154	520	526	532	538	543	549	555	561	567	572
W 24x55	362	TFL	0.00	583	569	590	611	631	652	673	693	714	735	755
		2	0.13	520	560	579	597	615	634	652	671	689	707	726
		3	0.25	456	550	566	583	599	615	631	647	663	679	696
		4	0.38	392	540	554	568	582	595	609	623	637	651	665
		BFL	0.51	328	529	540	552	564	575	587	599	610	622	634
		6	3.45	237	504	512	520	529	537	546	554	562	571	579
		7	6.66	146	458	463	468	474	479	484	489	494	499	505
W 21x62	359	TFL	0.00	659	583	606	630	653	676	700	723	746	770	793
		2	0.15	568	570	590	610	630	650	670	690	710	730	751
		3	0.31	476	555	572	589	606	623	640	656	673	690	707
		4	0.46	385	540	553	567	581	594	608	622	635	649	663
		BFL	0.62	294	523	534	544	555	565	575	586	596	607	617
		6	2.53	229	507	516	524	532	540	548	556	564	572	581
		7	4.78	165	482	487	493	499	505	511	517	522	528	534
W 21x57	348	TFL	0.00	601	534	555	576	597	619	640	661	683	704	725
		2	0.16	525	522	541	559	578	597	615	634	652	671	689
		3	0.33	448	510	526	542	558	574	589	605	621	637	653
		4	0.49	371	497	510	523	536	550	563	576	589	602	615
		BFL	0.65	294	483	493	504	514	525	535	546	556	566	577
		6	2.90	222	464	472	480	488	496	504	511	519	527	535
		7	5.38	150	433	438	443	449	454	459	465	470	475	481
W 21x50	297	TFL	0.00	529	465	484	503	522	540	559	578	597	615	634
		2	0.13	466	456	473	489	506	522	539	555	572	588	605
		3	0.27	403	446	461	475	489	504	518	532	546	561	575
		4	0.40	341	436	448	460	472	484	496	508	520	532	545
		BFL	0.54	278	425	435	445	454	464	474	484	494	504	
		6	2.92	205	406	413	421	428	435	442	450	457	464	
		7	5.58	132	374	379	383	388	393	397	402	407	411	

^aY1 = distance from top of the steel beam to plastic neutral axis.
^bY2 = distance from top of the steel beam to concrete flange force.
^cSee Fig. 4.3 for PNA locations.

**COMPOSITE DESIGN
COMPOSITE BEAM SELECTION TABLE**
W Shapes $\phi_b = 0.90$

$F_y = 36 \text{ ksi}$

Shape	$\phi_b M_p$ Kip-ft	PNA ^a	Y1 ^a	h	K _{ps}	ϕM_n (kip-ft)								
						2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7
W 21x44	TFL	0.00	468	409	425	442	458	475	492	508	525	541	558	574
	2	0.11	415	401	415	430	445	460	475	489	504	519	533	548
	3	0.23	363	393	406	419	432	444	457	470	483	496	509	521
	4	0.34	310	384	395	406	417	428	439	450	461	472	483	494
	BFL	0.45	257	376	385	394	403	412	421	430	439	448	458	467
	6	2.90	187	358	364	371	378	384	391	398	404	411	417	424
	7	5.69	127	326	331	335	339	343	347	351	355	360	364	368
W 18x60	TFL	0.00	634	499	522	544	566	589	611	634	656	679	701	723
	2	0.17	539	485	504	523	542	561	581	600	619	638	657	676
	3	0.35	445	470	486	501	517	533	549	564	580	596	612	627
	4	0.52	350	454	466	478	491	503	516	528	540	553	565	578
	BFL	0.70	256	436	445	454	463	472	481	491	500	509	518	527
	6	2.19	207	424	432	439	446	454	461	468	476	483	490	498
	7	3.62	158	407	413	418	424	430	435	441	447	452	458	463
W 18x55	TFL	0.00	583	457	477	498	519	539	560	581	601	622	643	663
	2	0.16	498	444	462	479	497	515	532	550	568	585	603	620
	3	0.32	402	431	445	460	474	489	504	518	533	547	562	577
	4	0.47	327	416	428	439	451	462	474	486	497	509	520	532
	BFL	0.63	242	401	409	418	426	435	443	452	461	469	478	486
	6	2.16	194	389	396	403	410	417	424	430	437	444	451	458
	7	3.66	146	372	377	383	388	393	398	403	408	414	419	424
W 18x50	TFL	0.00	529	412	431	450	468	487	506	525	543	562	581	600
	2	0.14	452	401	417	433	449	465	481	497	513	529	545	561
	3	0.29	375	389	402	415	429	442	455	469	482	495	508	522
	4	0.43	299	376	387	397	408	418	429	439	450	461	471	482
	BFL	0.57	222	362	370	378	386	394	402	409	417	425	433	441
	6	2.07	177	352	358	365	371	377	383	390	396	402	408	415
	7	3.62	132	336	341	346	350	355	360	365	369	374	379	383
W 18x46	TFL	0.00	486	390	397	414	431	449	466	483	500	517	535	552
	2	0.15	420	370	385	400	415	430	444	459	474	489	504	519
	3	0.30	354	360	372	385	397	410	422	435	447	460	472	485
	4	0.45	288	348	359	369	379	389	399	410	420	430	440	450
	BFL	0.61	222	337	345	352	360	368	376	384	392	400	407	415
	6	2.40	172	324	330	336	343	349	355	361	367	373	379	385
	7	4.34	122	305	310	314	318	322	327	331	335	340	344	348

^aY1 = distance from top of the steel beam to plastic neutral axis.
^bY2 = distance from top of the steel beam to concrete flange force.
^cSee Fig. 4.3 for PNA locations.

**COMPOSITE DESIGN
COMPOSITE BEAM SELECTION TABLE**
W Shapes $\phi_b = 0.90$

$F_y = 36 \text{ ksi}$

Shape	$\phi_b M_p$ Kip-ft	PNA ^a	Y1 ^a	h	K _{ps}	ϕM_n (kip-ft)								
						2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7
W 18x40	TFL	0.00	425	322	345	360	375	390	405	420	435	450	465	480
	2	0.13	368	321	334	347	360	373	386	399	412	425	438	451
	3	0.26	311	312	323	334	345	356	367	378	389	400	411	423
	4	0.39	254	303	312	321	330	339	348	357	366	375	384	393
	BFL	0.53	197	293	300	307	314	321	328	335	342	349	356	363
	6	2.26	152	292	298	293	298	304	309	315	320	325	331	336
	7	4.27	106	285	289	273	277	280	284	288	292	295	299	303
W 18x35	TFL	0.00	371	295	298	311	324	338	351	364	377	390	403	416
	2	0.11	325	278	290	301	313	324	336	347	359	370	382	393
	3	0.21	279	271	281	291	301	311	321	331	340	350	360	370
	4	0.32	233	264	272	280	289	297	305	313	322	330	338	346
	BFL	0.43	187	256	263	269	276	283	289	296	303	309	316	323
	6	2.37	140	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
	7	4.56	92.7	227	230	233	237	240	243	246	250	253	256	260
W 18x30	TFL	0.00	382	286	282	295	309	322	336	349	363	377	390	404
	2	0.11	328	261	272	284	295	307	319	330	342	353	365	377
	3	0.22	273	252	262	272	281	291	301	310	320	330	339	349
	4	0.32	219	244	251	259	267	275	282	290	298	306	314	321
	BFL	0.43	165	234	240	246	252	258	264	270	275	281	287	293
	6	1.79	130	227	232	236	241	245	250	255	259	264	268	273
	7	3.44	95.4	215	219	222	226	229	232	236	239	243	246	249
W 16x31	TFL	0.00	328	231	243	254	266	278	289	301	312	324	336	347
	2	0.11	285	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	326
	3	0.22	241	218	227	235	244	252	261	269	278	286	295	303
	4	0.33	197	211	218	225	232	239	246	253	260	267	274	281
	BFL	0.44	153	204	209	214	220	225	231	236	242	247	253	258
	6	2.00	118	195	200	204	208	212	217	221	225	229	233	237
	7	3.79	82.1	183	186	189	192	195	198	201	204	207	209	212
W 16x26	TFL	0.00	276	193	203	212	222	232	242	252	261	271	281	291
	2	0.09	242	188	196	205	214	222	231	239	248	257	265	274
	3	0.17	208	183	190	197	205	212	220	227	234	242	249	256
	4	0.26	174	177	184	190	196	202	208	214	220	227	233	239
	BFL	0.35	140	172	177	182	187	192	197	202	206	211	216	221
	6	2.04	104	168	171	175	179	182	186	190	194	197	201	
	7	4.01	69.1	151	154	156	159	161	164	166	169	171	173	

^aY1 = distance from top of the steel beam to plastic neutral axis.
^bY2 = distance from top of the steel beam to concrete flange force.
^cSee Fig. 4.3 for PNA locations.

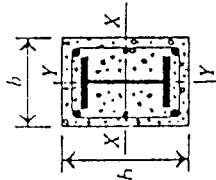
$F_y = 36$ ksi
 $F_y = 50$ ksi

COMPOSITE COLUMNS

W Shapes

$f'_c = 5$ ksi

All reinforcing steel is Grade 60
 Axial design strength in kips



Shape	Designation	24 in. x 24 in. 4-#10 bars																								
		#3 bars spaced 16 in. c. to c.																								
		W 14				W 16				W 18																
		36	50	36	50	36	50	36	50	36	50	36	50													
		Wt./ft.																								
		F_y																								
		0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40
Effective length in ft KL with respect to least radius of gyration r_m		0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		1280	1700	1170	1550	1080	1430	996	1320	996	1320	920	1210													
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		860	1110	789	1020	734	950	670	861	623	799	623	799													
$P_{n2} (K_y L_y)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		678	678	627	627	587	587	547	547	512	512															
$P_{n2} (K_x L_x)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		678	678	627	627	587	587	547	547	512	512															
r_{max} (in.)		7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20														
r_{max}/r_{min} (in./in.)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00														

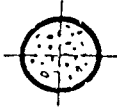
$F_y = 36$ ksi

COMPOSITE COLUMNS

Steel pipe

$f'_c = 5$ ksi

Axial design strength in kips



Steel Pipe	Nominal Diameter (in.)	36 ksi																								
		12	10	8	6	5	4																			
		0.500	0.375	0.500	0.365	0.875	0.500	0.322																		
		Wt./ft																								
		65.42	49.56	54.74	40.48	72.42	43.39	28.55																		
		F_y																								
		0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40
Effective length in feet KL with respect to radius of gyration		0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		979	855	762	649	557	438																			
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		961	839	743	632	535	420																			
$P_{n2} (K_y L_y)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		955	833	736	626	528	414																			
$P_{n2} (K_x L_x)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		947	827	728	619	519	407																			
r_{max} (in.)		939	819	720	611	510	399																			
r_{max}/r_{min} (in./in.)		930	811	710	603	504	391																			
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		920	802	699	594	488	382																			
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		909	792	688	584	476	372																			
$P_{n2} (K_y L_y)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		897	781	676	573	463	361																			
$P_{n2} (K_x L_x)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		885	770	663	562	449	351																			
r_{max} (in.)		872	758	649	550	435	339																			
r_{max}/r_{min} (in./in.)		858	746	635	537	421	327																			
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		844	733	620	524	406	315																			
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		828	719	605	511	391	303																			
$P_{n2} (K_y L_y)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		813	705	589	497	375	291																			
$P_{n2} (K_x L_x)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		797	691	573	483	360	278																			
r_{max} (in.)		763	660	540	454	328	253																			
r_{max}/r_{min} (in./in.)		727	628	505	424	297	228																			
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		691	596	471	394	266	203																			
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		653	562	436	364	236	180																			
$P_{n2} (K_y L_y)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		615	528	401	334	208	158																			
$P_{n2} (K_x L_x)^2 / 10^4$ (kip-ft ²)		577	495	367	305	183	139																			
r_{max} (in.)		539	461	334	276	162	123																			
r_{max}/r_{min} (in./in.)		502	428	302	249	145	109																			
$\phi_b M_{max}$ (kip-ft)		465	395	272	224	130	98.2																			
$\phi_b M_{avg}$ (kip-ft)		429	363	245	202	117	88.7																			

Note: Heavy line indicates KL/r of 200.

TABLE 12
Nominal Horizontal Shear Load for One Connector Q_n , kips^a
From Formulas I5-1 and I5-2

Connector ^b	Specified Compressive Strength of Concrete, f'_c , ksi ^d		
	3.0	3.5	4.0
½-in. dia. × 2-in. hooked or headed stud	9.4	10.5	11.6
¾-in. dia. × 2½-in. hooked or headed stud	14.6	16.4	18.1
¾-in. dia. × 3-in. hooked or headed stud	21.0	23.6	26.1
¾-in. dia. × 3½-in. hooked or headed stud	28.6	32.1	35.5
Channel C3 × 4.1	10.2 L_c^c	11.5 L_c^c	12.7 L_c^c
Channel C4 × 5.4	11.1 L_c^c	12.4 L_c^c	13.8 L_c^c
Channel C5 × 6.7	11.9 L_c^c	13.3 L_c^c	14.7 L_c^c

^aApplicable only to concrete made with ASTM C33 aggregates.
^bThe design horizontal loads tabulated may also be used for studs longer than shown.
^c L_c = length of channel, inches.
^d $F_c > 0.5(f'_c w)^{0.75}$, $w = 145$ lbs./cu.ft.

6 - 72 • LRFD Specification (Effective 9/1/86)

TABLE J3.7
Minimum Edge Distance, in.
(Center of Standard Hole^a to Edge of Connected Part)

Nominal Rivet or Bolt Diameter (in.)	At Sheared Edges	At Rolled Edges of Plates, Shapes or Bars or Gas Cut Edges ^b
½	¾	¾
¾	1¼	¾
¾	1¼	1
¾	1½ ^c	1¼
1	1¾ ^c	1¼
1¼	2	1½
1¼	2¼	1½
Over 1¼	1¾ × Diameter	1¼ × Diameter

^aFor oversized or slotted holes, see Table J3.8.
^bAll edge distances in this column may be reduced ¼-in. when the hole is at a point where stress does not exceed 25% of the maximum design strength in the element.
^cThese may be 1¼ in. at the ends of beam connection angles.

TABLE J3.8
Values of Edge Distance Increment C_2 , in.

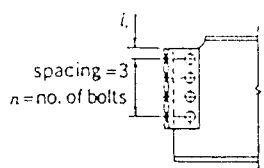
Nominal Diameter of Fastener (in.)	Oversized Holes	Slotted Holes		
		Perpendicular to Edge		Parallel to Edge
		Short Slots	Long Slots ^a	
≤ ¾	⅜	¼	⅜d	0
1	¾	¼		
≤ 1¼	¾	⅜		

^aWhen length of slot is less than maximum allowable (see Table J3.5), C_2 may be reduced by one-half the difference between the maximum and actual slot lengths.

BOLTS AND RIVETS

Bearing

Design loads in kips

TABLE I-F. EDGE DISTANCE						
	Edge Distance ^b l_e In.	Design Loads, Kips* (for one fastener, 1" thick material)				
		$F_u = 58$	$F_u = 65$	$F_u = 70$	$F_u = 100$	
	1	1	43.5	43.8	52.5	75.0
1 1/4	1 1/4	49.0	54.9	59.0	84.4	
1 1/2	1 1/2	54.4	61.0	65.6	93.5	
< 1 1/2	< 1 1/2	65.3	73.1	78.8	113	
COPEL	Bolt Dia.	1 1/2 d In.	Values when edge distance is 1 1/2 d or greater ^c			
	1	1 1/2	104	117	126	180
	3/8	1 3/8	91.3	102	110	158
	3/4	1 1/8	78.3	87.8	94.5	135

*Total design load = (tabular value) $\times l \times n$, kips
 where
 l = thickness of critical connected part, in.
 n = number of fasteners in connection to beam web
^b $l_e \geq P/0.75 F_u$ (LRFD Spec. Sect. J3.10) distance from center of hole to free edge of connected part in direction of force, in.
 where
 F_u = specified minimum tensile strength of web material, ksi
 P = force transmitted by one fastener to the critical connected part, kips
^c $P = 1.8 F_u d$ (LRFD Spec. Sect. J3.6), kips/1 in. of material.

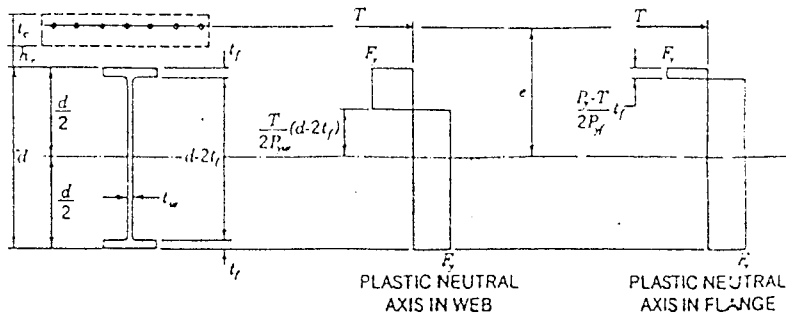


Fig. C-13.2. Plastic stress distribution for negative moment

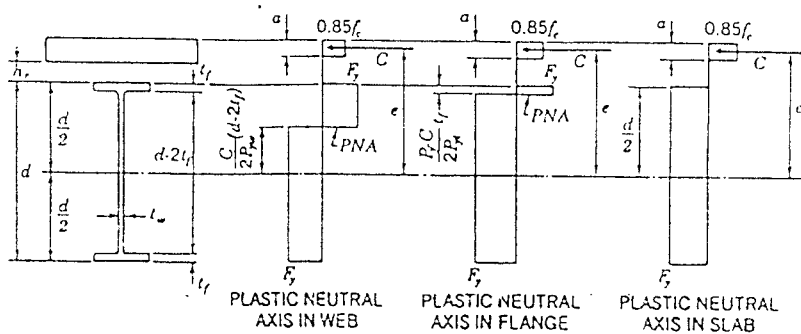


Fig. C-13.1. Plastic stress distribution for positive moment in composite beams

BOLTS AND RIVETS Bearing

TABLE I-G.1 COEFFICIENTS FOR WEB TEAR-OUT (BLOCK SHEAR) Based on standard holes and 3" fastener spacing Shear yield, Tension fracture $F_y = 36$ ksi													
Coefficient C_1													
l_v , in.	l_n , in.												
	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4
1 1/4	63.8	69.2	74.6	80.1	85.5	90.9	96.4	102	107	118	129	140	151
1 3/4	65.8	71.2	76.7	82.1	87.5	93.0	98.4	104	109	120	131	142	153
1 1/2	67.8	73.2	78.7	84.1	89.6	95.0	100	106	111	122	133	144	155
1 3/8	69.8	75.3	80.7	86.1	91.6	97.0	102	108	113	124	135	146	157
1 1/2	71.9	77.3	82.7	88.2	93.6	99.0	104	110	115	126	137	149	159
1 5/8	73.9	79.3	84.8	90.2	95.6	101	107	112	117	128	139	150	161
2	75.9	81.3	86.8	92.2	97.7	103	109	114	119	130	141	152	163
2 1/4	80.0	85.4	90.8	96.3	102	107	113	118	123	134	145	156	167
2 1/2	84.0	89.4	94.9	100	106	111	117	122	128	138	149	160	171
2 3/4	88.1	93.5	98.9	104	110	115	121	126	132	142	153	164	175
3	92.1	97.5	103	108	114	119	125	130	136	146	157	168	179

Coefficient C_2			
n	Bolt Dia., in.		
	3/4	7/8	1
2	37.5	35.8	34.1
3	86.1	84.4	82.7
4	135	133	131
5	183	182	180
6	232	230	228
7	281	279	277
8	329	327	326
9	378	376	374
10	426	425	423

spacing = 3
 n = no. of bolts
COPEd

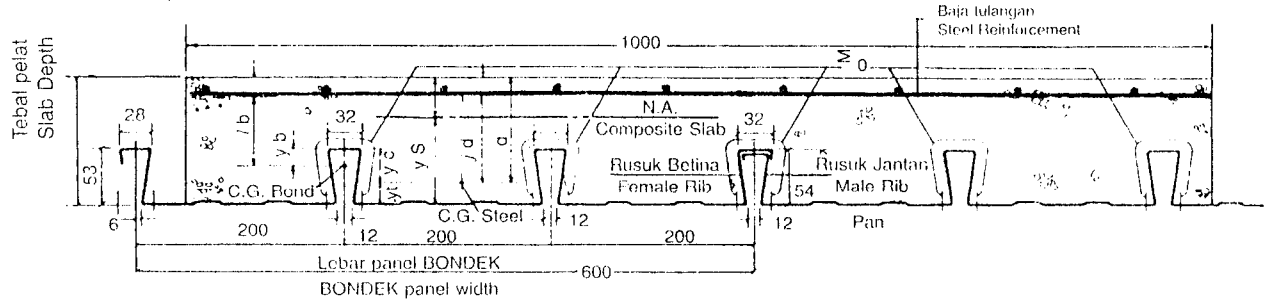
Notes:
 R_{bs} = Resistance to block shear, kips
 = $\phi [0.6 F_y A_{vg} + F_u A_{nt}]$ (from LRFD Commentary Sect. J4)
 = $(0.45 F_y l_v + 0.75 F_u l_n) t + (0.45 F_y [(n-1)s + d_n/2] - 0.75 F_u d_n/2) t$
 = $(C_1 + C_2) t$
 where
 A_{nt} = net tension area, in.²
 A_{vg} = gross shear area, in.²
 F_u = specified min. tensile strength, ksi
 F_y = specified yield stress, ksi
 d_n = diameter of hole (diameter of fastener + 1/16"), in.
 l_n = distance from center of hole to beam end, in.
 l_v = distance from center of hole to edge of web, in.
 n = number of fasteners
 s = fastener spacing, in.
 t = thickness of web, in.
 ϕ = resistance factor, 0.75
 The governing value of R_{bs} is the greater of the two determined from this table and Table I-G.2.
 Tabular values are based on the following:
 LRFD Specification Sects. J3.10 and J4
 LRFD Commentary Sects. J3.10 and J4

Lampiran 4. Bondek HI-TEN

Pelat Komposit BONDEK® HI-TEN®

BONDEK® HI-TEN® Composite Slab

Semua ukuran dalam milimeter
All dimensions are expressed in millimetres



'BONDEK' SHEETING SECTION PROPERTIES (1000 mm WIDTH)

Base Steel Thickness	Panel Weight per unit area	Cross section area	Distances to sheeting centroid from		Positive B.M. Properties of sheeting			Negative B.M. Properties of sheeting			I_e
			top	bottom	I_p	Z_{pt}	Z_{pb}	I_n	Z_{nt}	Z_{nb}	
mm	kPa	mm ²	mm	mm	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³	10 ³ mm ³	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³	10 ³ mm ³	10 ⁶ mm ⁴
0.75	0.10	1240	38.7	15.5	0.526	13.60	33.92	0.298	10.80	11.18	0.421
1.00	0.13	1650	38.8	15.6	0.686	17.63	43.86	0.474	16.29	15.00	0.607

COMPOSITE 'BONDEK' SLAB SECTION PROPERTIES PER 1000 mm WIDTH

(Notation is as adopted in Section 3.3)

Base Steel Thickness	Slab Depth D	Slab Mass per-unit area	Effective Depth d	kd	ys = D - kd	Steel Based Flexural Properties			Resisting Moment Lever Arm jd	Bond Values ($U_{avg} = 0.27$ MPa)			
						I_c	Z_c	Z_s		Perimeter $\sum o$	Bond C.G. yb	Lever Arm lb	Max. Shear $\sum o x lb x U$
0.75	90	206	74.5	31.8	58.2	3.93	123.7	67.6	63.9	691	22	47.4	8.84
	100	229	84.5	34.6	65.4	5.09	147.2	77.9	73.0			56.5	10.54
	110	252	94.5	36.9	73.1	6.44	174.4	88.0	82.2			65.7	12.26
	120	275	104.5	39.4	80.6	7.97	202.3	98.9	91.4			74.9	13.98
	130	299	114.5	41.7	88.3	9.70	232.5	109.8	100.6			84.1	15.69
	140	322	124.5	43.8	96.2	11.62	265.2	120.7	109.9			93.4	17.43
	150	345	134.5	45.9	104.1	13.73	299.2	131.9	119.2			102.7	19.16
1.00	90	209	74.4	35.0	55.0	4.72	134.9	85.8	62.7	694	22	46.3	8.68
	100	232	84.4	37.9	62.1	6.12	161.5	98.6	71.8			55.4	10.38
	110	255	94.4	40.8	69.2	7.75	190.0	112.0	80.8			64.4	12.07
	120	278	104.4	43.5	76.5	9.62	221.1	125.7	89.9			73.5	13.77
	130	302	114.4	46.1	83.9	11.73	254.4	139.8	99.0			82.6	15.48
	140	325	124.4	48.5	91.5	14.08	290.3	153.9	108.2			91.8	17.20
	150	348	134.4	50.9	99.1	16.68	327.7	168.3	117.4			101.0	18.93
	160	371	144.4	53.1	106.9	19.53	367.7	182.7	126.7			110.3	20.67
	170	395	154.4	55.4	114.6	22.63	408.4	197.4	135.9			119.5	22.39
	180	418	164.4	57.5	122.5	25.98	451.9	212.1	145.2			128.8	24.13
	190	441	174.4	59.6	130.4	29.60	496.6	227.0	154.5			138.1	25.88
	200	464	184.4	61.7	138.3	33.47	542.4	242.0	163.8			147.4	27.62

TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

BENTANG MEMERIS DENGAN TOL ANJAK NEGATIF

MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT

KODEK TIPE DEK	LEBAR BAWAH	LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				
		200	300	400	500	600	750	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
TUG	2.25	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS
		PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT
SAB	1.30	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	
M	1.25	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	

TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

BENTANG MEMERIS DENGAN TOL ANJAK NEGATIF

MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT

KODEK TIPE DEK	LEBAR BAWAH	LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF			
		200	300	400	500	600	750	1000	1000	1000	1000	1000	1000
TUG	2.25	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS
		PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT
SAB	1.30	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
M	1.25	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM

TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

BENTANG MEMERIS DENGAN TOL ANJAK NEGATIF

MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT

KODEK TIPE DEK	LEBAR BAWAH	LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF				LEBAR CAKUP MUDU TUJUF DEK GATIF			
		200	300	400	500	600	750	1000	1000	1000	1000	1000	1000
TUG	2.25	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS	TERRAS
		PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT
SAB	1.30	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
M	1.25	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG	NEG
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH
M	1.25	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM

CATATAN: BEBAN MATI BERAT SENDIRI BOBDEK DAN PELAT BETON SUDAH DIPERHITUNGKAN

NOTES: THE DEAD LOAD (MASS OF BOBDEK* H-TEN AND CONCRETE SLAB) ARE ALREADY CALCULATED

BEKAWAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH BEBAN HEDUP DAN BEBAN BEBAN FINISHING LAINNYA

THE SUPER IMPOSED LOAD IN THIS TABLE IS THE SUM OF LIVE LOAD AND OTHER FINISHING LOADS

MUTU BAHAN TULANGAN U-48

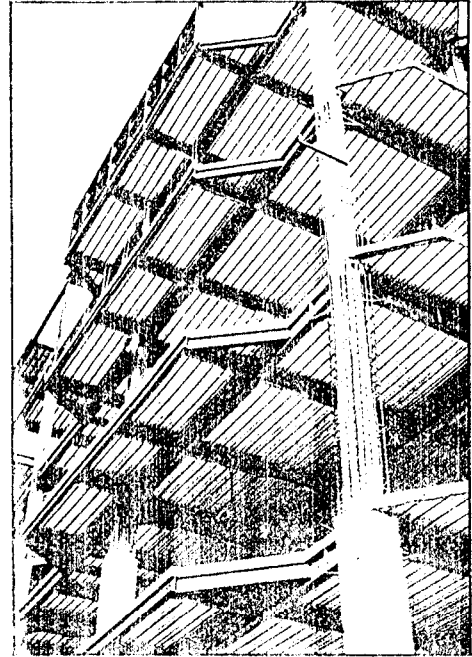
GRADE OF STEEL REINFORCEMENT U-48

PEMASANGAN PADA RANGKA KONSTRUKSI BAJA

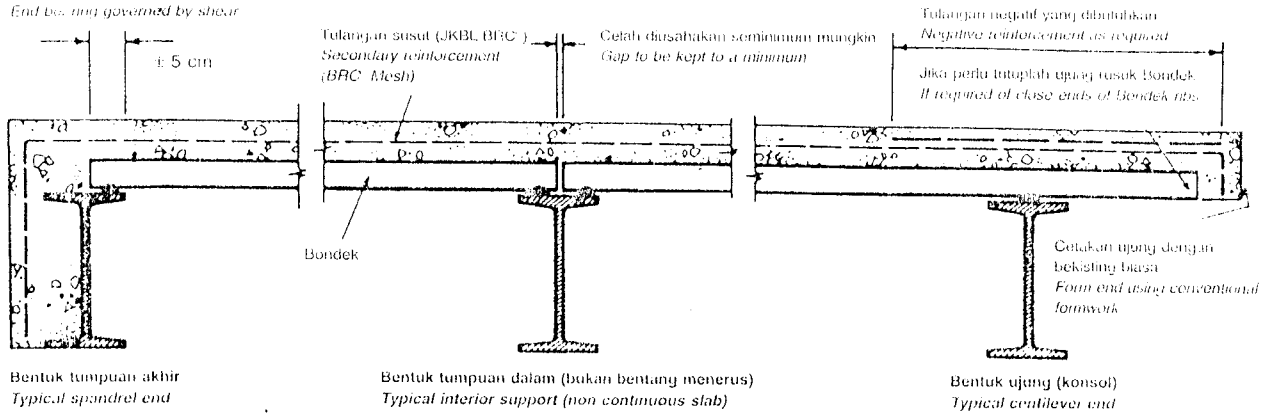
Panel BONDEK™ HI-TEN™ bisa segera dipasang setelah rangka baja selesai didirikan, dilot dan diwaterpas. Panel biasanya dipasang sebagai bentang menerus dapat dimatikan pada balok pemikul dengan menggunakan pengikatan las listrik atau paku yang ditembakkan.

1. Bila menggunakan las, panel BONDEK™ HI-TEN™ dilas pada bagian ujung-ujungnya di bagian rata kaki rusuk-rusuk panel dengan diameter las cantum minimal 1 cm. Pada balok pemikul tengah, panel dilas pada bagian rata kaki rusuk betina di setiap lembar panel. Kawat las yang digunakan haruslah kawat las bermutu tinggi, berukuran 3,25 mm, dan baja celulose AC/DC, dan pengelasan dilakukan dari arah atas kebawah.
2. Bila menggunakan paku yang ditembakkan atau paku keling biasa, dapat dipakai paku yang berukuran diameter minimal 4 mm dan panjang yang cocok sebagai pengganti setiap las cantum.

Bila balok-balok baja pemikul diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka perlu dipasang penahan geser yang dilas di atas balok pemikul. Adapun luas penampang penahan geser dan jarak pemasangannya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok pemikul tersebut.



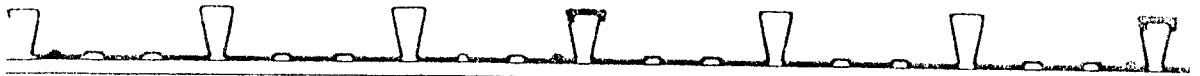
Pemukul akhir ditentukan oleh gaya geser
End beam governed by shear



Pemasangan pada balok pemikul di ujung-ujung panel. Cantumkan las minimum 1 cm pada setiap rusuk Bondek
Fixing to support at ends of panels -- 1 cm Min Dia. Puddle Welds at each Rib.



Pemasangan pada balok pemikul tengah jika Bondek terbentang pada dua bentangan atau lebih. -- Cantumkan las minimum 1 cm
Fixing to intermediate supports if Bondek panels continuous over two or more spans. -- 1 cm Min. Dia. Puddle welds at each lap.



Lampiran 5. Wire Mesh

SPESIFIKASI JKBL BRC®

BRC® MESH SPECIFICATION

REF. NO.	MAIN WIRE		CROSS WIRE		AREA		UNIT	MASS	
	DIAM.	SPACING	DIAM.	SPACING	MAIN WIRE	CROSS WIRE		PER SHEET	PER ROLL
	mm	mm	mm	mm	mm ² /m	mm ² /m	kg/m ²	kg	kg
M10	10	150	10	150	524	524	8.22	96.55	-
M9	9	150	9	150	424	424	6.66	78.21	-
M8	8	150	8	150	335	335	5.26	61.79	-
M7	7	150	7	150	257	257	4.03	47.31	-
M6	6	150	6	150	188	188	2.96	34.76	347.58
M5	5	150	5	150	131	131	2.06	24.14	241.37
M4	4	150	4	150	084	084	1.32	15.45	154.48
B9	9	100	8	200	636	251	6.97	81.70	-
B8	8	100	8	200	503	251	5.92	69.25	-
B7	7	100	7	200	385	192	4.53	53.02	-
B6	6	100	6	200	283	192	3.73	43.50	434.97
B5	5	100	5	200	196	192	3.05	35.44	354.40

**MENGGANTI BATANG BAJA LUNAK (U 24)
DENGAN JKBL BRC®**

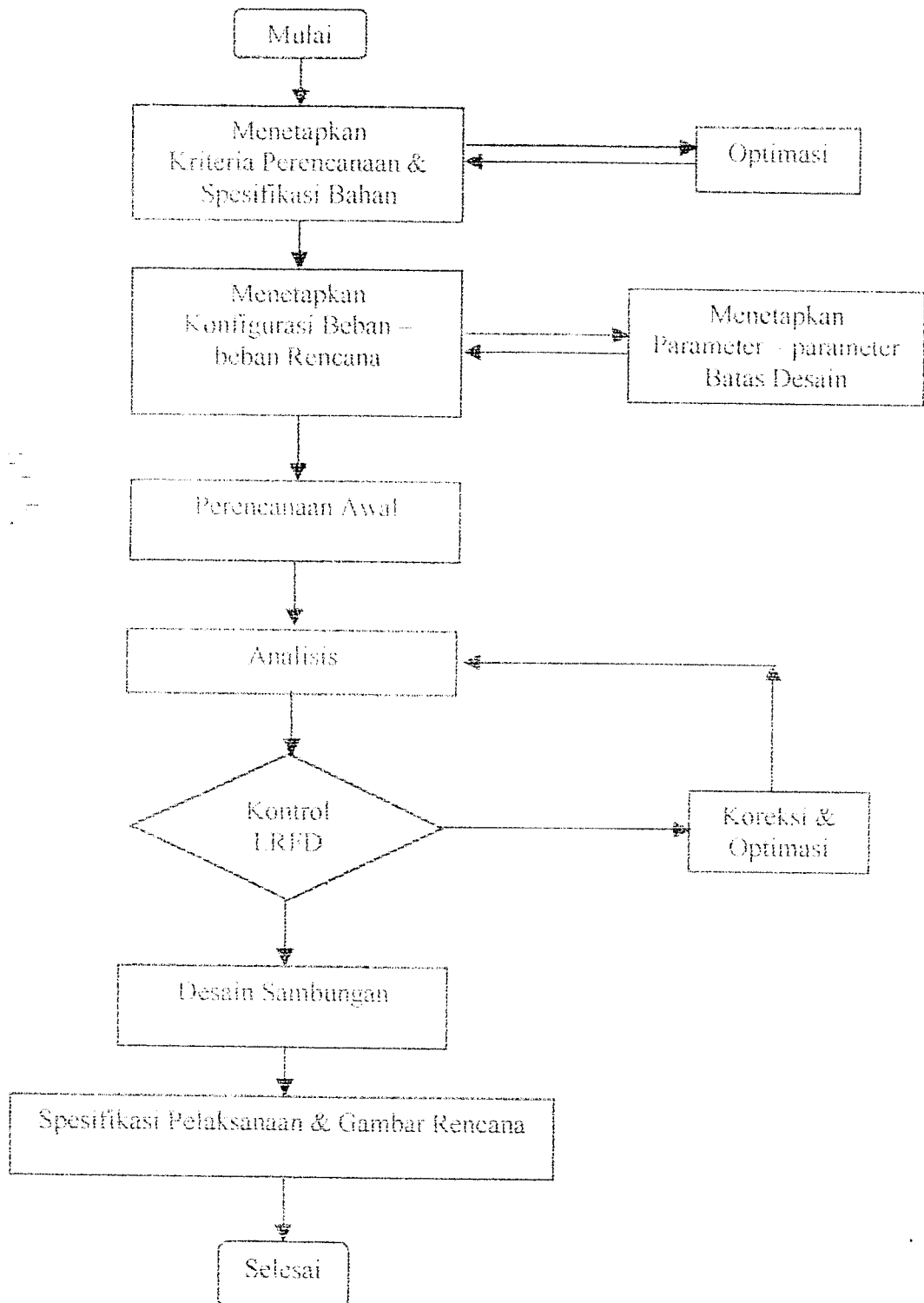
**SUBSTITUTION OF BRC® MESH FOR MILD
STEEL BARS (U 24)**

Tegangan ljin Juring 2900 kg/cm² (mutu U 50)
Tegangan ljin Baja 1400 kg/cm² (mutu U 24)

BRC® Mesh Allowable Stress 2900 kg/cm² (U 50 Grade)
Mild Steel Bar Allowable Stress 1400 kg/cm² (U 24)
Grade

BATANG BAJA LUNAK			LUAS JKBL BRC® SETARAF	JKBL BRC® B. SANGKAR	JKBL BRC® SEGI EMPAT
UKURAN	JARAK	LUAS			
MILD STEEL BAR			EQUIVALENT BRC® MESH AREA	BRC® SQUARE MESH	BRC® RECTANGULAR MESH
SIZE	SPACING	AREA			
6	6	4,72	2,28	M7	B6
	7	4,04	1,95	M7	B5
	7,5	3,77	1,82	M6	B5
	8	3,53	1,70	M6	B5
	10	2,83	1,37	M6	B5
	12	2,36	1,14	M5	B5
	12,5	2,26	1,09	M5	B5
	15	1,89	0,91	M5	B5
	16	1,77	0,85	M5	B5
	18	1,57	0,76	M4	B5
8	6	9,39	4,06	M9	B8
	7	7,18	3,47	M9	B7
	7,5	6,70	3,24	M8	B7
	8	6,23	3,01	M8	B7
	10	5,03	2,43	M7	B6
	12	4,19	2,02	M7	B6
	12,5	4,02	1,94	M7	B5
	15	3,35	1,62	M6	B5
	16	3,14	1,52	M6	B5
	18	2,79	1,35	M6	B5
10	20	2,51	1,21	M5	B5
	7,5	10,47	5,06	M10	B9
	8	9,82	4,74	M10	B8
	10	7,85	3,79	M9	B7
	12	6,54	3,16	M8	B7
	12,5	6,28	3,03	M8	B7
	15	5,24	2,53	M7	B6
	16	4,91	2,37	M7	B6
20	3,93	1,90	M7	B5	
25	3,14	1,52	M6	B5	

Lampiran 6. Bagan Alir Desain Struktur



KONSTANTA PERENCANAAN

Referensi : Istimawan Dipohusodo, "STRUKTUR BETON BERTULANG", 1994

Tulangan Baja		Mutu Beton (MPa)												
Mutu Baja	Fy	p min	fc = 17		fc = 20		fc = 25		fc = 30		fc = 35		fc = 40	
			β ₁ = 0,85	β ₁ = 0,85	β ₁ = 0,85	β ₁ = 0,85	β ₁ = 0,85	β ₁ = 0,81	β ₁ = 0,77					
BJTP	BJTD		p maks	p sm	p maks	p sm	p maks	p sm	p maks	p sm	p maks	p sm	p maks	p sm
24	240	0.0058	0.0274	0.0132	0.0323	0.0156	0.0403	0.0198	0.0484	0.0239	0.0538	0.0269	0.0594	0.0313
30	300	0.0047	0.0205	0.0107	0.0241	0.0127	0.0301	0.0159	0.0361	0.0195	0.0402	0.0221	0.0436	0.0251
35	350	0.0040	0.0166	0.0093	0.0196	0.0107	0.0244	0.0132	0.0293	0.0163	0.0326	0.0183	0.0354	0.0214
40	400	0.0035	0.0138	0.0083	0.0163	0.0092	0.0203	0.0117	0.0244	0.0142	0.0271	0.0160	0.0295	0.0185
50	500	0.0028	0.0100	0.0070	0.0118	0.0074	0.0148	0.0098	0.0177	0.0113	0.0197	0.0126	0.0214	0.0143

Keterangan : p maks = 0,75 pb

p sm = p saran = nilai p yang disarankan untuk keperluan perkiraan

**DIMENSI DAN BERAT BATANG TULANGAN BAJA
(STANDAR ASTM)**

Referensi : Istunawan Dipohusodo, "STRUKTUR BETON BERTULANG", 1994

Nomor Batang	diameter nominal		luas nominal		berat nominal
	inch	mm	inch ²	mm ²	kg/m
# 3	0,375	9,5	0,110	71	0,559
# 4	0,500	12,7	0,200	129	0,994
# 5	0,625	15,9	0,310	200	1,552
# 6	0,750	19,1	0,440	284	2,235
# 7	0,875	22,2	0,600	387	3,041
# 8	1,000	25,4	0,790	510	3,973
# 9	1,128	28,7	1,000	645	5,059
# 10	1,270	32,3	1,270	819	6,403
# 11	1,410	35,8	1,560	1006	7,906
# 14	1,693	43,0	2,250	1452	11,380
# 18	2,257	57,3	4,000	2581	20,240



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

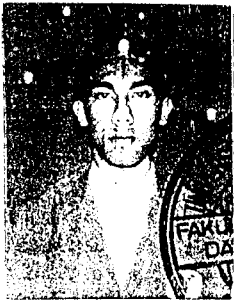
KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	MUHAMMAD ALI	92 310 305		STRUKTUR
2.	RIH. BASTI ALI	90 310 037		STRUKTUR

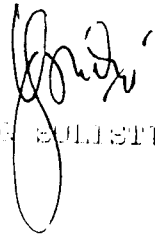
Dosen Pembimbing I : IR. H.M. SAMSUDIN, MT
Dosen Pembimbing II : IR. SUHARYATNO, MT

1

2



Yogyakarta, 26 Februari 1998
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,
87


IR. BAMBANG SULISTIONO, M.Eng