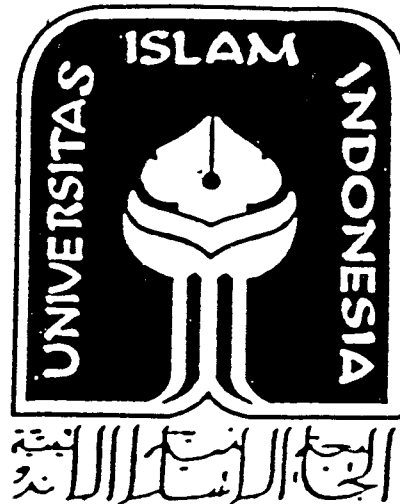


TUGAS AKHIR

**OPTIMASI STRUKTUR RANGKA BATANG BAJA
DARI BEBERAPA MODEL STRUKTUR RANGKA ATAP
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM APLIKASI
KOMPUTER**



Disusun oleh :

ACHMAD BILAL

No. Mhs : 92 310 050
NIRM : 920051013114120050

HERLAMBAANG ANTON B.

No. Mhs : 92 310 338
NIRM : 920051013114120337

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**OPTIMASI STRUKTUR RANGKA BATANG BAJA
DARI BEBERAPA MODEL STRUKTUR RANGKA ATAP
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM APLIKASI
KOMPUTER**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesai
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun oleh :

ACHMAD BILAL

No. Mhs : 92 310 050
NIRM : 920051013114120050

HERLAMBANG ANTON B.

No. Mhs : 92 310 338
NIRM : 920051013114120337

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**OPTIMASI STRUKTUR RANGKA BATANG BAJA
DARI BEBERAPA MODEL STRUKTUR RANGKA
ATAP DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
APLIKASI KOMPUTER**

disusun oleh :

ACHMAD BILAL

No. Mhs : 92 310 050
NIRM : 920051013114120050

HERLAMBAH ANTON B.

No. Mhs : 92 310 338
NIRM : 920051013114120337

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

IR. H. SUSASTRAWAN, MS.
Dosen Pembimbing I

IR. SUHARYATMO, MT.
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 7-2-2000



Tanggal : 7-2-2000

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr,Wb

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul Optimasi Struktur Rangka Baja dari Beberapa Model Struktur Rangka Atap Baja dengan menggunakan Program Aplikasi Komputer dapat selesai disusun.

Laporan ini disusun sebagai persyaratan kelulusan pada kurikulum jenjang Strata satu (S1), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Berbagai pihak telah membantu penyusun selama melaksanakan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing 1
3. Bapak Ir. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing 2
4. Kedua orang tua kami, dan Adik tercinta, atas bantuan dan doa restunya,

5. Rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan semua pihak yang membutuhkan. Segala kekurangan dalam laporan ini karena kelemahan penyusun itu sendiri, semoga selanjutnya menjadi bahan pemikiran untuk arah perbaikan.

Wassalaamu'alaikum Wr,Wb

Yogyakarta, Januari 2000

Penyusun

D A F T A R I S I

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Manfaat	3
1.4. Hipotesa	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Metodologi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Pembahasan penelitian terdahulu	9

2.3 Kesimpulan	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Umum	11
3.2 Penggunaan baja untuk struktur rangka batang atap	13
3.3 Struktur Baja	15
3.3.1 Batang Tarik Aksial	18
3.3.2 Batang Tekan Aksial	20
3.4 Pembebanan	23
3.5 Analisa Struktur Rangka Batang	24
3.5.1 Metode Matrik Kekakuan	26
3.5.2 Aplikasi Metode Kekakuan pada Struktur Rangka Batang Bidang	37
BAB IV VALIDASI PROGRAM KOMPUTER	40
4.1 Umum	40
4.2 Data-data Struktur	41
4.3 Analisa Struktur Rangka Batang	42
4.3.1. Cara Manual	42
4.3.2. Dengan Menggunakan Program SAP90	49
4.3.3. Dengan Menggunakan Program Aplikasi	51
4.4 Kontrol Profil Baja	53

4.4.1 Hitungan Batang Desak	53
4.4.2 Hitungan Batang Tarik	53
 BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	 58
5.1 Model Struktur Rangka Batang Atap yang Akan Dioptimasi	58
5.2 Data-data Struktur	59
5.3 Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program Aplikasi	64
5.3.1 Atap I (15°)	64
5.3.2 Atap II (25°)	66
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	 72
6.1 Kesimpulan	72
6.2 Saran	76
 DAFTAR PUSTAKA	 78
 LAMPIRAN	

D A F T A R G A M B A R

Gambar 3.1	Macam-macam model struktur rangka batang atap	15
Gambar 3.2	Diagram tegangan-regangan baja struktur	17
Gambar 3.3	Contoh struktur rangka batang	28
Gambar 3.4	Deformasi batang	30
Gambar 3.5	Batang tipikal pada struktur rangka batang bidang	32
Gambar 3.6	Transformasi defleksi	33
Gambar 3.7	Transformasi gaya	35
Gambar 4.1	Contoh struktur rangka batang	41
Gambar 5.1	Model-model struktur rangka batang atap baja yang akan dioptimasi	58
Gambar 5.2	Pembebanan pada beban tetap (mati + hidup) untuk model Howe, Chmabered Howe, Pratt, dan Chamberd Pratt	63
Gambar 5.3	Pembebanan pada beban angin untuk model Howe, Chambered Howe, Pratt, dan Chambered Pratt	63
Gambar 5.4	Pembebanan pada beban tetap (mati + hidup) untuk model Warren dan Chambered Warren	64
Gambar 5.5	Pembebanan pada beban angin untuk model Warren dan Chmabered Warren	64
Gambar 5.6	Grafik optimasi model struktur atap I	68

Gambar 5.7 Grafik optimasi model struktur atap II	69
Gambar 5.8 Grafik defleksi model struktur atap I	70
Gambar 5.9 Grafik defleksi model struktur atap II	71

D A F T A R T A B E L

Tabel 4.1 Data-data tiap elemen	42
Tabel 4.2 Data berat profil tiap elemen	42
Tabel 4.3 Beban luar	45
Tabel 4.4 Validasi hitungan program aplikasi komputer ...	53
Tabel 5.1 Jarak antar gording dan panjang segmen	59
Tabel 5.2 Beban angin	60
Tabel 5.3 Rangkuman beban pada tiap titik buhul	63
Tabel 5.4 Hasil perhitungan pada atap I	64
Tabel 5.5 Hasil perhitungan pada atap II	66

D A F T A R L A M P I R A N

Lampiran flow chart optimasi model struktur rangka atap baja	1
Lampiran flow chart program aplikasi	2
Lampiran input data Atap I berdasarkan berat optimum	3
Lampiran input data Atap II berdasarkan berat optimum	7
Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum	11
Lampiran output data Atap II berdasarkan berat optimum ..	16
Lampiran gambar struktur Atap I berdasarkan berat optimum	20
Lampiran gambar struktur Atap II berdasarkan berat optimum	22
Lampiran database profil AISC	25
Lampiran program aplikasi	28

ABSTRAKSI

Dalam merencanakan suatu struktur rangka batang atap baja pada panjang bentang dan tinggi struktur yang telah ditentukan, tentu akan mencari suatu model struktur rangka batang atap yang paling optimum atau memiliki berat yang paling ringan. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan berbagai model struktur rangka batang atap yang ada.

Tugas Akhir ini bertujuan mencari suatu model struktur rangka batang atap baja yang paling optimum dari beberapa model struktur rangka batang atap yang ada pada panjang bentang tertentu. Untuk memperoleh profil yang diinginkan pada perencanaan setiap model struktur rangka batang baja digunakan alat bantu komputer, melalui suatu software atau program aplikasi tertentu dibantu database yang berisi tabel profil, yang dapat menganalisa suatu struktur rangka batang serta mempercepat proses iterasi pemilihan profil, aman dalam menerima beban, dan defleksi struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang ditentukan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seorang perencana jika diberikan pekerjaan untuk merencanakan suatu struktur rangka batang atap baja dengan panjang bentang dan tinggi struktur yang telah ditentukan, tentu akan mencari suatu bentuk struktur rangka batang atap yang paling optimum atau memiliki berat yang paling ringan. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan berbagai model struktur rangka batang atap yang ada.

Dalam perencanaan suatu struktur rangka batang baja, untuk memperoleh profil yang diinginkan diperlukan cara coba-coba. Bila cara ini ditempuh secara manual akan memerlukan waktu yang lama, membosankan, dan kemungkinan kurang telitian bisa saja terjadi.

Sebagai alat bantu analisis, komputer melalui suatu *software* atau program aplikasi tertentu dibantu

database yang berisi tabel profil, dapat menganalisa suatu struktur rangka batang serta mempercepat proses iterasi pemilihan profil, aman dalam menerima beban, dan defleksi struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang ditentukan. *Software* tersebut dapat diciptakan dari berbagai program bahasa, misalnya program bahasa *Visual Basic, Delphi, Fortran*, dan sebagainya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini program bahasa yang akan digunakan adalah *Visual Basic* versi 5,0 berbasis pada *Windows'95*.

1.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Diperoleh program aplikasi tertentu yang dapat menganalisa suatu struktur rangka batang, selanjutnya dapat merekomendasikan profil-profil yang dibutuhkan, aman dalam menerima beban, dan defleksi struktur yang terjadi tidak melebihi batas yang ditentukan.
2. Mencari suatu model struktur rangka batang atap baja yang paling optimum (paling ringan) dari

berbagai model struktur rangka batang atap yang ada pada panjang bentang tertentu.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah

1. Diperoleh suatu program aplikasi yang memudahkan bagi perencana mendapatkan profil-profil yang dibutuhkan pada suatu struktur rangka batang baja.
2. Mengetahui suatu bentuk struktur rangka batang atap baja yang paling optimum dari komparasi berbagai model struktur rangka batang atap pada panjang bentang tertentu.

1.4 Hipotesa

Dari komparasi beberapa model struktur rangka batang atap baja dengan variasi bentang diharapkan akan diperoleh model struktur rangka batang atap yang paling optimum pada tiap panjang bentang tertentu.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperoleh hasil yang optimal dan kemudahan dalam pembuatan program aplikasi perencanaan struktur

rangka batang baja dalam Tugas akhir ini, beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Struktur rangka batang yang akan ditinjau adalah struktur rangka batang atap baja dengan model Howe, Pratt, Warren, Chambered Howe, Chambered Pratt, dan Chambered Warren dengan sudut kemiringan atap 15° dan 25° .
2. Struktur rangka batang merupakan struktur statis tertentu dengan analisa struktur menggunakan metode matrik kekakuan.
3. Perhitungan pembebanan menggunakan standar Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPRG) 1987.
4. Beban yang bekerja pada titik buhul dan pada batang diasumsikan sebagai beban terpusat pada titik buhul.
5. Profil yang dicari hanya empat macam yang berbeda, yaitu pada eksterior struktur (batang atas dan batang bawah) dan pada interior struktur (batang diagonal dan batang vertikal).
6. Perencanaan elemen baja menggunakan standar AISC metode *Allowable Stress Design 1989 (ASD)*
7. Sambungan diasumsikan dengan menggunakan sambungan baut dengan standar AISC metode *Allowable Stress*

Design 1989 (ASD) dan dimensi serta berat plat buhul diabaikan.

8. Baja profil yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan profil *double angle* (2L) pada tabel *AISC 1989*.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian digunakan untuk membantu atau memandu penelitian tentang urutan-urutan bagaimana penelitian dilakukan, sedangkan prosedur penelitian memberikan kepada peneliti urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu penelitian (Moh. Nazir, 1983). Secara garis besar penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi pustaka dari beberapa buku literatur.
2. Pembuatan program aplikasi komputer.
3. Validasi.
4. Melakukan perhitungan tiap model dengan variasi bentang dengan program aplikasi komputer.
5. Membuat tabel dari hasil perhitungan.
6. Optimasi berat dari beberapa model pada bentang yang sama dalam bentuk grafik dan tabel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perencanaan suatu struktur rangka batang atap baja dapat menggunakan dua alternatif, menggunakan struktur balok portal atau dengan struktur rangka batang. Pada struktur rangka batang atap terdapat berbagai model, dimana tiap-tiap model memiliki bentuk susunan batangnya, nilai arsitekturalnya, dan nilai ekonomisnya. Hal tersebut tergantung pada bentuk bangunannya, panjang bentang yang diberikan, jenis tumpuannya dan beban-beban yang diterima struktur.

Bila diberikan suatu panjang bentang tertentu kemudian harus menentukan model yang paling efisien, langkah yang utama adalah mencari nilai ekonomis dari tiap-tiap model tersebut. Mencari nilai ekonomis suatu struktur rangka batang atap baja ditekankan pada berat

totalnya. Dari beberapa model tersebut dicari struktur yang paling ringan. Disamping persyaratan kekuatan dan keamanan, struktur tersebut perlu kiranya memperhatikan persyaratan pabrikan, misalnya profil yang ditetapkan sebaiknya tidak terlalu banyak ragamnya karena akan banyak profil sisa yang terbuang percuma, bahkan pekerjaan di lapangan menjadi tidak efisien.

Dengan bantuan komputer melalui suatu *software* atau program aplikasi tertentu, proses analisa struktur pada suatu struktur rangka batang akan menjadi singkat dan hasilnya menjadi akurat.

Beberapa mahasiswa FTSP UII dalam menyelesaikan Tugas Akhirnya melakukan penelitian yang berkaitan dengan rangka batang dan pemrograman analisa struktur. Para peneliti tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sri Subekti Pertiwi dan Ari Sukraningrum (1998), Mereka mengambil judul *Studi Komparasi terhadap Desain Struktur Rangka Atap Baja dengan Pemodelan sebagai Rangka Batang dan Portal*. Mereka mencoba membandingkan antara struktur rangka batang yang menggunakan sambungan baut (truss) dengan struktur rangka batang yang menggunakan sambungan las (portal). Mereka

berkesimpulan bahwa pemodelan truss menghasilkan gaya-gaya batang yang lebih besar dari pada pemodelan portal, namun belum tentu dimensi batang struktur truss lebih besar dari pada struktur portal. Ini terjadi karena struktur portal memiliki berat profil yang lebih besar dari pada struktur truss.

2. Sasanti Dwiyar dan Etika Ardhiyanti (1998),

Mereka mengambil judul *Alternatif Pemakaian Rangka Atap Baja pada Gedung Laboratorium FTI UII*. Mereka mencoba membandingkan struktur rangka batang atap baja pada gedung laboratorium FTI UII dengan berbagai model yang mereka tetapkan sekaligus sebagai alternatif pengganti. Mereka beranggapan struktur rangka batang atap baja yang berdiri di gedung tersebut terlalu boros digunakan karena bentuk serta profil yang terlalu besar digunakan. Iterasi pemilihan profil-profil tersebut dilakukan secara manual, sehingga memerlukan waktu yang banyak.

3. Ina Marlina Dae dan Tjondro Purnomo (1997),

Mereka mengambil judul *Pemrograman Analisa Struktur Metode Matrik dan Desain Struktur Beton*. Mereka

membuat suatu program aplikasi yang dapat menganalisa suatu struktur portal bertingkat banyak dengan menggunakan metode matrik kekakuan. Mereka menyatakan bahwa analisa suatu struktur bertingkat banyak membutuhkan cara yang singkat dibandingkan dengan cara-cara sebelumnya. Pada umumnya program-program aplikasi analisa struktur yang ada pada saat ini menggunakan metode matrik, sebab metode ini sederhana dan luwes bila digunakan terutama untuk menganalisa struktur-struktur yang rumit.

2.2 Pembahasan penelitian terdahulu

Dari hasil penelitian yang dilakukan para mahasiswa FTSP UII seperti di atas, ada beberapa masalah yang perlu ditinjau lebih lanjut sebagai studi penelitian, yaitu :

1. Struktur rangka batang dapat digunakan bentang-bentang yang besar, seperti pada struktur portal mengingat berat dari pada struktur rangka batang relatif lebih ringan dari pada struktur portal.
2. Dengan membandingkan beberapa model struktur rangka batang yang ada akan diperoleh model struktur rangka batang yang optimum (ringan).

3. Dibutuhkan suatu program aplikasi yang dapat secara cepat menganalisa suatu struktur rangka batang, kemudian dapat mencari profil-profil yang dibutuhkan tanpa meninggalkan syarat keamanan suatu struktur.

2.3 Kesimpulan

Dari pembahasan seperti di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk mencari model struktur rangka batang yang optimum perlu dilakukan komparasi dari berbagai model struktur rangka batang dengan panjang bentang dan beban-beban yang sama, sehingga diperoleh struktur yang paling ringan.
2. Diperlukan suatu cara yang singkat dalam iterasi pemilihan profil, misalnya menggunakan alat bantu komputer dengan *software* tertentu yang dibantu *database* yang berisi data-data profil yang diinginkan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Struktur rangka batang merupakan sebuah struktur datar yang terdiri dari jumlah batang-batang yang disambung satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya dengan alat sambung tertentu sehingga membentuk suatu rangka kokoh, gaya-gaya luar serta reaksi-reaksinya dianggap terletak di dalam bidang yang sama dan hanya bekerja pada titik-titik kumpul. Sumbu pusat dari setiap batang berimpit dengan garis yang menghubungkan pusat-pusat sambungan pada ujung-ujung batang. Setiap batang dalam sebuah struktur rangka batang memiliki dua gaya dan menjadi subyek gaya-gaya aksial langsung yaitu gaya tarik atau gaya tekan (Yuan-Y Hsieh, 1985).

Struktur rangka batang dianggap terdiri dari batang yang prismatik, dengan kata lain setiap batang memiliki sumbu yang lurus dan penampang lintang yang seragam di seluruh panjangnya.

Struktur rangka batang dapat diklasifikasikan sesuai dengan susunannya sebagai berikut :

1. Struktur rangka batang sederhana

Struktur ini merupakan struktur datar yang kokoh tersusun dari tiga batang terjepit pada ujung-ujungnya satu dengan lainnya dalam bentuk segi tiga. Setiap penambahan sambungan baru diikuti dengan penambahan dua batang baru. Untuk menghindari ketidakstabilan geometris sambungan yang baru tersebut tidak harus terletak pada garis lurus yang sama. Hal ini dapat diterangkan jika diketahui banyaknya batang = b , jumlah reaksi = r dan banyaknya titik kumpul = j , maka rangka batang akan stabil jika

$$b + r = 2j \quad (3.1)$$

Untuk mendapatkan struktur yang stabil, tumpuan-tumpuan struktur terdiri dari tiga reaksi, yaitu dua reaksi pada tumpuan sendi dan satu reaksi pada tumpuan rol. Maka struktur ini termasuk struktur statis tertentu.

2. Struktur rangka batang gabungan

Struktur ini merupakan gabungan dua atau lebih struktur rangka batang sederhana, dihubungkan satu dengan lainnya untuk membentuk suatu struktur rangka

batang kokoh. Persamaan 3.1 masih berlaku untuk jenis struktur ini.

3. Struktur rangka batang kompleks

Struktur ini merupakan struktur rangka batang yang tidak dapat diklasifikasikan sebagai konstruksi sederhana maupun gabungan.

3.2 Penggunaan Baja untuk struktur rangka batang atap

Struktur rangka batang yang digunakan pada saat ini biasanya menggunakan kayu atau baja sebagai bahan utama. Kadang baja struktur menjadi pilihan karena adanya pertimbangan kekuatan, berat jenisnya, lendutan, panjang batang, ketahanan terhadap cuaca, serta perawatannya.

Terkadang perencana mengalami kendala dalam memilih bentuk rangka batang (truss) atau bentuk portal (frame) yang akan digunakan, jika panjang bentang struktur telah ditentukan. Sebenarnya yang menjadikan pertimbangan utama dalam pemilihan bentuk struktur tersebut adalah nilai ekonomisnya, walaupun masih ada pertimbangan lain misalnya arsitekturalnya, jenis tumpuannya dan panjang bentang strukturnya.

Sesuatu hal yang tidak mudah untuk menentukan pada bentang berapa struktur rangka batang akan efektif digunakan. Pada panjang bentang struktur yang sama bentuk rangka batang memiliki biaya pabrikasi dan pemasangan yang lebih tinggi, namun biaya materialnya representatif lebih ringan (Jack C. McCormac, 1981). Pemilihan baja sebagai struktur rangka batang atas karena memiliki beberapa keuntungan. Keuntungan yang diperoleh dari baja sebagai bahan struktur adalah :

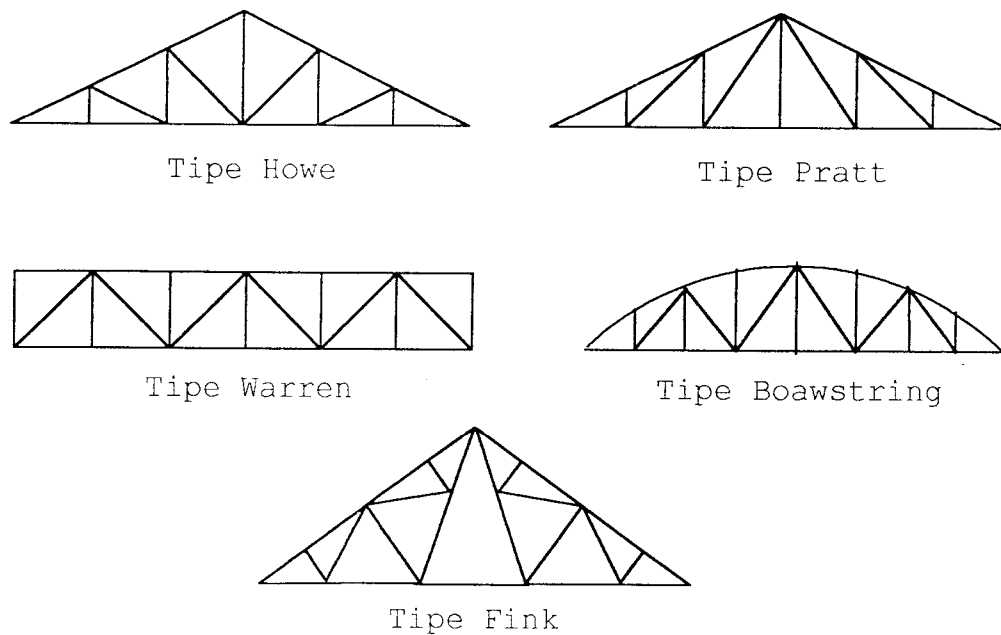
1. Baja memiliki kekuatan cukup tinggi serta merata. Kekuatan yang tinggi mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja mempunyai tampang relatif kecil dan cukup ringan meskipun memiliki berat jenis yang besar.
2. Mudah dalam pengangkutan ke lokasi proyek.
3. Struktur baja bisa tahan lama dibandingkan dengan jenis struktur lain

Walupun demikian baja memiliki kelemahan-kelemahan, diantaranya :

1. Biaya perawatan yang tidak sedikit,
2. Mudah terjadi bahaya tekuk (buckling),
3. Tidak tahan pada suhu yang tinggi,
4. Mudah terjadi korosi.

Macam-macam bentuk dari struktur rangka batang atap

Terdapat berbagai macam bentuk struktur rangka batang atap baja, diantaranya seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Macam-macam model struktur rangka batang atap

3.3 Struktur Baja

Baja struktur adalah jenis baja yang sering digunakan untuk berbagai jenis struktur seperti kolom dan balok pada gedung bertingkat banyak, sistem penyangga atap, hanggar, jembatan, menara antena, dan sebagainya (Salmon, C.G, 1989)

Sifat mekanis baja dapat diketahui dengan melakukan uji tarik baja. Uji tarik baja ini melibatkan

pembebanan tarik sampel baja. Bersamaan dengan itu dilakukan pengukuran beban dan perpanjangannya, sehingga akan diperoleh tegangan dan regangan baja yang dihitung dengan rumus :

$$f_t = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

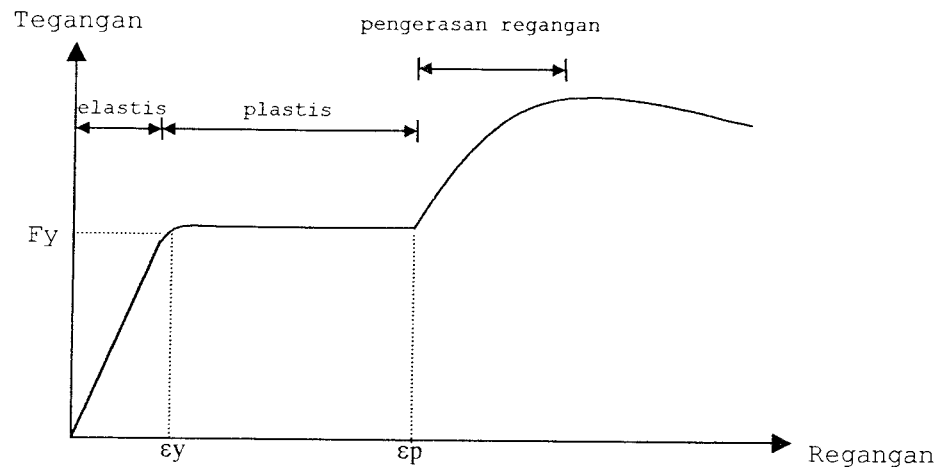
$$\varepsilon = \frac{\Delta L_o}{L_o} \quad (3.3)$$

Notasi : f_t = Tegangan tarik (Ksi)
 P = Beban tarik (Kips)
 A = Luas tampang benda uji (inchi²)
 ε = Regangan
 ΔL_o = perubahan panjang (inchi)
 L_o = Panjang mula-mula (inchi)

Sampel dibebani sampai hancur. Hasil benda uji ini ditunjukkan dalam diagram tegangan-regangan. Gambar diagram tegangan-regangan baja struktur yang sering digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Sifat-sifat baja bergantung sekali kepada kadar carbon. Semakin besar carbon, maka tegangan patah akan semakin naik dan regangan patah semakin turun. Kandungan unsur-unsur lain yang ada dalam baja pun

sangat mempengaruhi sifat baja meskipun kandungan unsur-unsur tersebut sangat sedikit. Misalnya unsur Mangan (Mn), Silikon(Si), Fosfor(P), dan Sulfur(S).



Gambar 3.2 Diagram tegangan-regangan baja struktur

Selain tegangan dan regangan, untuk dapat menentukan karakteristik baja ada besaran lain yang mempengaruhi yaitu modulus elastisitas (E) dan daktilitas. Besarnya modulus elastisitas ini berupa konstanta proposional antara tegangan dan regangan di dalam selang elastis. Hal itu ditunjukkan pada persamaan 3.4.

$$E = \frac{f_t}{\epsilon} \quad (3.4)$$

Daktalitas merupakan kemampuan baja untuk mengalami deformasi besar sebelum gagal. Oleh karena itu struktur rangka batang baja masih dapat berdiri setelah sebagian dari rangka batang tersebut telah mengalami tegangan jauh di atas tegangan ijin desain. Deformasi suatu struktur akan mentransfer beban ke bagian lain yang memikul beban lebih rendah sehingga akan mencegah struktur dari keruntuhan meskipun semua atau sebagian struktur telah mengalami deformasi berlebihan. Daktalitas merupakan sifat baja yang sangat berguna terutama untuk pembebanan yang sifatnya tak statis seperti beban angin.

3.3.1 Batang Tarik Aksial

Batang tarik aksial merupakan batang lurus yang mengalami tarikan akibat bekerjanya gaya aksial tarik. Batang tarik aksial biasanya terdapat pada struktur rangka batang, jembatan, menara transmisi, dan sistem pengaku terhadap angin pada gedung bertingkat banyak. Batang tarik terdiri dari dua tipe yaitu batang tarik pada kondisi tanpa lubang dan batang tarik dengan lubang.

Batang tarik dengan lubang, seperti akibat lubang paku keling, baut atau batang berulir, luas penampang yang digunakan dalam perhitungan adalah luasan netto atau luasan efektif.

Luas penampang netto adalah luasan tampang yang efektif yang menahan beban, yaitu luas tampang bruto dikurangi luas lubang. Namun luas penampang netto tidak boleh melebihi 85% luas penampang brutto (AISC-ASD,1989).

Pada batang tarik berpenampang siku yang memiliki sambungan pada salah satu kakinya, tegangan yang terdistribusikan pada ujung batang tidak seragam. Untuk memperhitungkan ketidakseragaman tegangan, AISC-ASD memberikan aturan untuk menggunakan luasan efektif (A_e). Koefisien reduksi (U) diambil 0,85 sesuai AISC-ASD-B3.

Pada prinsipnya tegangan tarik yang terjadi pada suatu elemen baja harus lebih kecil dari tegangan yang diijinkan. Tegangan yang diijinkan untuk batang tarik ditunjukkan dengan persamaan 3.5 dan 3.6.

$$F_t = 0,6 \cdot F_y \cdot A_g \quad (3.5)$$

$$F_t = 0,5 \cdot F_u \cdot A_e \quad (3.6)$$

Hasil perhitungan dari persamaan 3.5 dan 3.6 diambil nilai terkecil.

Notasi : F_t = Kekuatan tarik yang diijinkan

F_y = Tegangan leleh baja

F_u = Kekuatan ultimit tarik baja struktur

A_g = Luas penampang bruto

A_e = Luas penampang efektif

$A_e = U \cdot A_n$

U = Koefisien reduksi luasan

A_n = Luas penampang netto

$A_n = A_g - A_{\text{lubang}}$

A_{lubang} = Diameter lubang total x tebal profil

Batang tarik yang terlalu panjang bisa melendut secara berlebihan akibat berat sendiri, untuk mencegah hal tersebut panjang batang perlu dibatasi. Kriteria penentuan panjang batang ini didasarkan pada angka kelangsingan batang, KL/r dengan L adalah panjang batang dan r adalah jari-jari girasi. Menurut AISC - 1.8.4 besar angka kelangsingan yang berlaku untuk batang tarik adalah $KL/r \leq 300$.

3.3.2 Batang Tekan Aksial

Batang aksial tekan merupakan batang-batang lurus yang mengalami tekanan akibat kerja gaya-gaya aksial. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan

batang adalah kelangsingannya. Kelangsingan batang merupakan rasio antara panjang tekuk (KL) dengan jari-jari kelembaman atau girasi (r). Kuat tekan suatu batang akan menurun seiring dengan makin besarnya nilai kelangsingan batang tersebut. Menurut AISC-1.8.4 angka kelangsingan untuk batang yang mengalami tekanan aksial, besarnya tidak melebihi dari 200.

$$KL/r \leq 200 \quad (3.7)$$

Pada prinsipnya tegangan desak yang terjadi pada suatu elemen baja harus lebih kecil dari tegangan yang diijinkan. Kelangsingan batang juga berpengaruh pada kondisi tekuk suatu batang. Menurut AISC-ASD, C_c adalah kelangsingan (KL/r) yang membatasi antara batang yang mengalami kondisi tekuk in-elastik (batang pendek) dengan batang yang mengalami kondisi tekuk elastis (batang panjang).

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E}{F_y}} \quad (3.8)$$

Tegangan yang diijinkan untuk batang desak menurut spesifikasi AISC-ASD untuk berbagai kondisi tekuk ditunjukkan dengan rumus dibawah ini :

a. Kondisi tekuk elastis ($KL/r > C_c$)

Bila batang mengalami kondisi tekuk elastis maka tegangan desak yang diijinkan seperti pada persamaan 3.9.

$$F_a = \frac{\pi^2 \cdot E}{FS \cdot (KL/r)^2} \quad (3.9)$$

Menurut AISC-ASD faktor keamanan (FS) untuk kondisi tekuk elastik seperti pada persamaan 3.10.

$$FS = \frac{23}{12} \quad (3.10)$$

b. Kondisi tekuk in-elastik ($KL/r < C_c$)

Bila batang mengalami kondisi tekuk in-elastik maka tegangan desak yang diijinkan seperti pada persamaan 3.11.

$$F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \cdot C_c^2} \right] \quad (3.11)$$

Menurut AISC-ASD faktor keamanan (FS) untuk kondisi tekuk in-elastik seperti pada persamaan 3.12.

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3 KL/r}{8 C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8 C_c^3} \quad (3.12)$$

Notasi : F_a = Tegangan desak yang diijinkan
 F_y = Tegangan leleh baja
 E = Modulus elastis baja
 KL = Panjang tekuk batang
 r = Jari-jari kelembaman
 C_c = Kelangsingan batas antara tekuk
elastis dengan tekuk inelastik
 FS = Faktor keamanan

3.4 Pembebanan

Pada umumnya beban-beban yang bekerja pada struktur rangka batang atap menurut PPPRG 1987 adalah :

1. Beban mati, ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.
2. Beban hidup, ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, berupa barang-barang yang dapat dipindahkan, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan tersebut. Khusus pada atap yang termasuk beban hidup adalah

beban pekerja dan beban air hujan. PPI 1983 memberikan ketentuan :

Beban pekerja minimum diambil sebesar 100 kg

Beban air hujan = $40 - 0,8 \cdot \alpha$

α = kemiringan atap

3. Beban Angin, ialah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Untuk menghitung beban angin PPPRG 1987 memberikan ketentuan :

Beban angin = Tekanan angin x C x jarak gording

C = koefisien angin

= $(0,02 \times \text{tekanan angin} - 0,4)$

Kemudian dari beban-beban tersebut di atas dikelompokkan menjadi beban tetap dan beban sementara. Beban tetap merupakan kombinasi antara beban mati dengan beban hidup, sedangkan beban sementara merupakan kombinasi antara beban tetap dengan beban angin.

3.5 Analisa struktur rangka batang

Salah satu hal terpenting dalam merencanakan suatu struktur adalah analisa struktur. Dari analisa struktur ini kita akan mendapatkan :

1. Gaya-gaya dalam yang timbul pada elemen-elemen struktur sebagai akibat bekerjanya gaya-gaya luar pada struktur,
2. Tegangan yang terjadi pada penampang-penampang elemen sebagai akibat timbulnya gaya dalam pada elemen bersangkutan, dan diharapkan agar tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan yang diijinkan,
3. Defleksi atau lendutan yang terjadi, baik pada tiap titik buhul maupun pada elemen-elemen yang bersangkutan pada suatu struktur.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisa suatu struktur rangka batang, diantaranya adalah metode Keseimbangan titik buhul, metode Potongan, metode Grafis, metode Matrik Kekakuan, dan sebagainya.

Pada umumnya program-program aplikasi analisa struktur yang ada pada saat ini menggunakan metode Matrik Kekakuan, sebab metode ini sederhana dan luwes bila digunakan terutama untuk menganalisa struktur-struktur yang rumit. Metode Matrik Kekakuan merupakan suatu pemikiran baru pada analisa struktur, yang berkembang bersamaan makin populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi-operasi perhitungan aritmatika. Dalam menganalisa suatu struktur sederhana

dapat dengan mudah diselesaikan. Pada suatu rangka batang statis tertentu gaya-gaya batang akan diperoleh dengan menggunakan beberapa persamaan kesetimbangan. Hal utama dalam analisa struktur untuk menentukan deformasi maupun tegangan yang terjadi pada struktur, adalah sejauh mana diketahui sifat karakteristik hubungan antara gaya dan deformasi dari elemen struktur, sehingga semua syarat kesetimbangan terpenuhi (Supartomo, F.X, 1984).

3.5.1 Metode Matrik Kekakuan

Setiap struktur yang rumit, misalnya struktur rangka batang dan kerangka kaku, dapat dipotong-potong menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana. Suatu rangka batang dipandang sebagai struktur yang terdiri dari batang-batang dengan dua gaya yang disambung dengan pen pada ujung-ujungnya (Yuan-Yu Hsieh, 1982).

Metode matrik kekakuan adalah suatu cara untuk analisa struktur, dimana dalam proses analisanya dianggap perubahan kedudukan titik-titik buhul sebagai besaran yang tidak diketahui (Supartono, F.X, 1984).

Konsep dasar metode kekakuan dalam suatu struktur adalah harus terpenuhinya syarat-syarat :

1. Keseimbangan antara gaya-gaya dalam dengan beban-beban luar yang bekerja,
2. Kompatibilitas, yaitu mencari deformasi yang terjadi pada ujung batang akibat perubahan kedudukan titik buhul.
3. Hubungan antara gaya-gaya ujung batang dengan deformasi-deformasi serta hubungan antara gaya-gaya titik buhul dengan perubahan kedudukan titik buhul.

Kemudian konsep dasar tersebut dibuat menjadi prosedur umum untuk merakit matrik kekakuan struktur keseluruhan dari masing-masing matrik kekakuan batang. Untuk mempermudah perakitan matrik prosedur umum yang dilakukan untuk menganalisa struktur rangka batang adalah :

1. Identifikasi titik buhul dan batang

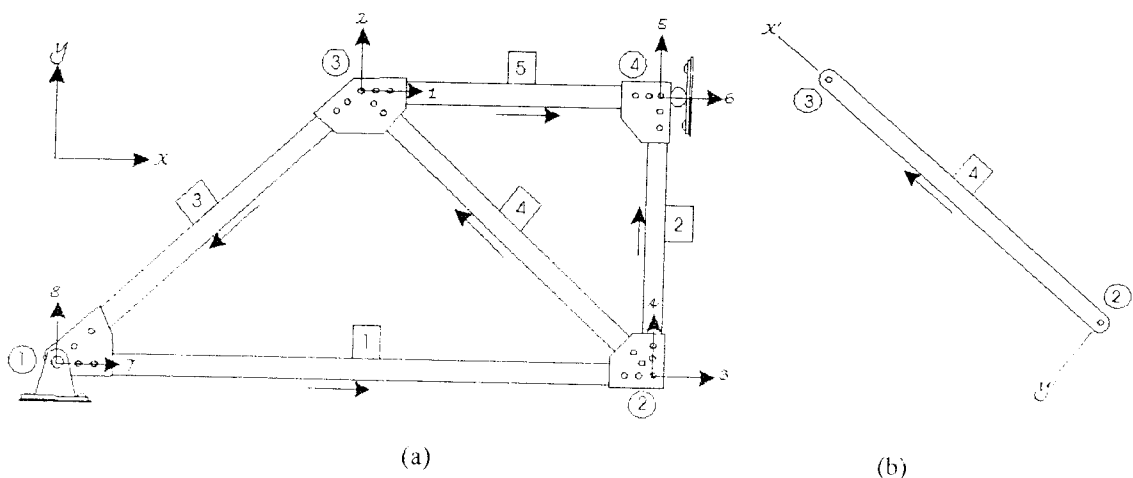
Langkah awal penggunaan metode kekakuan adalah mengidentifikasi tiap elemen atau batang dan tiap titik buhul dengan memberikan penandaan tertentu. Seperti Gambar 3.3(a) dimana batang diberi nomor di dalam bujur sangkar dan titik kumpul diberi nomor di dalam lingkaran.

2. Menentukan koordinat batang (lokal) dan koordinat struktur (global)

Dua tipe yang berbeda dalam pemakaian sistem koordinat. Sistem koordinat global struktur, dipakai sumbu x dan y seperti pada Gambar 3.3(a). Sistem koordinat lokal atau sistem koordinat batang, dipakai sumbu x' dan y' seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3(b).

3. Menentukan derajat kebebasan (Degree of freedom)

Derajat kebebasan suatu struktur terdiri dari dua jenis, yaitu jenis tidak terkekang (*unconstrained degrees of freedom*) dimana derajat kebebasannya 1 dan jenis terkekang (*constrained degrees of freedom*) dimana derajat kebebasannya 0. Misalnya jika titik buhul dari suatu struktur dapat bergerak atau tidak terkekang maka derajat kebebasannya 1 dan sebaliknya jika titik buhul tidak dapat bergerak atau terkekang derajat kebebasannya 0.



Gambar 3.3 Contoh Struktur rangka batang

Dalam penyusunan ukuran atau ordo matrik kekakuan perlu diketahui berapa banyak derajat kebebasan yang terjadi pada suatu struktur. Oleh karena itu untuk memudahkan berapa banyak derajat kebebasan yang terjadi, maka diperlukan suatu penandaan pada titik buhul berupa tanda panah bernomor. Contoh seperti pada Gambar 3.3(a) dimana terdapat 8 derajat kebebasan, sehingga ordo matrik kekakuan struktur berukuran 8×8 .

Kondisi derajat kebebasan dari masing-masing titik buhul dapat dibagi menjadi dua kondisi. Kondisi titik buhul 1 dengan panah nomor 7, 8 dan titik buhul 4 dengan panah nomor 6 pada kondisi tidak bergerak atau derajat kebebasan terkekang (*constrains degrees of freedom*) dan pada titik buhul yang lain pada kondisi bebas atau tidak terkekang (*unconstrains degrees of freedom*).

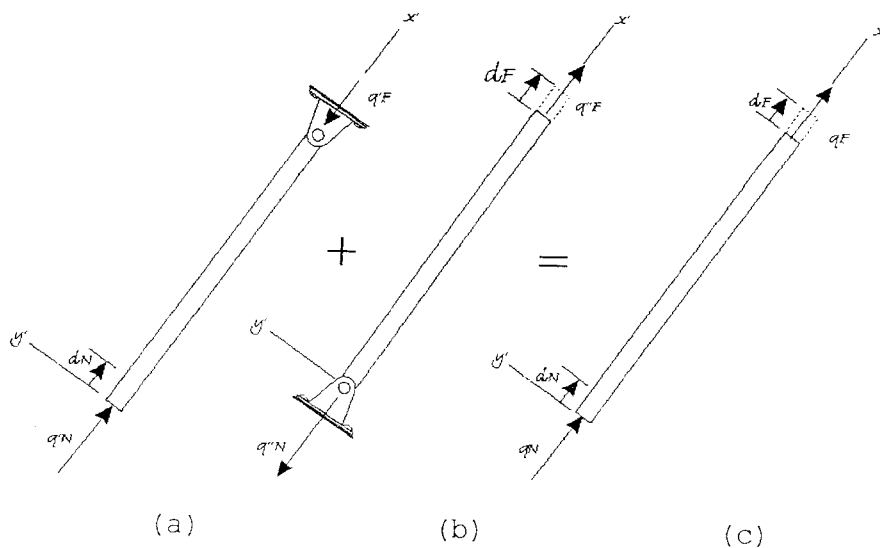
Kesetimbangan gaya-gaya

Jika suatu struktur rangka batang dibebani pada titik buhul maka struktur tersebut akan mengalami deformasi. Secara umum deformasi tersebut dapat berupa deformasi aksial. Deformasi aksial adalah perubahan

bentuk memanjang atau memendek dari suatu elemen akibat gaya aksial (Susastrawan, 1991).

Seperti pada Gambar 3.4(a) elemen mengalami deformasi aksial desak dan syarat kestimbangan dapat dirumuskan seperti pada persamaan 3.13.

$$q'_N = \frac{AE}{L} d_N \quad q'_F = -\frac{AE}{L} d_N \quad (3.13)$$



Gambar 3.4 Deformasi Batang

Dan pada Gambar 3.4(b) elemen mengalami deformasi aksial tarik dan syarat keseimbangan dapat dirumuskan seperti pada persamaan 3.14.

$$q''_N = -\frac{AE}{L} d_F \quad q''_F = \frac{AE}{L} d_F \quad (3.14)$$

Superposisi seperti pada Gambar 3.4(c) dapat dirumuskan dengan menggabungkan persamaan 3.13 dan 3.14 menjadi:

$$q_N = \frac{AE}{L}d_N - \frac{AE}{L}d_F$$

(3.15)

$$q_F = \frac{AE}{L}d_F - \frac{AE}{L}d_N$$

atau dapat juga ditulis dalam bentuk matrik

$$\begin{bmatrix} q_N \\ q_F \end{bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_N \\ d_F \end{bmatrix}$$

atau

$$\boxed{q = k' \times d} \quad (3.16)$$

dengan

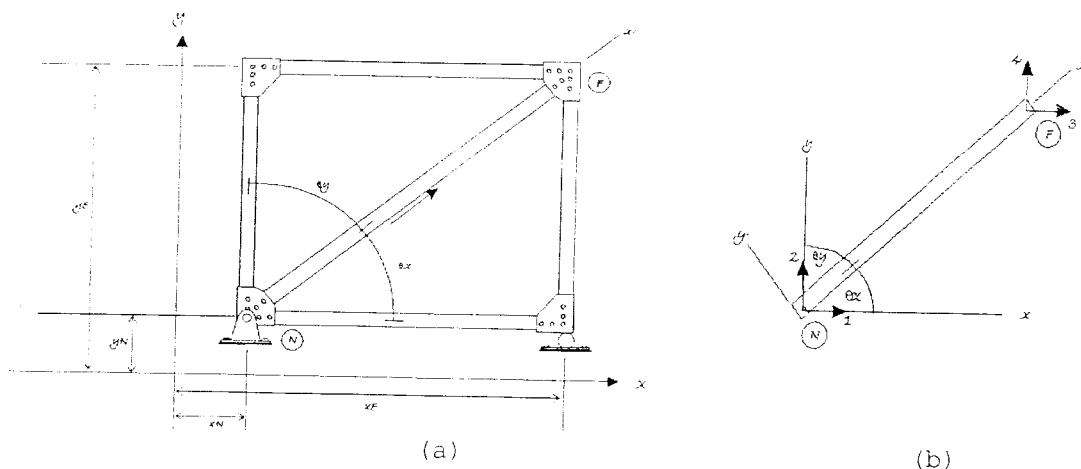
$$[k'] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Matrik k' adalah matrik kekakuan elemen pada koordinat lokal (Hibbeler, R.C, 1995).

Matrik Transformasi Defleksi

Penentuan matrik kekakuan batang yang lengkap untuk batang tipikal rangka batang merupakan permulaan analisa rangka batang bidang. Gambar 3.5(a) memperlihatkan batang tipikal NF pada rangka batang

bidang. Titik kumpul di ujung batang ditunjukkan sebagai titik N dan F. Rangka batang dianggap terletak pada bidang x-y, dimana x dan y adalah sumbu referensi atau global untuk struktur. Translasi titik kumpul merupakan perpindahan yang belum diketahui dalam analisa, dan semua translasi oleh komponen dalam arah x-y dapat dinyatakan dengan meninjau arah positif keempat komponen perpindahan di kedua ujung batang tipikal NF (terhadap sumbu arah struktur) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5 (b). Kemiringan batang pada struktur rangka batang mudah dihitung dengan memakai kosinus arah (direction cosines) (Weawwer, 1989).



Gambar 3.5. Batang tipikal pada struktur rangka batang

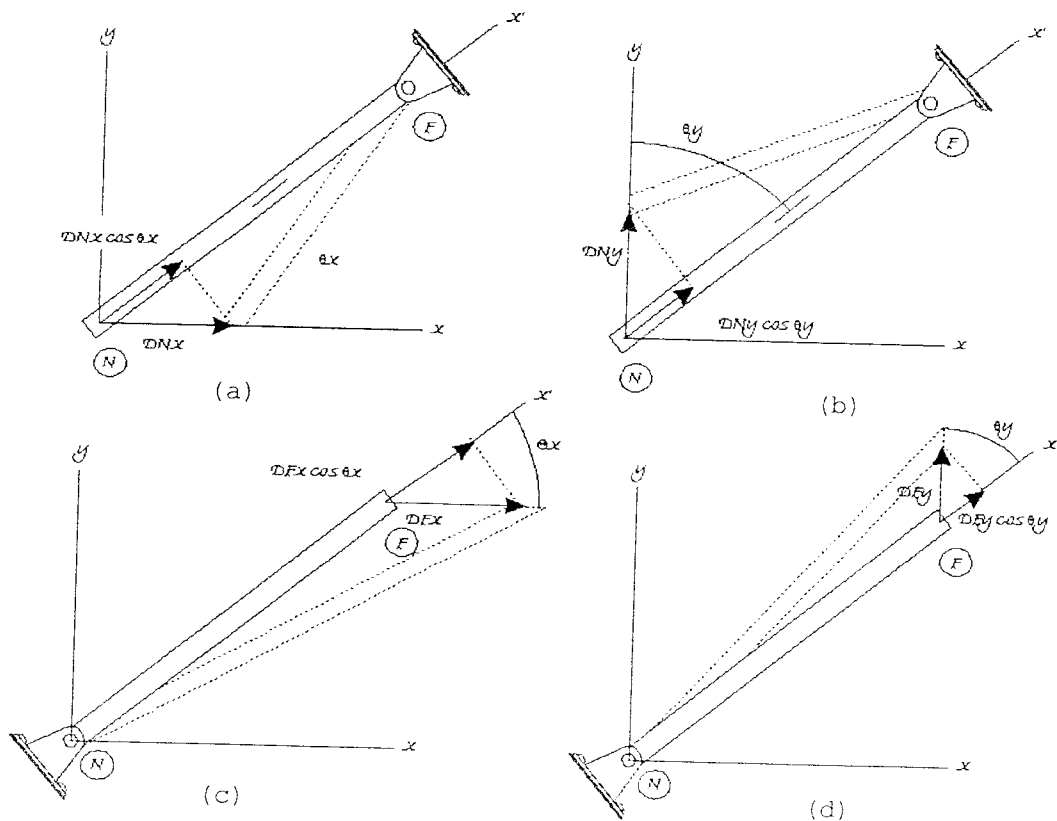
Kosinus arah untuk batang pada Gambar 3.5(b) adalah kosinus sudut θ_x dan θ_y antara sumbu batang dengan sumbu x dan y. sudut ini selalu ditentukan dari ujung batang. Jika L adalah panjang batang, koordinat

x dan y dari titik kumpul N dan F dengan notasi (x_F, y_F) dan (x_N, y_N) maka kosinus arah untuk batang dapat dinyatakan dalam persamaan 3.18 dan 3.19.

$$\lambda_x = \cos \theta_x = \frac{x_F - x_N}{L} = \frac{x_F - x_N}{\sqrt{(x_F - x_N)^2 + (y_F - y_N)^2}} \quad (3.18)$$

$$\lambda_y = \cos \theta_y = \frac{y_F - y_N}{L} = \frac{y_F - y_N}{\sqrt{(x_F - x_N)^2 + (y_F - y_N)^2}} \quad (3.19)$$

Setiap ujung batang bebas dalam koordinat global mempunyai dua derajat kebebasan atau defleksi bebas seperti pada Gambar 3.6(a) dan 3.6(b) titik buhul N mempunyai D_{Ny} dan D_{Nx} dan pada Gambar 3.6(c) dan



Gambar 3.6 Tranformasi Defleksi

3.6(d) titik buhul F mempunyai D_{Fy} dan D_{Fx} . Dua defleksi global tersebut dapat dirumuskan, seperti pada persamaan 3.20 dan 3.21.

$$d_N = D_{Nx} \cos \theta_x + D_{Ny} \cos \theta_y \quad (3.20)$$

$$d_F = D_{Fx} \cos \theta_x + D_{Fy} \cos \theta_y \quad (3.21)$$

jika $\lambda_x = \cos \theta_x$ dan $\lambda_y = \cos \theta_y$ maka persamaan 3.20 dan 3.21, menjadi

$$d_N = D_{Nx} \lambda_x + D_{Ny} \lambda_y \quad (3.22)$$

$$d_F = D_{Fx} \lambda_x + D_{Fy} \lambda_y \quad (3.23)$$

dan dapat disusun dalam bentuk matrik

$$\begin{bmatrix} d_N \\ d_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_x & \lambda_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{Nx} \\ D_{Ny} \\ D_{Fx} \\ D_{Fy} \end{bmatrix}$$

atau

$$\boxed{d = TD} \quad (3.24)$$

dengan

$$T = \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_x & \lambda_y \end{bmatrix}$$

matrik transformasi defleksi "T" adalah transformasi empat koordinat global defleksi arah x-y atau "D" ke dalam dua koordinat lokal defleksi arah x' atau "d" (Hibbeler, R.C, 1995).

Matrik Transformasi Gaya

Seperti pada Gambar 3.7 (a) gaya q_N pada ujung N batang dapat dirumuskan

$$Q_{Nx} = q_N \cos \theta_x \quad Q_{Ny} = q_N \cos \theta_y \quad (3.25)$$

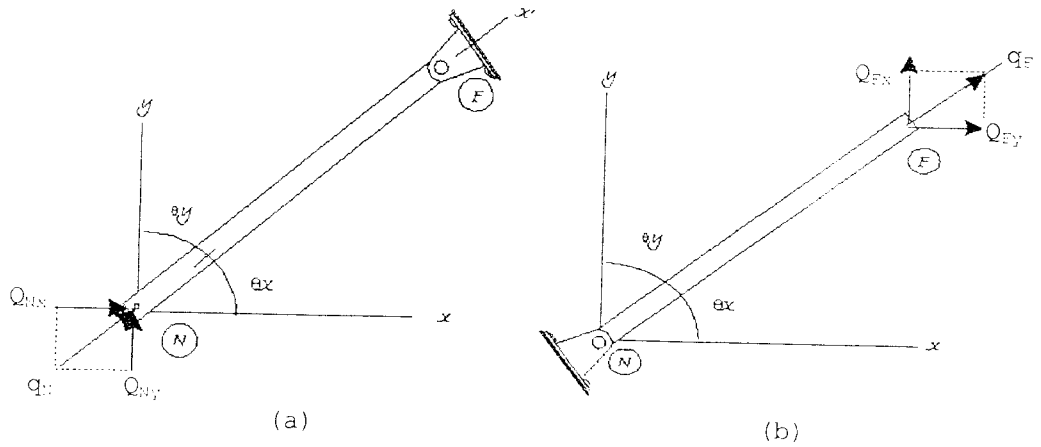
dan pada ujung F batang, Gambar 3.7 (b)

$$Q_{Fx} = q_F \cos \theta_x \quad Q_{Fy} = q_F \cos \theta_y \quad (3.26)$$

menggunakan kosines arah $\lambda_x = \cos \theta_x$ dan $\lambda_y = \cos \theta_y$, persamaan diatas menjadi

$$Q_{Nx} = q_N \lambda_x \quad Q_{Ny} = q_N \lambda_y$$

$$Q_{Fx} = q_F \lambda_x \quad Q_{Fy} = q_F \lambda_y$$



Gambar 3.7 Transformasi Gaya

dan dapat disusun dalam bentuk matrik

$$\begin{bmatrix} Q_{Nx} \\ Q_{Ny} \\ Q_{Fx} \\ Q_{Fy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 \\ \lambda_y & 0 \\ 0 & \lambda_x \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q_N \\ q_F \end{bmatrix}$$

atau

$$\boxed{Q = T^T q} \quad (3.27)$$

dengan

$$T^T = \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 \\ \lambda_y & 0 \\ 0 & \lambda_x \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix}$$

matrik transformasi gaya " T^T " adalah transformasi dari dua koordinat lokal x' akibat gaya aksi " q " ujung batang ke dalam empat komponen koordinat global (x,y) gaya " Q " (Hibbeler, R.C, 1995).

Matrik Kekakuan Global

Kombinasi dari matrik kekakuan tiap batang dari struktur seperti persamaan 3.24 disubstitusikan ke dalam persamaan 3.16, persamaan menjadi

$$\boxed{q = k' TD} \quad (3.28)$$

Persamaan 3.28 disubstitusikan ke dalam persamaan 3.27, menjadi

$$\boxed{Q = T^T k' TD} \quad (3.29)$$

atau

$$\boxed{Q = kD} \quad (3.30)$$

dengan

$$\boxed{k = T^T k' T} \quad (3.31)$$

"k" adalah matrik kekakuan batang pada koordinat global

$$k = \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 \\ \lambda_y & 0 \\ 0 & \lambda_x \\ 0 & \lambda_y \end{bmatrix} \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_x & \lambda_y \end{bmatrix}$$

penyederhanaan operasi matrik "k"

$$k = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} N_x & N_y & F_x & F_y \\ \lambda_x^2 & \lambda_x \lambda_y & -\lambda_x^2 & -\lambda_x \lambda_y \\ \lambda_x \lambda_y & \lambda_y^2 & -\lambda_x \lambda_y & -\lambda_y^2 \\ -\lambda_x^2 & -\lambda_x \lambda_y & \lambda_x^2 & \lambda_x \lambda_y \\ -\lambda_x \lambda_y & -\lambda_y^2 & \lambda_x \lambda_y & \lambda_y^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ F_x \\ F_y \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

3.5.2 Aplikasi Metode Kekakuan pada Struktur Rangka Batang

Penjelasan tentang matrik kekakuan yang dijelaskan diatas dapat digunakan untuk mencari defleksi titik buhul, reaksi akibat gaya luar dan gaya yang terjadi pada batang dengan menyusun persamaan berdasarkan kondisi pada titik buhul, seperti pada persamaan 3.33.

$$\begin{bmatrix} Q_k \\ Q_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_u \\ D_k \end{bmatrix} \quad (3.33)$$

Dengan,

Q_k , D_k adalah Beban luar dan defleksi yang diketahui, misal titik buhul dikenai beban luar atau titik buhul dikekang (constrains), maka defleksi dapat dianggap $D_k = 0$ atau tidak bergerak

Q_u , D_u adalah Beban luar dan defeksi yang belum diketahui, kondisi titik buhul dapat bergerak bebas (unconstrains).

K adalah Matrik kekakuan struktur

Persamaan 3.33 dapat diditulis kembali

$$Q_k = K_{11}D_u + K_{12}D_k \quad (3.34)$$

$$Q_u = K_{21}D_u + K_{22}D_k \quad (3.35)$$

Misal $D_k = 0$ atau tumpuan tidak bergerak maka persamaan 3.34 menjadi

$$Q_k = K_{11}D_u \quad (3.36)$$

untuk mendapatkan semua defleksi pada titik buhul D_u pada persamaan 3.36 dirubah menjadi

$$D_u = [K_{11}]^{-1} Q_k \quad (3.37)$$

kemudian hasil dari persamaan 3.37 disubtitusikan kedalam persamaan 3.38 untuk mendapatkan gaya batang.

$$q = k' T D_u \quad (3.38)$$

kemudian hasil dari persamaan 3.37 disubstitusikan kedalam persamaan 3.35 untuk mendapatkan reaksi dukungan.

$$Q_u = K_{21}D_u \quad (3.39)$$

persamaan 3.38 dikembangkan menjadi persamaan matrik menjadi

$$\begin{bmatrix} q_N \\ q_F \end{bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_x & \lambda_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{Nx} \\ D_{Ny} \\ D_{Fx} \\ D_{Fy} \end{bmatrix} \quad (3.40)$$

BAB IV

VALIDASI PROGRAM KOMPUTER

4.1 Umum

Validasi adalah membandingkan antara hasil perhitungan program komputer yang sudah valid seperti SAP90 atau secara manual dengan hasil perhitungan program aplikasi komputer. Validasi ini dilakukan pada sebuah contoh struktur rangka batang seperti pada Gambar 4.1, kemudian hasil perhitungan akan dimasukkan ke dalam sebuah tabel, seperti pada Tabel 4.4. Salah satu kolom pada tabel tersebut akan ditampilkan prosentase yang berisi selisih antara hasil perhitungan secara manual dengan hasil perhitungan program aplikasi komputer, dimana hal ini menyatakan validnya suatu program aplikasi yang digunakan.

Pada umumnya pembuatan suatu program komputer di temui beberapa macam kesalahan yang mungkin terjadi,

1. Kesalahan Logika

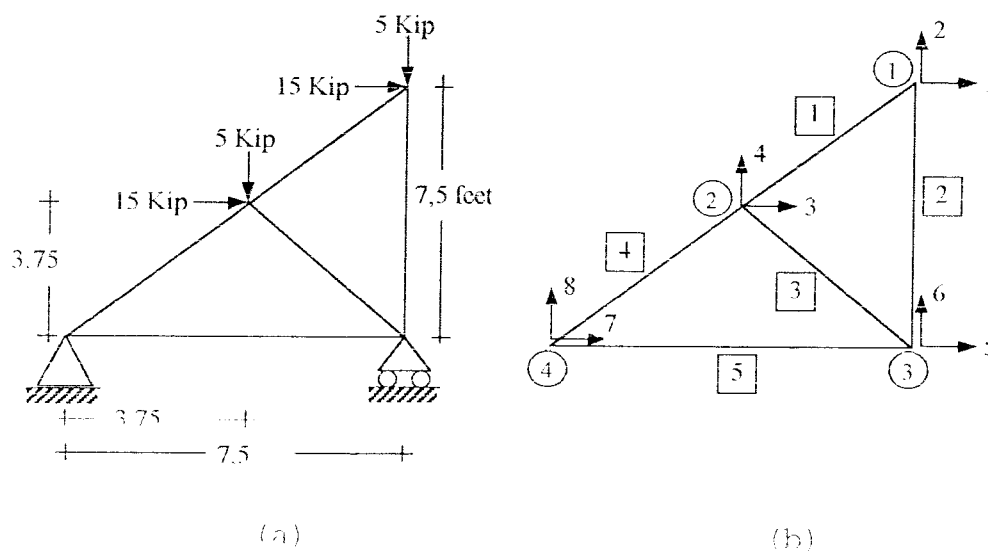
Kesalahan ini terjadi karena masih terdapat unsur kesalahan pada *flow chart* program atau pada logika hitungan program.

2. Kesalahan sewaktu kompilasi

Kesalahan ini terjadi pada manajemen program pada suatu program aplikasi, dimana main programnya tidak bisa melakukan hubungan baik dengan share programnya.

Pengecekan kesalahan logika dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil dari perhitungan menggunakan program aplikasi.

4.2 Data-Data Struktur



Gambar 4.1 Contoh Struktur rangka batang

Untuk memvalidasi program aplikasi komputer yang digunakan, diambil sebuah contoh struktur rangka batang sederhana seperti pada Gambar 4.1.

4.3 Analisa Struktur Rangka Batang

4.3.1 Secara Manual

Langkah-langkah penghitungan dengan cara manual adalah sebagai berikut :

Menetapkan awal penomoran derajat kebebasan pada titik buhul yang tidak terkekang atau *unconstrained degree of freedom*, selanjutnya penomoran derajat kebebasan pada titik buhul yang terkekang seperti pada Gambar 4.1 (b).

$$\begin{aligned} A1 &= 1.43 \text{ in}^2 & A2 &= 1.8 \text{ in}^2 & A3 &= 1.43 \text{ in}^2 \\ A4 &= 1.62 \text{ in}^2 & A5 &= 0.96 \text{ in}^2 \\ E &= 29000 \text{ KSI} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Data-data tiap elemen

Elemen	L (feet)	A x E/L	λ_x	λ_y	λ^2_x	λ^2_y	$\lambda_x \cdot \lambda_y$
1	5.3033	7819.66	-0.7075	-0.7075	0.50062	0.50062	0.50062
2	7.5	6960	0	-1	0	1	0
3	5.3033	7819.66	0.70755	-0.7075	0.50062	0.50062	-0.5006
4	5.3033	8858.64	-0.7075	-0.7075	0.50062	0.50062	0.50062
5	7.5	3712	-1	0	1	0	0

Tabel 4.2. Data berat profil tiap elemen

EL	L (feet)	W (lb / ft)	WL / 2 (Kip)
1	5.3033	4.88	0.01294
2	7.5	6.14	0.02303
3	5.3033	4.88	0.01294
4	5.3033	5.5	0.01458
5	7.5	0.96	0.0036

Elemen4

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	4434.834	4434.834	0	0	-4434.83	-4434.83
4	0	0	4434.834	4434.834	0	0	-4434.83	-4434.83
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	-4434.83	-4434.83	0	0	4434.834	4434.834
8	0	0	-4434.83	-4434.83	0	0	4434.834	4434.834

Elemen 5

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	3712	0	-3712	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	-3712	0	3712	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0

hasil dari ke-5 matrik kekakuan elemen kemudian dirakit menjadi matrik kekakuan sistem struktur dengan cara menjumlahkan seluruh matrik kekakuan tiap elemen.

Matrik Kekakuan Sistem Struktur

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3914.699	3914.699	-3914.7	-3914.7	0	0	0	0
2	3914.699	10874.7	-3914.7	-3914.7	0	-6960	0	0
3	-3914.7	-3914.7	12264.23	4434.834	-3914.7	3914.699	-4434.83	-4434.83
4	-3914.7	-3914.7	4434.834	12264.23	3914.699	-3914.7	-4434.83	-4434.83
5	0	0	-3914.7	3914.699	7626.699	-3914.7	-3712	0
6	0	-6960	3914.699	-3914.7	-3914.7	10874.7	0	0
7	0	0	-4434.83	-4434.83	-3712	0	8146.834	4434.834
8	0	0	-4434.83	-4434.83	0	0	4434.834	4434.834

Untuk memudahkan hitungan dapat dilakukan dengan pemilahan matrik sistem struktur berdasarkan derajat

kebebasan yang terjadi pada titik buhul, seperti pada persamaan 3.33.

$$\begin{bmatrix} Q_k \\ Q_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_u \\ D_k \end{bmatrix}$$

sehingga matrik kekakuan sistem struktur pada kondisi derajat kebebasan 1 atau tidak terkekang dapat ditulis

	1	2	3	4	5
1	3914.699	3914.699	-3914.7	-3914.7	0
2	3914.699	10874.7	-3914.7	-3914.7	0
3	-3914.7	-3914.7	12264.23	4434.834	-3914.7
4	-3914.7	-3914.7	4434.834	12264.23	3914.699
5	0	0	-3914.7	3914.699	7626.699

Matrik kekakuan sistem struktur tersebut di-invers, kemudian dikalikan dengan vektor Q_k atau beban luar yang terjadi pada titik buhul seperti pada Tabel 4.3 yang tidak terkekang.

Tabel 4.3 Beban luar

P-dof	P luar (Kip)	Wprofil (Kip)	P + Wprofil
P1	15	0	15
P2	-5	-0.03597	-5.03597
P3	15	0	15
P4	-5	-0.04046	-5.04046
P5	0	0	0
P6	0	-0.03957	-0.03957
P7	0	0	0
P8	0	-0.01818	-0.01818

$$Q_k = \begin{bmatrix} 15 \\ -5.03597 \\ 15 \\ -5.04046 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perkalian tersebut diperoleh matrik defleksi tiap titik buhul D_u .

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} & \left| \begin{array}{ccccc}
 0.000625 & -0.00014 & 0.000113 & 0.000113 & 2.84E-20 \\
 -0.00014 & 0.000144 & 0 & 0 & 0 \\
 0.000113 & 0 & 0.000188 & -7.5E-05 & 0.000135 \\
 0.000113 & 0 & -7.5E-05 & 0.000188 & -0.00013 \\
 -1.5E-20 & 0 & 0.000135 & -0.00013 & 0.000269
 \end{array} \right. x & \left| \begin{array}{c} 15 \\ -5.0359 \\ 15 \\ -5.0404 \\ 0 \end{array} \right. = & \left| \begin{array}{c} 0.01121 \\ -0.0028 \\ 0.00488 \\ -0.0003 \\ 0.00269 \end{array} \right.
 \end{array}
 \end{array}$$

$$K^{-1}x Q_k = D_u$$

Kondisi derajat kebebasan pada titik buhul 4 panah nomor 7 dan 8, dan titik buhul 3 dengan panah nomer 6 tidak bergerak atau derajat kebebasan 0 terkekang. Seperti pada Vektor D_k dimana vektor defleksi pada titik buhul yang diketahui

$$D_k = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix}$$

berdasarkan persamaan 3.39 $Q_k = K_{ij}D_k$ untuk mencari reaksi tumpuan terjadi, seperti pada matrik kekakuan sistem struktur, maka

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 \begin{array}{c} 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} & \left| \begin{array}{ccccc}
 0 & -6960 & 3914.699 & -3914.7 & -3914.7 \\
 0 & 0 & -4434.83 & -4434.83 & -3712 \\
 0 & 0 & -4434.83 & -4434.83 & 0
 \end{array} \right.
 \end{array}
 \end{array}$$

matrik kekakuan sistem struktur " K_{ij} " dikalikan dengan defleksi yang terjadi pada tiap titik buhul

Hitungan reaksi tumpuan

$$\begin{array}{c}
 6 \\
 7 \\
 8
 \end{array}
 \left| \begin{array}{ccccc}
 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\
 0 & -6960 & 3914.699 & -3914.7 & -3914.7 \\
 0 & 0 & -4434.83 & -4434.83 & -3712 \\
 0 & 0 & -4434.83 & -4434.83 & 0
 \end{array} \right|
 \times
 \left| \begin{array}{c}
 0.01122 \\
 -0.00288 \\
 0.00488 \\
 -0.00038 \\
 0.00270
 \end{array} \right|
 =
 \left| \begin{array}{c}
 30.1 \\
 -30 \\
 -19.979
 \end{array} \right|$$

Hasil reaksi tumpuan tersebut adalah :

$$Q_1 = 30,1 \text{ kips, } Q_2 = -30 \text{ kips dan } Q_3 = 19,979 \text{ kips}$$

Gaya-gaya pada pada tiap elemen

Dengan menggunakan persamaan 3.40 gaya-gaya yang terjadi pada tiap elemen adalah sebagai berikut ini

Elemen 1

$$q1 = \left| \begin{array}{cccc}
 1 & 2 & 3 & 4 \\
 5532.7765 & 5532.776 & -5532.77 & -5532.776
 \end{array} \right|
 \times
 \left| \begin{array}{c}
 0.011216 \\
 -0.00287 \\
 0.004882 \\
 -0.00037
 \end{array} \right|
 \begin{array}{c}
 1 \\
 2 \\
 3 \\
 4
 \end{array}
 = \begin{array}{c}
 21.2 \\
 \\
 \\
 \end{array}$$

Elemen 2

$$q2 = \left| \begin{array}{cccc}
 1 & 2 & 5 & 6 \\
 0 & 6960 & 0 & -6960
 \end{array} \right|
 \times
 \left| \begin{array}{c}
 0.011216 \\
 -0.00287 \\
 0.002699 \\
 0
 \end{array} \right|
 \begin{array}{c}
 1 \\
 2 \\
 5 \\
 6
 \end{array}
 = \begin{array}{c}
 -20.036 \\
 \\
 \\
 \end{array}$$

Elemen 3

$$q3 = \left| \begin{array}{cccc}
 3 & 4 & 5 & 6 \\
 -5532.776 & 5532.776 & 5532.776 & -5532.776
 \end{array} \right|
 \times
 \left| \begin{array}{c}
 0.004882 \\
 -0.00037 \\
 0.002699 \\
 0
 \end{array} \right|
 \begin{array}{c}
 3 \\
 4 \\
 5 \\
 6
 \end{array}
 = \begin{array}{c}
 -14.162 \\
 \\
 \\
 \end{array}$$

Elemen 4

$$q_4 = \begin{matrix} & 3 & 4 & 7 & 8 \\ \left| \begin{array}{cccc} 6267.9007 & 6267.900 & -6267.90 & -6267.901 \end{array} \right| \times \left| \begin{array}{c} 0.004882 \\ -0.00038 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right| \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} = 28.238$$

Elemen 5

$$q_5 = \begin{matrix} & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \left| \begin{array}{cccc} 3712 & 0 & -3712 & 0 \end{array} \right| \times \left| \begin{array}{c} 0.002699 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right| \begin{matrix} 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} = 10.0202$$

Hasil perhitungan

Defleksi pada tiap titik buhul

Buhul 1	D1	0.011216 Feet	
	D2	-0.002879 Feet	
Buhul 2	D3	0.004882 Feet	
	D4	-0.000377 Feet	< 9 / 360 = 0,025 Feet
Buhul 4	D5	0.002699 Feet	
	D6	0.0 Feet	
Buhul 3	D7	0.0 Feet	
	D8	0.0 Feet	

Gaya tiap elemen

Elemen 1	21.20001 Kips
Elemen 2	-20.03597 Kips
Elemen 3	-14.16193 Kips
Elemen 4	28.23808 Kips
Elemen 5	10.02023 Kips

Reaksi tumpuan

Q ₁ atau Ry	30.05620 Kips
Q ₂ atau Rx	-30.00000 Kips
Q ₃ atau Ry	-19.97977 Kips

4.3.2 Dengan menggunakan program SAP90

Masukan data struktur SAP90

Validasi

C This is file VALIDATION written by SAPIN on Wed Jan

C 26 09:50:14 2000

C Units are KIP FEET

SYSTEM

R=0 L=1 T=0.0001

JOINTS

1	X=7.5	Y=7.5
2	X=3.75	Y=3.75
3	X=7.5	Y=0
4	X=0	Y=0

FRAME

NM=4				:Luas profil batang
1	A=0.96	E=29000		:2L2X2X1/8
2	A=1.62	E=29000		:2L2X2.5X3/16
3	A=1.8	E=29000		:2L2X3X3/16
4	A=1.43	E=29000		:2L2X2X3/16
1	1	2	M=4,4,1	LP=0,0
2	1	3	M=3,3,1	LP=0,0
3	2	3	M=4,4,1	LP=0,0
4	2	4	M=2,2,1	LP=0,0
5	3	4	M=1,1,1	LP=0,0

RESTRAINTS

4	4	1	R=1,1,1,1,1,0
3	3	1	R=0,1,1,1,1,0

LOADS

1	1	1	L=1 F=15,-5.03597,0,0,0,0
2	2	1	L=1 F=15,-5.04046,0,0,0,0

Hasil keluran dari SAP90

File: Validasi.F3F

FRAME ELEMENT FORCES

ELI LOAD ID COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ

1							
1	21.21						
		.0	.00	.00			
		5.3	.00	.00			

2							
1	-20.04						
		.0	.00	.00			
		7.5	.00	.00			

3							
1	-14.17						
		.0	.00	.00			
		5.3	.00	.00			

4							
1	28.26						
		.0	.00	.00			
		5.3	.00	.00			

5							
1	10.02						
		.0	.00	.00			
		7.5	.00	.00			

File: Validasi.SOL

JOINT DISPLACEMENTS

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

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
1	.011226	-.002879	.000000	.000000	.000000	-.001162
2	.004887	-.000376	.000000	.000000	.000000	-.000665
3	.002699	.000000	.000000	.000000	.000000	-.000395
4	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	-.4110E-03

REACTIONS AND APPLIED FORCES

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

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	15.0000	-5.0360	.0000
2	15.0000	-5.0405	.0000
3	.0000	30.0562	.0000
4	-30.0000	-19.9798	.0000
TOTAL	.0000E+00	.3553E-14	-.3292E-25

4.3.3 Dengan menggunakan program aplikasi

Masukan data struktur program aplikasi

TRIDIM2D

Validasi Panjang =7.5 Tinggi =7.5 Chember =0 segment =1

PROPERTIES

4 5 5 2 2 36 0.5

JOINTS

1 7.5 7.5
2 3.75 3.75
3 7.5 0.0
4 0.0 0.0

MATERIAL DATA

1 29000

Elemen

1 1 2 1
2 1 3 2
3 2 3 3
4 2 4 4
5 3 4 5

RESTRAINT

4 1 1
3 0 1

JOINT LOAD

1 15 -5
2 15 -5

Hasil keluaran program aplikasi

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	1.12E-02	-2.88E-03
2	4.89E-03	-3.76E-04
3	2.70E-03	0.00E+00
4	0.00E+00	0.00E+00

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1 1	21.2132	5.30	103.1436
2 2	-20.03596	7.50	93.1677
3 3	-14.17075	5.30	103.1436
4 4	28.25566	5.30	80.25172
5 5	10.02023	7.50	143.77

REACTIONS

JOINT	RX	RY
3	0.0000	30.1045
4	-30.0000	-19.9528

Number Material :1 2L 2x2x3/16
 Number Material :2 2L 2x3x3/16
 Number Material :3 2L 2x2x3/16
 Number Material :4 2L 2x2.5x3/16
 Number Material :5 2L 2x2x1/8

Total weight compression : 71.93011 lb
 Total weight Tension : 79.79826 lb
 Total weight for all : 151.7284 lb

Tabel 4.4 Validasi Hitungan Program Aplikasi Komputer

Parameter	Manual	SAP90	Program Aplikasi	Selisih %		
				Manual	SAP90	
Defleksi pada tiap buhul (feet)	D1 =	0.01121	.011226	0.0112	1.00E-3	0.0126
	D2 =	-0.0028	-.002879	-0.00288	8.00E-3	1.00E-4
	D3 =	0.00488	.004887	0.00489	1.00E-3	3.00E-4
	D4 =	-0.0004	-.000376	-0.00038	1.20E-3	4.00E-4
	D5 =	0.00269	.002699	0.0027	1.00E-3	3.30E-3
	D6 =	0	0	0	0	0
	D7 =	0	0	0	0	0
	D8 =	0	0	0	0	0
Gaya-gaya batang (Kip)	1 =	21.2000	21.21	21.2132	1.32	0.32
	2 =	-20.0359	-20.04	-20.0359	0	0.41
	3 =	-14.1619	-14.17	-14.1708	0.89	0.08
	4 =	28.2381	28.26	28.2557	0.0176	0.43
	5 =	10.02023	10.02	10.02023	0	0.023
Reaksi pada tumpuan (Kip)	Rx1 =	0	0	0	0	0
	Ry1 =	30.05620	30.0562	30.1045	2.85	4.93
	Rx2 =	-30.0000	-30.0000	-30.0000	0	0
	Ry2 =	-19.9797	-19.9798	-19.9520	4.59	4.59

4.4 Kontrol profil baja

4.4.1 Hitungan batang desak

Elemen 2

Dipakai 2L 2 x 3 x 3/16

$$A_{br} = 1,8 \text{ in}^2$$

$$F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$E = 29000 \text{ Ksi}$$

$$r = 0.966 \text{ in}$$

$$P_{min} = -20,0359 \text{ Kips}$$

$$L = 7,5 \text{ Feet}$$

Kontrol angka kelangsingan batang

$$\frac{KL}{r} = \frac{7,5 \times 12}{0,966} = 93,1677 \leq 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 29000}{36}} = 126$$

kondisi tekuk yang terjadi adalah kondisi tekuk elastis dimana $C_c > KL/r$. Maka tegangan ijin yang terjadi pada luas bruto yang terjadi adalah

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \times \frac{93,1677}{126} - \frac{1}{8} \times \frac{(93,1677)^3}{126^3} = 1,8933$$

$$F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \times C_c^2} \right] = \frac{36}{1,8933} \left[1 - \frac{(93,1677)^2}{2 \times 126^2} \right] = 13,829 \text{ Ksi}$$

$$F_a \times A = 13,829 \times 1,8 = 24,892 \text{ Kips} > 20,0359 \text{ Kips} \dots \dots \text{OK!}$$

Elemen 3

Dipakai 2L 2 x 2 x 3/16

$$A_{br} = 1,43 \text{ in}^2$$

$$F_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$E = 29000 \text{ Ksi}$$

$$r = 0,617 \text{ in}$$

$$P_{\min} = -14,1707 \text{ Kips}$$

$$L = 5,3 \text{ Feet}$$

Kontrol angka kelangsingan batang

$$\frac{KL}{r} = \frac{5,3 \times 12}{0,617} = 103,0794 \leq 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 29000}{36}} = 126$$

kondisi tekuk yang terjadi adalah kondisi tekuk elastis dimana $C_c > KL/r$. Maka tegangan ijin pada luas bruto yang adalah

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \times \frac{103,3794}{126} - \frac{1}{8} \times \frac{(103,3794)^3}{126^3} = 1,905$$

$$F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2 \times C_c^2} \right] = \frac{36}{1,905} \left[1 - \frac{(103,3794)^2}{2 \times 126^2} \right] = 12,5896 \text{ Ksi}$$

$$F_a \times A = 12,5896 \times 1,43 = 18,003 \text{ Kips} > 14,1707 \text{ Kips} \dots \dots \text{OK!}$$

4.4.2 Hitungan Batang Tarik

Elemen 1

Dipakai 2L 2 x 2 x 3/16

$$Abr = 1,43 \text{ in}^2 \quad P \text{ maks} = 21,2132 \text{ Kips}$$

$$L = 5,3 \text{ Feet}$$

Kontrol angka kelangsingan batang

$$\frac{KL}{r} = \frac{5,3 \times 12}{0,617} = 103,3794 \leq 300$$

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

$$An = Abr - Alub = 1,43 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) \times \frac{3}{16} \times 2 = 1,1956 \text{ in}^2$$

$$F_1 = 0,6 \times F_y \times Ag$$

$$F_1 = 0,6 \times 36 \times 1,43 = 30,8879 \text{ Kips}$$

$$F_2 = 0,5 \times F_u \times An \times 0,85$$

$$F_2 = 0,5 \times 50 \times 1,19563 \times 0,85 = 25,407 \text{ Kips}$$

$$\text{diambil } F_t = 25,407 \text{ Kips} > P \text{ maks} = 21,2132 \text{ Kips} \dots \dots \text{OK!!}$$

Elemen 4

Dipakai 2L 2 x 2.5 x 3/16

$$\begin{aligned} A_{br} &= 1,62 \text{ in}^2 & P \text{ maks} &= 28,256 \text{ Kips} \\ L & & &= 5,3 \text{ Feet} \end{aligned}$$

Kontrol angka kelangsingan batang

$$\frac{KL}{r} = \frac{5,3 \times 12}{0,793} = 80,20177 \leq 300$$

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

$$A_n = A_{br} - A_{lub} = 1,62 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) \times \frac{3}{16} \times 2 = 1,3856 \text{ in}^2$$

$$F_t 1 = 0,6 \times F_y \times A_g$$

$$F_t 1 = 0,6 \times 36 \times 1,62 = 34,992 \text{ Kips}$$

$$F_t 2 = 0,5 \times F_u \times A_n \times 0,85$$

$$F_t 2 = 0,5 \times 50 \times 1,3856 \times 0,85 = 29,445 \text{ Kips}$$

diambil $F_t = 29,445 \text{ Kips} > P \text{ maks} = 28,2556 \text{ Kips} \dots \text{OK!!}$

Elemen 5

Dipakai 2L 2 x 2 x 1/8

$$\begin{aligned} A_{br} &= 0,96 \text{ in}^2 & P \text{ maks} &= 10,0202 \text{ Kips} \\ L & & &= 7,5 \text{ Feet} \end{aligned}$$

Kontrol angka kelangsingan batang

$$\frac{KL}{r} = \frac{7,5 \times 12}{0,626} = 141,5094 \leq 300$$

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

$$A_n = A_{br} - A_{lub} = 0,96 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) \times \frac{1}{8} \times 2 = 0,8038 \text{ in}^2$$

$$F_t1 = 0,6 \times F_y \times A_g$$

$$F_t1 = 0,6 \times 36 \times 0,96 = 20,736 \text{ Kips}$$

$$F_t2 = 0,5 \times F_u \times A_n \times 0,85$$

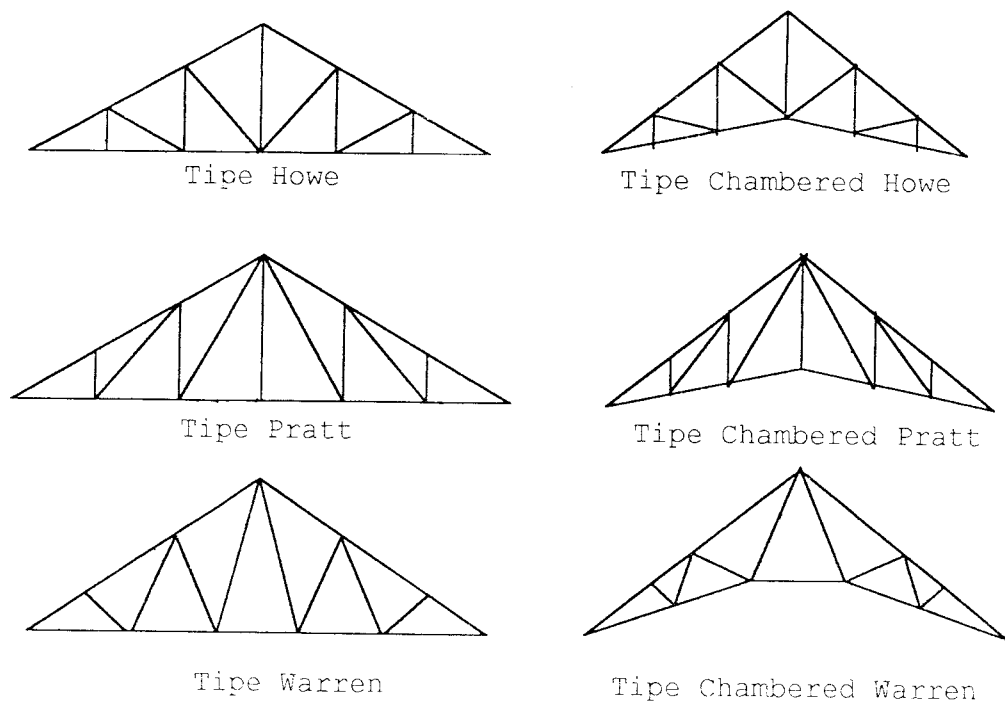
$$F_t2 = 0,5 \times 50 \times 0,8038 \times 0,85 = 17,0797 \text{ Kips}$$

diambil $F_t = 17,0797 \text{ Kips} > P_{maks} = 10,0202 \text{ Kips} \dots OK!!$

BAB V
ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Model Struktur Rangka batang Atap yang akan Digunakan

Pada Gambar 5.1 terlihat mode-model struktur rangka batang atap baja yang akan dicari profil-profilnya, kemudian dioptimasi model yang paling ringan pada panjang bentang yang sama.



Gambar 5.1 Model-model struktur rangka batang atap baja yang akan dioptimasi

5.2 Data-Data Struktur

1. Digunakan dua jenis atap yang berbeda dengan sudut kemiringan untuk Atap I = 15° , sedangkan untuk Atap II = 25° .
2. Sudut kemiringan dalam (chambered) = 5° .
3. Panjang bentang bervariasi dari 45 ft, 60 ft, 75 ft, 90 ft, 105 ft, 120 ft, 150 ft, dan 180 ft.
4. Jarak antar kuda-kuda = 4 meter = 13,32 feet.
5. Jarak antar gording dan panjang segmen untuk semua model struktur dijelaskan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jarak antar gording dan panjang segmen

Model Struktur	Atap I (15°)		Atap II (25°)	
	Panjang Segmen	Jarak antar Gording	Panjang Segmen	Jarak antar Gording
Howe, C. Howe Pratt dan C. Pratt	2,25 m = 7,50 ft	2,35 m = 7,76 ft	2,25 m = 7,50 ft	2,48 m = 8,27 ft
Warren dan C. Warren	2 m = 6,67ft	L1 = 1,04 m = 3,45 ft L2 = 2,07 m = 6,9 ft	2 m = 6,67ft	L1 = 1,1 m = 3,68 ft L2 = 2,2 m = 7,36 ft

6. Asumsi beban yang bekerja pada atap (sesuai PPPRG 1987) terdiri dari:
 - a. Untuk Atap I digunakan atap asbes = 11 kg/m^2 ,
dan untuk Atap II digunakan genteng = 50 kg/m^2
 - b. Digunakan gording profil C18, dengan beban tiap gording = 22 kg/m ,
 - c. Diasumsikan beban pekerja = 100 kg ,

- d. Beban air hujan pada masing-masing jenis atap :
- pada Atap I = $40 - 0,8 \cdot 15^\circ = 28 \text{ kg/m}^2$, dan
- pada Atap II = $40 - 0,8 \cdot 25^\circ = 20 \text{ kg/m}^2$.
- e. Beban plafond dan penggantung = $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$,
- f. Khusus untuk Atap II, dimana beban angin hanya terjadi bila sudut kemiringan atap lebih besar dari 20° , kemudian diasumsikan beban angin bekerja pada daerah bertekanan angin = 40 kg/m^2 , maka :
- angin datang $P_a = (0,02 \cdot \alpha - 0,4) \cdot 40 \cdot \text{jarak gording}$,
- angin meninggalkan $P_a = -0,4 \cdot 40 \cdot \text{jarak gording}$.
- Kemudian dari tiap arah angin diurai menjadi :
- $P_{\text{vertikal}} = P_a \cdot \sin \alpha \cdot \text{jarak kuda-kuda}$ dan
- $P_{\text{horisontal}} = P_a \cdot \cos \alpha \cdot \text{jarak kuda-kuda}$.
- Untuk lebih jelasnya asumsi beban angin dimasukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Beban angin

Model Struktur Atap II (25°)	Jarak antar Gording	Angin datang (kip)		Angin meninggalkan (kip)	
		Vertikal (V1)	Horisontal (H1)	Vertikal (V2)	Horisontal (H2)
Howe, Pratt, C. Howe, dan C. Pratt	2,48 m = 8,27 ft	0,04	0,08	- 0,147	- 0,316
Warren dan C. Warren	L1 = 1,1m = 3,68ft L2 = 2,2m = 7,36ft	0,016 0,033	0,035 0,07	- 0,065 - 0,131	- 0,14 - 0,28

g. Beban mati dan beban hidup yang bekerja pada tiap model struktur rangka batang atap baja adalah sebagai berikut :

1. Atap I (Howe, C.Howe, Pratt, dan C. Pratt).

a) Beban asbes = $11 \cdot 2,35 \cdot 4 = 103,4 \text{ kg} = 0,23 \text{ kip}$

b) Beban gording = $22 \cdot 4 = 88 \text{ kg} = \underline{0,19 \text{ kip}}$

Beban akibat asbes dan gording = $0,42 \text{ kip}$

c) Beban air hujan = $28 \cdot 2,35 \cdot 4 = 263,2 \text{ kg} = 0,58 \text{ kip}$

d) Beban pekerja = $100 \text{ kg} = \underline{0,22 \text{ kip}}$

Beban hidup = $0,80 \text{ kip}$

e) Beban plafond = $18 \cdot 2,25 \cdot 4 = 162 \text{ kg} = 0,36 \text{ kip}$

2. Atap I (Warren & Chambered Warren)

a) Beban asbes = $11 \cdot 2,07 \cdot 4 = 91,08 \text{ kg} = 0,20 \text{ kip}$

b) Beban gording = $22 \cdot 4 = 88 \text{ kg} = \underline{0,19 \text{ kip}}$

Beban akibat genteng dan gording = $0,39 \text{ kip}$

c) Beban air hujan = $28 \cdot 2,07 \cdot 4 = 231,84 \text{ kg} = 0,51 \text{ kip}$

d) Beban pekerja = $100 \text{ kg} = \underline{0,22 \text{ kip}}$

Beban hidup = $0,73 \text{ kip}$

e) Beban plafond = $18 \cdot 2 \cdot 4 = 144 \text{ kg} = 0,32 \text{ kip}$

3. Atap II (Howe, C. Howe, Pratt, dan C. Pratt)

a) Beban genteng = $50 \cdot 2,48 \cdot 4 = 496 \text{ kg} = 1,09 \text{ kip}$

b) Beban gording = $22 \cdot 4 = 88 \text{ kg} = \underline{0,19 \text{ kip}}$

Beban akibat genteng dan gording = $1,28 \text{ kip}$

c) Beban air hujan = $20 \cdot 2,48 \cdot 4 = 198,4 \text{ kg} = 0,44 \text{ kip}$

d) Beban pekerja = $100 \text{ kg} = \underline{0,22 \text{ kip}}$

Beban Hidup = $0,66 \text{ kip}$

e) Beban plafond = $18 \cdot 2,25 \cdot 4 = 162 \text{ kg} = 0,36 \text{ kip}$

4. Atap II (Warren & Chambered Warren)

a) Beban genteng = $50 \cdot 2,2 \cdot 4 = 440 \text{ kg} = 0,97 \text{ kip}$

b) Beban gording = $22 \cdot 4 = 88 \text{ kg} = \underline{0,19 \text{ kip}}$

Beban akibat genteng dan gording = $1,16 \text{ kip}$

c) Beban air hujan = $20 \cdot 2,2 \cdot 4 = 176 \text{ kg} = 0,37 \text{ kip}$

d) Beban pekerja = $100 \text{ kg} = \underline{0,22 \text{ kip}}$

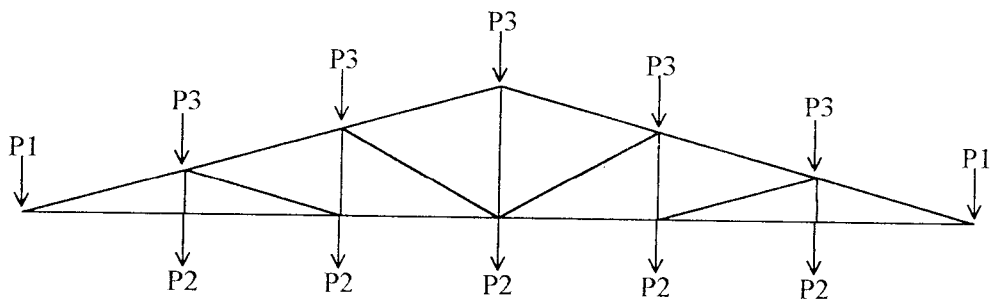
Beban hidup = $0,59 \text{ kip}$

e) Beban plafond = $18 \cdot 2 \cdot 4 = 144 \text{ kg} = 0,32 \text{ kip}$

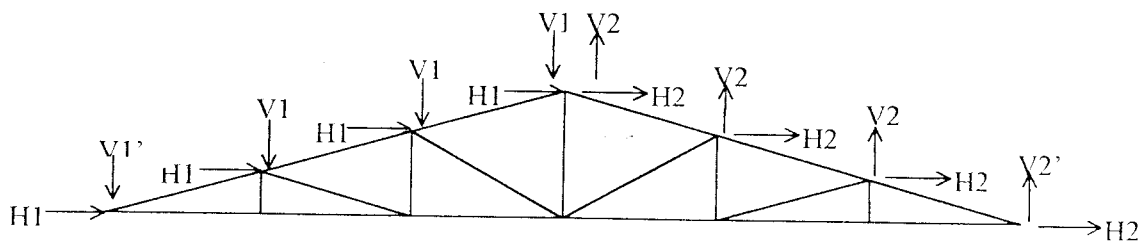
Pada Tabel 5.3 menjelaskan beban total yang bekerja pada tiap titik buhul, dimana beban-beban tersebut merupakan penjumlahan dari beban mati dan beban hidup.

Tabel 5.3 Beban total pada tiap titik buhul

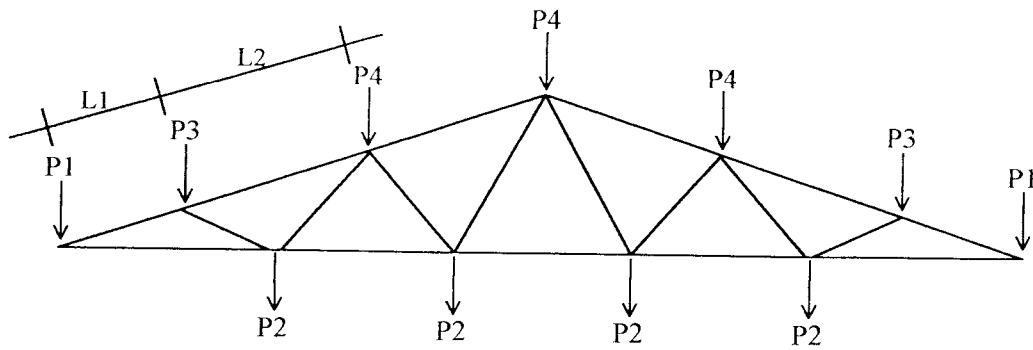
Model Struktur Atap I (15°)	indeks	Beban Mati (Kips)	Beban Hidup (Kips)	Total Beban (Kips)
- Howe	P1	0,39	0,40	0,79
- C. Howe	P2	0,36	-	0,36
- Pratt	P3	0,42	0,80	1,22
- C. Pratt				
- Warren	P1	0,40	0,37	0,77
- C. Warren	P2	0,32	-	0,32
	P3	0,34	0,73	1,07
	P4	0,39	0,73	1,12
Model Struktur Atap II (25 °)	indeks	Beban Mati (Kips)	Beban Hidup (Kips)	Total Beban (Kips)
- Howe	P1	0,82	0,33	1,15
- C. Howe	P2	0,36	-	0,36
- Pratt	P3	1,28	0,66	1,94
- C. Pratt				
- Warren	P1	0,59	0,30	0,89
- C. Warren	P2	0,32	-	0,32
	P3	0,92	0,59	1,51
	P4	1,16	0,59	1,75



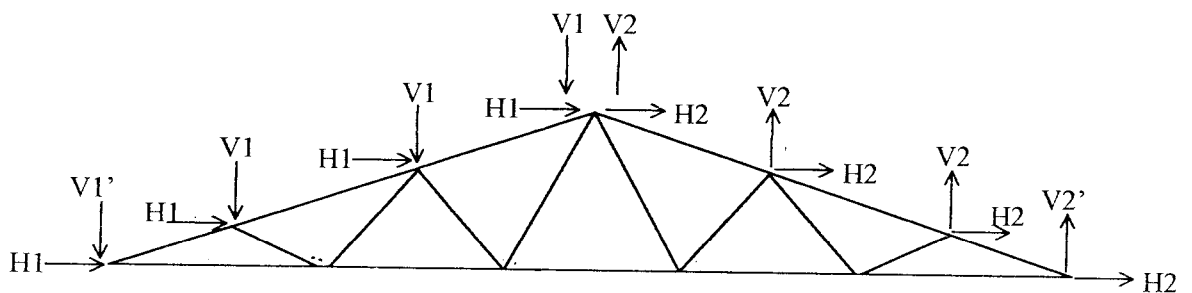
Gambar 5.2 Pembebanan pada beban tetap (mati + hidup) untuk model Howe, Chambered Howe, Pratt, dan Chambered Pratt



Gambar 5.3 Pembebanan pada beban angin untuk model Howe, Chambered Howe, Pratt, dan Chambered Pratt



Gambar 5.4 Pembebanan pada beban tetap (mati + hidup)
untuk model Warren & Chambered Warren



Gambar 5.5 Pembebanan pada beban angin untuk model
Warren dan Chambered Warren

5.3 Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program Aplikasi

5.3.1 Atap I (15°)

Tabel 5.4, hasil perhitungan pada Atap I

Model 15°	L (ft)	H (ft)	h (ft)	S	Wtotal (lb)	Defleksi (ft)
1	2	3	4	5	6	7
Howe I	45	8.04	0	8	571.8098	-6.99E-02
Howe II	60	12.06	0	12	951.2525	-9.70E-02
Howe III	75	16.08	0	16	1489.968	-1.27E-01
Howe IV	90	20.1	0	20	2304.972	-1.59E-01
Howe V	105	24.12	0	24	3141.299	-1.94E-01
Howe VI	120	28.14	0	28	4629.733	-2.26E-01
Howe VII	150	32.15	0	32	8473.145	-2.81E-01
Howe VII mod	150	32.15	0	32	7281.004	-2.95E-01
Howe VIII	180	36.17	0	36	12649.63	-3.55E-01
Howe VIII mod	180	36.17	0	36	10539.57	-3.73E-01

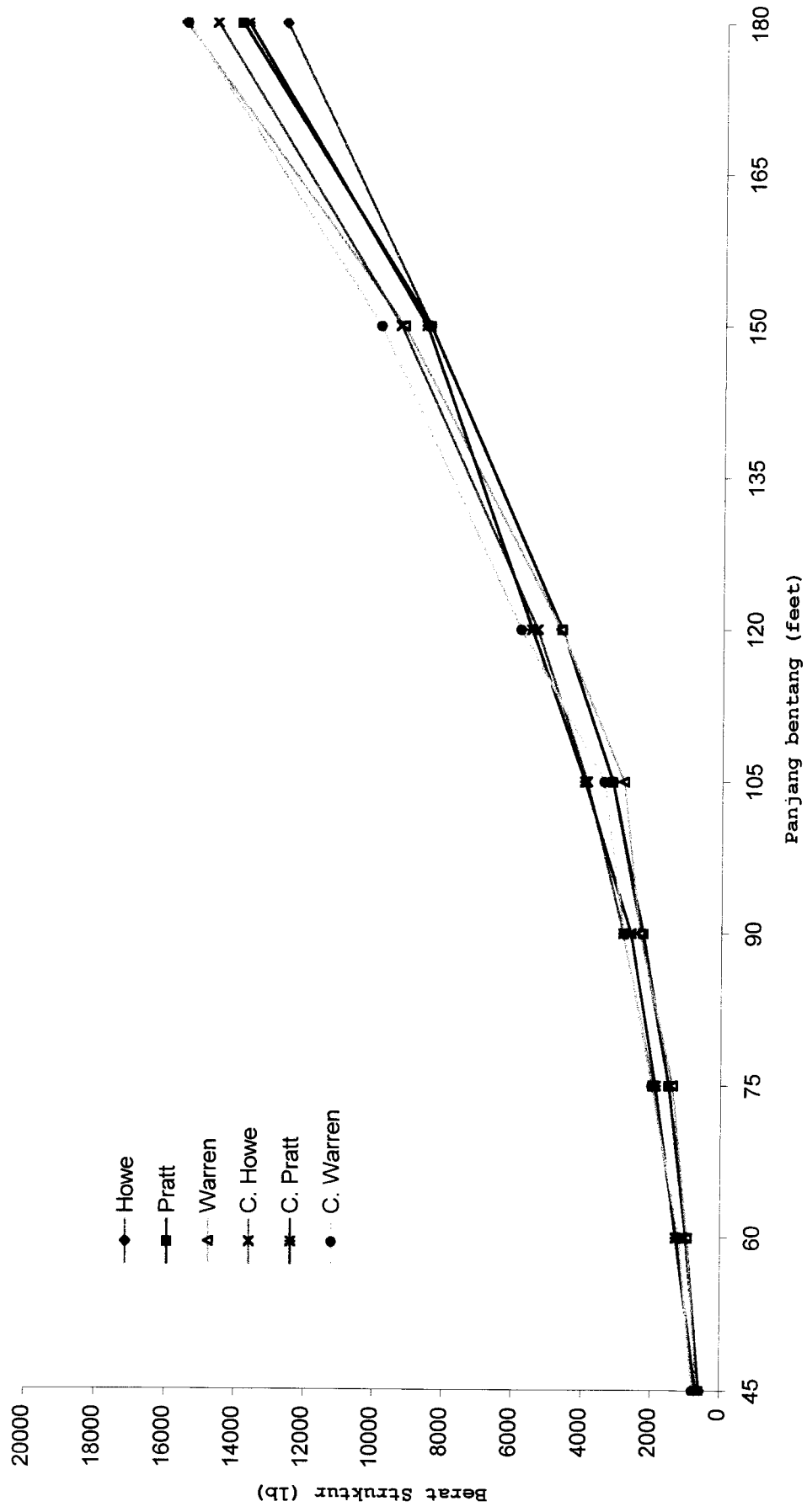
1	2	3	4	5	6	7
Pratt I	45	8.04	0	8	584.0712	-6.72E-02
Pratt II	60	12.06	0	12	972.5731	-9.58E-02
Pratt III	75	16.08	0	16	1489.968	-1.54E-01
Pratt IV	90	20.1	0	20	2244.283	-1.27E-01
Pratt V	105	24.12	0	24	3141.299	-1.94E-01
Pratt VI	120	28.14	0	28	4629.733	-2.26E-01
Pratt VII	150	32.15	0	32	8473.145	-2.81E-01
Pratt VIII	180	36.17	0	36	13936.01	-3.54E-01
Warren I	45	8.04	0	9	639.3724	-1.13E-01
Warren II	60	12.06	0	15	938.2317	-1.49E-01
Warren III	75	16.08	0	19	1376.654	-1.98E-01
Warren IV	90	20.1	0	23	2343.244	-2.46E-01
Warren V	105	24.12	0	27	2818.397	-2.92E-01
Warren VI	120	28.14	0	33	4657.299	-3.30E-01
Warren VII	150	32.15	0	37	9225.769	-4.96E-01
Warren VIII	180	36.17	0	41	15556.12	-4.12E-01
CHowe I	45	8.04	2.62	8	677.0572	-1.11E-01
CHowe II	60	12.06	3.94	12	1243.456	-1.45E-01
CHowe III	75	16.08	5.25	16	1944.278	-1.95E-01
CHowe IV	90	20.1	6.6	20	2811.433	-2.46E-01
CHowe V	105	24.12	7.9	24	3884.136	-2.88E-01
CHowe VI	120	28.14	9.2	28	5337.843	-3.28E-01
CHowe VII	150	32.15	10.5	32	9325.365	-4.16E-01
CHowe VII mod	150	32.15	10.5	32	9337.363	-4.10E-01
CHowe VIII	180	36.17	11.81	36	14640.64	-4.97E-01
CHowe VIII mod	180	36.17	11.81	36	14605.57	-4.97E-01
CPratt I	45	8.04	2.62	8	688.7475	-6.47E-02
CPratt II	60	12.06	3.94	12	1264.482	-1.05E-01
CPratt III	75	16.08	5.25	16	1873.854	-1.38E-01
CPratt IV	90	20.1	6.6	20	2596.055	-1.70E-01
CPratt V	105	24.12	7.9	24	3945.306	-1.94E-01
CPratt VI	120	28.14	9.2	28	5492.373	-2.41E-01
CPratt VII	150	32.15	10.5	32	8579.51	-2.99E-01
CPratt VIII	180	36.17	11.81	36	13761.85	-3.72E-01
CWarren I	45	8.04	2.34	9	774.7122	-1.21E-01
CWarren II	60	12.06	3.7	15	1168.927	-1.63E-01
CWarren III	75	16.08	4.97	19	1980.422	-2.07E-01
CWarren IV	90	20.1	6.3	23	2807.632	-2.45E-01
CWarren V	105	24.12	7.61	27	3397.808	-2.89E-01
CWarren VI	120	28.14	8.92	33	5799.768	-3.31E-01
CWarren VII	150	32.15	10.22	37	9871.403	-4.16E-01
CWarren VIII	180	36.17	11.5	41	15509.51	-4.95E-01

5.3.2 Atap II (25°)

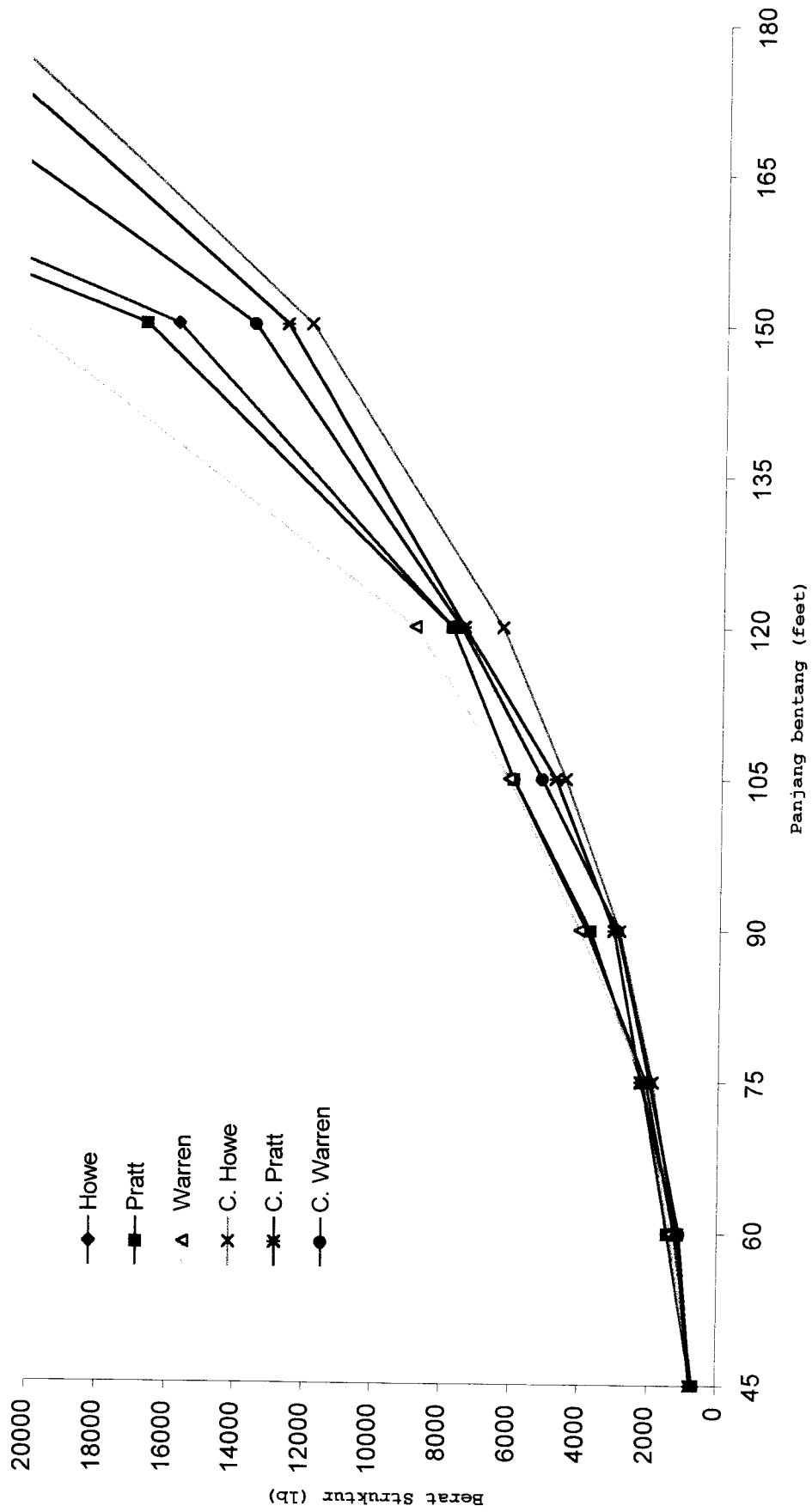
Tabel 5.5, hasil perhitungan pada Atap II

Model 25°	L (ft)	H (ft)	h (ft)	s	Wtotal (lb)	Defleksi (ft)
1	2	3	4	5	6	7
Howe I	45	10.49	0	6	647.7614	-3.78E-02
Howe II	60	13.99	0	8	1229.648	-5.44E-02
Howe III	75	17.49	0	10	2088.235	-7.44E-02
Howe IV	90	20.98	0	12	3837.643	-9.48E-02
Howe V	105	24.25	0	14	6015.16	-1.17E-01
Howe VI	120	27.98	0	16	7824.676	-1.37E-01
Howe VII	150	34.97	0	20	15876.33	-1.82E-01
Howe VII mod	150	34.97	0	20	13640.31	-1.95E-01
Howe VIII	180	41.97	0	24	36535.08	-2.26E-01
Howe VIII mod	180	41.97	0	24	26086.63	-2.29E-01
Pratt I	45	10.49	0	6	678.265	-3.72E-02
Pratt II	60	13.99	0	8	1436.326	-5.32E-02
Pratt III	75	17.49	0	10	2201.911	-7.34E-02
Pratt IV	90	20.98	0	12	3746.177	-9.13E-02
Pratt V	105	24.25	0	14	6015.16	-1.17E-01
Pratt VI	120	27.98	0	16	7824.676	-1.73E-01
Pratt VII	150	34.97	0	20	16789.02	-1.37E-01
Pratt VIII	180	41.97	0	24	38831.74	-2.23E-01
Warren I	45	10.49	0	7	667.2371	-4.47E-02
Warren II	60	13.99	0	9	1377.005	-7.85E-02
Warren III	75	17.49	0	19	2136.017	-1.00E-01
Warren IV	90	20.98	0	23	4051.938	-1.25E-01
Warren V	105	24.25	0	27	6144.93	-1.53E-01
Warren VI	120	27.98	0	31	8893.633	-1.74E-01
Warren VII	150	34.97	0	37	20496.8	-2.27E-01
Warren VIII	180	41.97	0	41	53571.07	-2.29E-01
CHowe I	45	10.49	1.968	6	720.8383	-4.46E-02
CHowe II	60	13.99	2.625	8	1196.914	-7.70E-02
CHowe III	75	17.49	3.281	10	1890.021	-9.20E-02
CHowe IV	90	20.98	3.937	12	2897.07	-1.21E-01
CHowe V	105	24.25	4.593	14	4492.288	-1.49E-01
CHowe VI	120	27.98	5.249	16	6367.702	-1.71E-01
CHowe VII	150	34.97	6.562	20	11986.84	-2.26E-01
CHowe VII mod	150	34.97	6.562	20	12374.63	-2.30E-01
CHowe VIII	180	41.97	7.874	24	21353.74	-2.32E-01
CHowe VIII mod	180	41.97	7.874	24	19413.37	-2.99E-01
CPratt I	45	10.49	1.968	6	752.7397	-4.11E-02
CPratt II	60	13.99	2.625	8	1128.668	-5.93E-02
CPratt III	75	17.49	3.281	10	2241.241	-8.24E-02
CPratt IV	90	20.98	3.937	12	3060.408	-1.05E-01
CPratt V	105	24.25	4.593	14	4778.188	-1.26E-01
CPratt VI	120	27.98	5.249	16	7473.581	-1.40E-01
CPratt VII	150	34.97	6.562	20	12702.99	-1.92E-01
CPratt VIII	180	41.97	7.874	24	22643.4	-2.28E-01

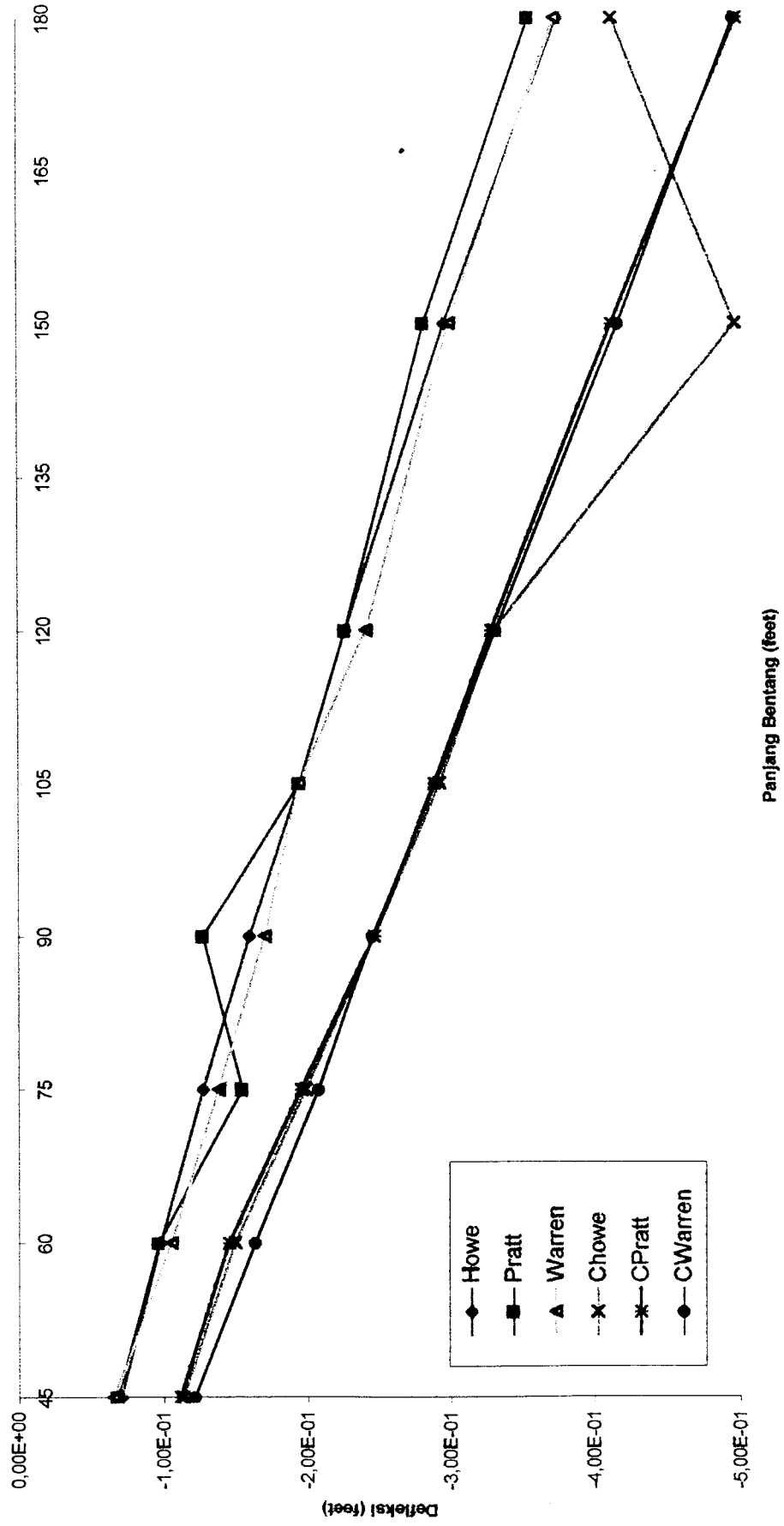
1	2	3	4	5	6	7
CWarren I	45	10.49	1.687	9	701.7566	-5.19E-02
CWarren II	60	13.99	2.333	13	1083.772	-7.99E-02
CWarren III	75	17.49	2.983	19	1978.563	-1.06E-01
CWarren IV	90	20.98	3.634	23	2947.982	-1.30E-01
CWarren V	105	24.25	4.287	27	5178.393	-1.53E-01
CWarren VI	120	27.98	4.94	31	7576.984	-1.74E-01
CWarren VII	150	34.97	6.277	37	13648.2	-2.40E-01
CWarren VIII	180	41.97	7.584	41	25968.21	-2.33E-01



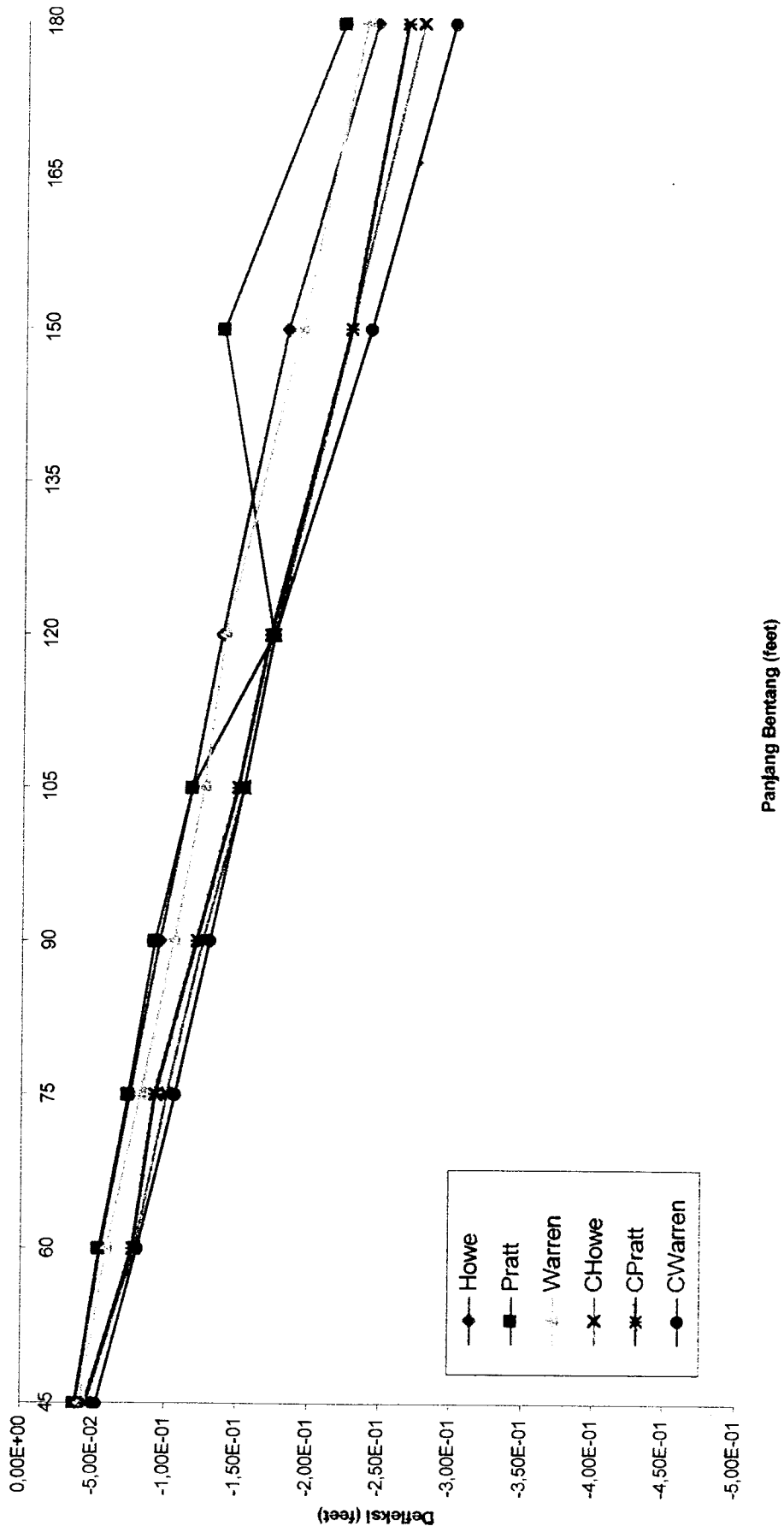
Gambar 5.6 Grafik Optimasi Model Struktur Atap I (15 °)



Gambar 5.7 Grafik Optimasi Model Struktur Atap II (25 °)



Gambar 5.8 Grafik Defleksi Model Struktur Atap I (15 °)



Gambar 5.9 Grafik Defleksi Model Struktur Atap II (25 °)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil komparasi beberapa model struktur rangka batang atap baja, dengan mengabaikan berat pelat buhul dan berat sambungan baut, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Atap I (15°), dengan memperhatikan Tabel 5.4, Gambar 5.6 dan Gambar 5.8 menunjukkan bahwa :
 - a. Struktur rangka batang atap baja non chambered (Howe, Pratt, dan Warren) cocok digunakan pada kondisi Atap I. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan dengan menggunakan program aplikasi komputer dimana model Howe, Pratt, dan Warren memiliki berat yang paling optimum.
 - b. Gaya-gaya batang yang terjadi pada struktur rangka batang atap baja non chambered relatif lebih kecil, sehingga profil-profil batang yang diperoleh lebih

kecil dari pada struktur chambered (chambered Howe, chambered Pratt, dan chambered Warren).

- c. Pada bentang di atas 120 feet (150 ft dan 180 ft) khususnya untuk model Howe dan model Chambered Howe, batang diagonal yang menerima gaya desak dipengaruhi kelangsingan sehingga penampang profil yang terpilih relatif besar. Maka model-model tersebut dimodifikasi menjadi model Howe VII mod dan model C.HoweVII mod (bentangan 150 ft) serta model Howe VIII mod dan model C.HoweVIII mod (bentangan 180 ft) seperti pada Tabel 5.4, agar berat model-model tersebut menjadi lebih ringan.
- d. Hasil komparasi selengkapnya diterangkan dibawah ini
- 1) Pada bentang 45 ft model yang paling optimum adalah model Howe.
 - 2) Pada bentang 60 ft dan 75 ft model yang paling optimum adalah model Warren.
 - 3) Pada bentang 90 ft model yang paling optimum adalah model Pratt.
 - 4) Pada bentang 105 ft model yang paling optimum adalah model Warren.

- 5) Pada bentang 120 ft model yang paling optimum adalah model Howe dan model Pratt.
 - 6) Pada bentang 150 ft model yang paling optimum adalah model Howe modifikasi.
 - 7) Pada bentang 180 ft model yang paling optimum adalah model Howe modifikasi.
2. Pada Atap II (25°), dengan memperhatikan Tabel 5.5, Gambar 5.7 dan Gambar 5.9 menunjukkan bahwa :
- a. Pada kondisi kondisi Atap II khususnya pada bentang 45 ft model Howe merupakan model yang paling ringan.
 - b. Pada bentang di atas 45 ft struktur rangka batang atap baja chambered (Chambered Howe, Chambered Pratt, dan Chambered Warren) cocok digunakan pada kondisi Atap II. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan dengan menggunakan program aplikasi komputer dimana model Chambered Howe, Chambered Pratt, dan Chambered Warren memiliki berat paling yang optimum.
 - c. Gaya-gaya batang yang terjadi pada struktur rangka batang atap baja chambered lebih besar, tetapi berat total strukturnya masih lebih ringan jika

dibandingkan dengan struktur rangka batang atap baja non chambered (Howe, Pratt, dan Warren).

- d. Pada bentang di atas 120 feet (150 ft dan 180 ft) khususnya untuk model Howe dan model Chambered Howe, batang diagonal yang menerima gaya desak dipengaruhi kelangsingan sehingga penampang profil yang terpilih relatif besar. Maka model-model tersebut dimodifikasi menjadi model Howe VII mod dan model C.HoweVII mod (bentangan 150 ft) serta model Howe VIII mod dan model C.HoweVIII mod (bentangan 180 ft) seperti pada Tabel 5.5, agar berat model-model tersebut menjadi lebih ringan.
- e. Hasil komparasi selengkapnya diterangkan dibawah ini
- 1) Pada bentang 45 ft model yang paling optimum adalah model Howe.
 - 2) Pada bentang 60 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Warren.
 - 3) Pada bentang 75 ft, 90 ft, 105 ft, 120 ft, dan 150 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Howe.
 - 4) Pada bentang 180 ft model yang paling optimum adalah model Chambered Howe modifikasi.

3. Jika dibandingkan kondisi Atap I dan Atap II diperoleh bahwa gaya-gaya batang yang terjadi pada Atap II relatif lebih kecil dibandingkan pada Atap I.
4. Jika memperhatikan Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 (defleksi struktur yang didapat pada Atap I dan Atap II) defleksi yang terjadi pada kondisi Atap I lebih besar dari pada pada kondisi Atap II.
5. Berdasarkan Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 (defleksi struktur yang didapat pada Atap I dan Atap II) defleksi yang terjadi untuk model struktur non chambered lebih kecil daripada model struktur chambered.

6.2 Saran

Dengan memperhatikan kesimpulan seperti diatas dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Dalam tugas akhir ini kemiringan struktur hanya ditinjau pada sudut 15° dan 25° , sehingga studi lebih lanjut dapat meninjau pada sudut kemiringan struktur yang lebih besar.

2. Model struktur rangka batang atap yang dikomparasi dalam tugas akhir ini hanya terbatas enam model, sehingga studi lebih lanjut dapat dikembangkan dengan menggunakan model struktur rangka batang atap yang lain.
3. Dalam tugas akhir ini beban gempa tidak diperhitungkan sebagai beban lateral, sehingga studi lebih lanjut beban gempa dapat menjadi masukan beban lateral.
4. Sambungan yang digunakan pada tiap titik buhul hanya menggunakan sambungan baut, perlu kiranya studi lebih lanjut dikembangkan dengan menggunakan sambungan las.

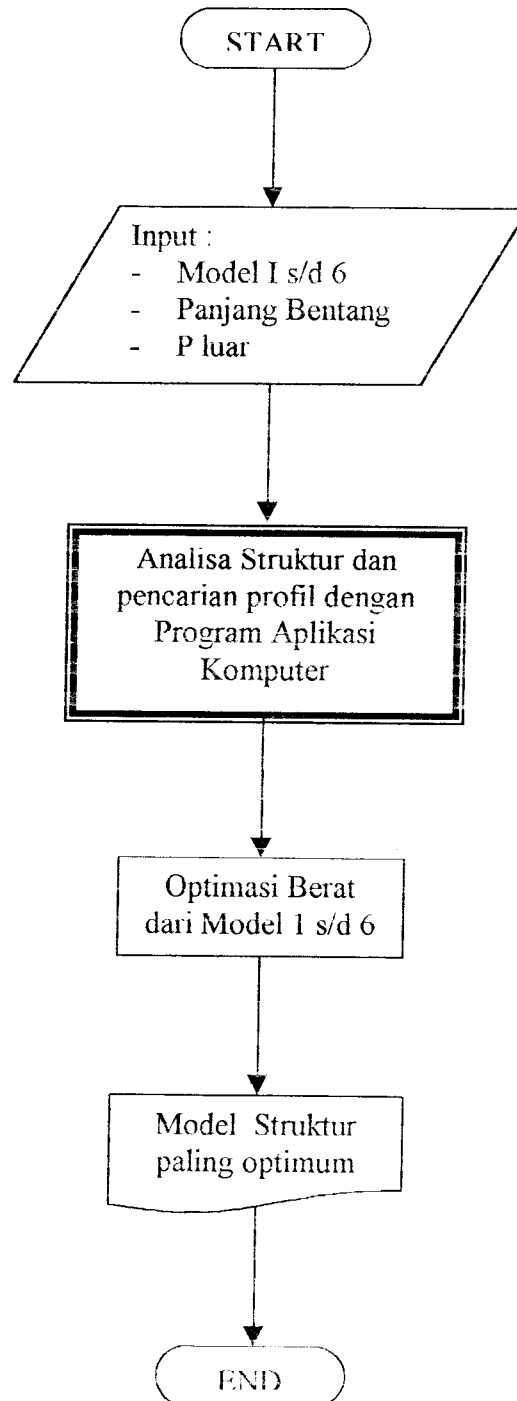
DAFTAR PUSTAKA

- Craig, Jhon Clark C., 1997, **MICROSOFT VISUAL BASIC 4.0 DEVELOPER'S WORKSHOP**, Dinastindo, Jakarta.
- Fleming, Jhon F. F., 1989, **COMPUTER ANALYSIS OF STRUCTURAL SYSTEM**, Mc Graw Hill, New York.
- Hibbeler, R.C., 1995, **STRUCTURAL ANALYSIS**, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Mc Cormac, J., 1981, **STRUCTURAL STEEL DESIGN**, Harper & Row Publisher, New York.
- Salmon, C.G dan Johnson, J.E., 1989, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU**, Jilid 1 dan 2, Erlangga, Jakarta.
- Supartono, F.X, 1984, **ANALISA STRUKTUR DENGAN METODE MATRIX**, UI Press, Jakarta.
- Susastrawan, Msc., 1991, **ANALISIS STRUKTUR DENGAN CARA MATRIK**, Andi Offset, Yogyakarta.
- Wahana Putra Semarang, 1999, **PEMROGRAMAN VISUAL BASIC 5.0 FOR WINDOWS 95**, Andi Offset, Yogyakarta.
- Weaver, W., Jr., dan Gere, James M., 1986, **ANALISA MATRIK UNTUK STRUKTUR RANGKA**, Erlangga, Jakarta.
- West, H. H., 1993, **FUNDAMENTAL OF STRUCTURAL ANALYSIS**, Jhon Willey and Sons, Inc., New York.
- Yuan, Yu Hsieh, 1985, **TEORI DASAR STRUKTUR**, Erlangga, Jakarta.

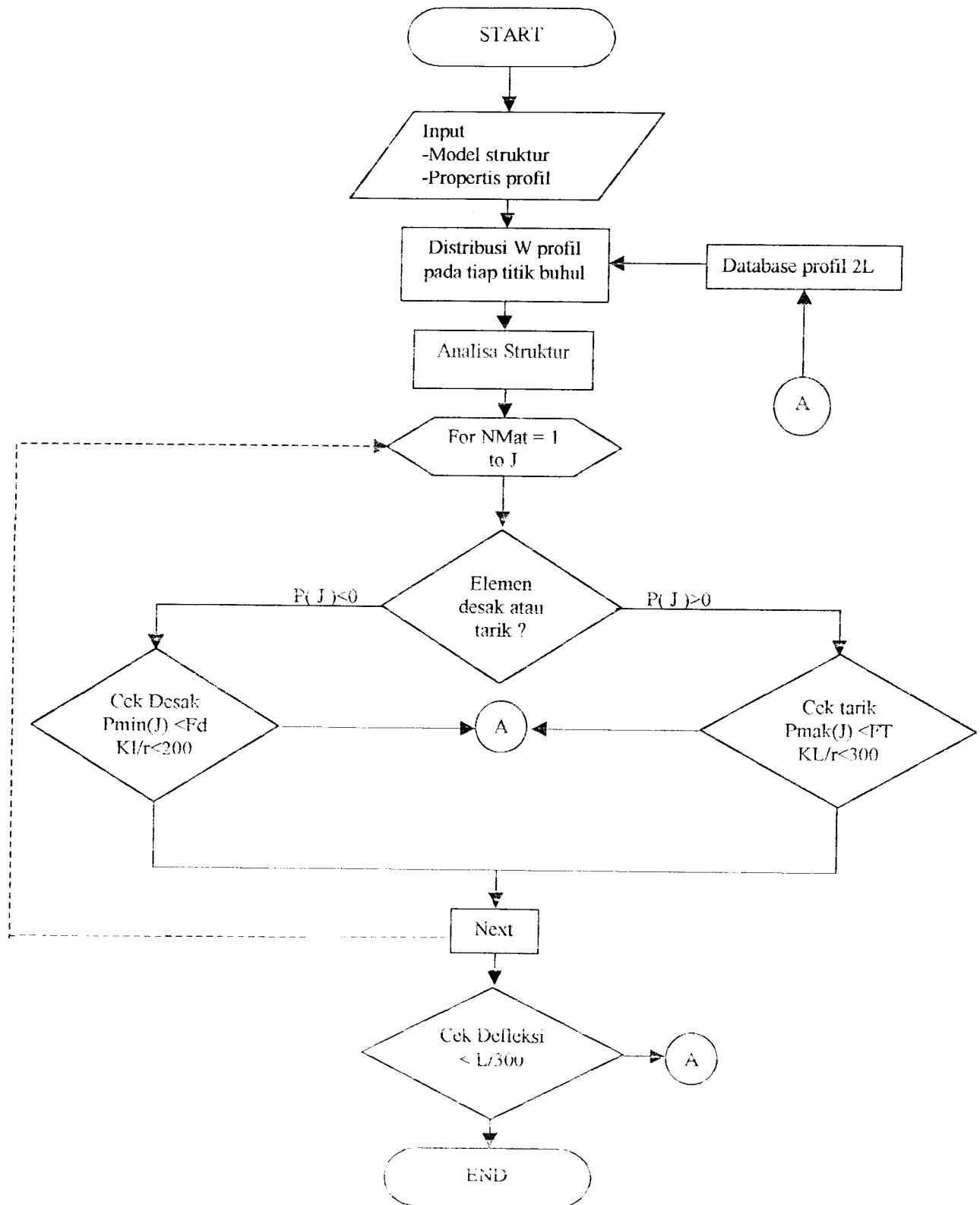
_____, 1989, **MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION - ALLOWABLE STRESS DESIGN**, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illionis.

_____, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBEANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG 1987**, Yayasan Badan Penerbit PU, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Lampiran flow chart optimasi model struktur rangka atap baja



Lampiran flow chart program aplikasi komputer



Lampiran input data Atap I berdasarkan berat optimum

TRIDIM2D Howe45-15 Panjang =45 Tinggi =6.028 Chember =0 segment =6	Howe60-15 Panjang =60 Tinggi =8.04 Chember =0 segment =8	5 0 -0.36 6 0 -0.36 7 0 -0.36 8 0 -0.36 9 0 -0.79 10 0 -1.22 11 0 -1.22 12 0 -1.22 13 0 -1.22 14 0 -1.22 15 0 -1.22 16 0 -1.22	19 19 20 2 20 20 21 2 21 21 22 2 22 22 23 2 23 23 12 2 24 13 2 3 25 14 3 3 26 15 4 3 27 16 5 3 28 17 6 3 29 18 7 3 30 19 8 3 31 20 9 3 32 21 10 3
PROPERTIES 12 21 4 2 12 36 0.5	PROPERTIES 16 29 4 2 16 36 0.5	11 0 -1.22 12 0 -1.22 13 0 -1.22 14 0 -1.22 15 0 -1.22 16 0 -1.22	33 22 11 3 34 2 14 4 35 3 15 4 36 4 16 4 37 5 17 4 38 6 18 4 39 7 19 4 40 8 20 4 41 9 21 4 42 10 22 4 43 11 23 4
JOINTS 1 0.0 0.0 2 7.5 0.0 3 15.0 0.0 4 22.5 0.0 5 30.0 0.0 6 37.5 0.0 7 45.0 0.0 8 7.5 2.009 9 15.0 4.019 10 22.5 6.028 11 30.0 4.019 12 37.5 2.009	JOINTS 1 0.0 0.0 2 7.5 0.0 3 15.0 0.0 4 22.5 0.0 5 30.0 0.0 6 37.5 0.0 7 45.0 0.0 8 52.5 0.0 9 60.0 0.0 10 7.5 2.01 11 15.0 4.02 12 22.5 6.03 13 30.0 8.04 14 37.5 6.03 15 45.0 4.02 16 52.5 2.01	TRIDIM2D Warren75-15 Panjang =75 Tinggi =10.048 Chember =0 segment =11	RESTRAINT 1 1 1 12 0 1
MATERIAL DATA 1 29000	MATERIAL DATA 1 29000	PROPERTIES 23 43 4 2 23 36 0.5	JOINT LOAD 1 0 -0.77 2 0 -0.32 3 0 -0.32 4 0 -0.32 5 0 -0.32 6 0 -0.32 7 0 -0.32 8 0 -0.32 9 0 -0.32 10 0 -0.32 11 0 -0.32 12 0 -0.77 13 0 -1.07 14 0 -1.12 15 0 -1.12 16 0 -1.12 17 0 -1.12 18 0 -1.12 19 0 -1.12 20 0 -1.12 21 0 -1.12 22 0 -1.12 23 0 -1.07
Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1 7 1 8 2 8 8 9 2 9 9 10 2 10 10 11 2 11 11 12 2 12 12 7 2 13 2 8 3 14 3 9 3 15 4 10 3 16 5 11 3 17 6 12 3 18 3 8 4 19 4 9 4 20 4 11 4 21 5 12 4	Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1 7 7 8 1 8 8 9 1 9 1 10 2 10 10 11 2 11 11 12 2 12 12 13 2 13 13 14 2 14 14 15 2 15 15 16 2 16 16 9 2 17 2 10 3 18 3 11 3 19 4 12 3 20 5 13 3 21 6 14 3 22 7 15 3 23 8 16 3 24 3 10 4 25 4 11 4 26 5 12 4 27 5 14 4 28 6 15 4 29 7 16 4	17 0.455 0.0 18 27.273 0.0 19 34.091 0.0 20 40.909 0.0 21 47.727 0.0 22 54.545 0.0 23 61.364 0.0 24 68.182 0.0 25 75.0 0.0 26 3.409 0.913 27 10.227 2.74 28 17.045 4.567 29 23.864 6.394 30 30.682 8.221 31 37.5 10.048 32 44.318 8.221 33 51.136 6.394 34 57.955 4.567 35 64.773 2.74 36 71.591 0.913	TRIDIM2D Pratt90-15 Panjang =90 Tinggi =12.06 Chember =0 segment =12
RESTRAINT 1 1 1 7 0 1	RESTRAINT 1 1 1 9 0 1	MATERIAL DATA 1 29000	PROPERTIES 24 45 4 2 24 36 0.5
JOINT LOAD 1 0 -0.79 2 0 -0.36 3 0 -0.36 4 0 -0.36 5 0 -0.36 6 0 -0.36 7 0 -0.79 8 0 -1.22 9 0 -1.22 10 0 -1.22 11 0 -1.22 12 0 -1.22	JOINT LOAD 1 0 -0.79 2 0 -0.36 3 0 -0.36 4 0 -0.36	Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1 7 7 8 1 8 8 9 1 9 9 10 1 10 10 11 1 11 11 12 1 12 1 13 2 13 13 14 2 14 14 15 2 15 15 16 2 16 16 17 2 17 17 18 2 18 18 19 2	JOINTS 1 0.0 0.0 2 7.5 0.0 3 15.0 0.0 4 22.5 0.0
TRIDIM2D			

Lampiran input data Atap I berdasarkan berat optimum

5 30.0 0.0	44 11 22 4	27 100.962 1.082	6 0 -0.32
6 37.5 0.0	45 12 23 4		7 0 -0.32
7 45.0 0.0		MATERIAL DATA	8 0 -0.32
8 52.5 0.0	RESTRAINT	1 29000	9 0 -0.32
9 60.0 0.0	1 1 1		10 0 -0.32
10 67.5 0.0	13 0 1	Elemen	11 0 -0.32
11 75.0 0.0		1 1 2 1	12 0 -0.32
12 82.5 0.0	JOINT LOAD	2 2 3 1	13 0 -0.32
13 90.0 0.0	1 0 -0.79	3 3 4 1	14 0 -0.77
14 7.5 2.01	2 0 -0.36	4 4 5 1	15 0 -1.07
15 15.0 4.02	3 0 -0.36	5 5 6 1	16 0 -1.12
16 22.5 6.03	4 0 -0.36	6 6 7 1	17 0 -1.12
17 30.0 8.04	5 0 -0.36	7 7 8 1	18 0 -1.12
18 37.5 10.05	6 0 -0.36	8 8 9 1	19 0 -1.12
19 45.0 12.06	7 0 -0.36	9 9 10 1	20 0 -1.12
20 52.5 10.05	8 0 -0.36	10 10 11 1	21 0 -1.12
21 60.0 8.04	9 0 -0.36	11 11 12 1	22 0 -1.12
22 67.5 6.03	10 0 -0.36	12 12 13 1	23 0 -1.12
23 75.0 4.02	11 0 -0.36	13 13 14 1	24 0 -1.12
24 82.5 2.01	12 0 -0.36	14 1 15 2	25 0 -1.12
	13 0 -0.79	15 15 16 2	26 0 -1.12
MATERIAL DATA	14 0 -1.22	16 16 17 2	27 0 -1.07
1 29000	15 0 -1.22	17 17 18 2	
	16 0 -1.22	18 18 19 2	TRIDIM2D
Elemen	17 0 -1.22	19 19 20 2	Howe120-15 Panjang =120
1 1 2 1	18 0 -1.22	20 20 21 2	Tinggi =16.08 Chember =0
2 2 3 1	19 0 -1.22	21 21 22 2	segment =16
3 3 4 1	20 0 -1.22	22 22 23 2	
4 4 5 1	21 0 -1.22	23 23 24 2	PROPERTIES
5 5 6 1	22 0 -1.22	24 24 25 2	32 61 4 2 32 36 0.5
6 6 7 1	23 0 -1.22	25 25 26 2	
7 7 8 1	24 0 -1.22	26 26 27 2	JOINTS
8 8 9 1		27 27 14 2	1 0.0 0.0
9 9 10 1	TRIDIM2D	28 15 2 3	2 7.5 0.0
10 10 11 1	Warren105-15 Panjang =105	29 16 3 3	3 15.0 0.0
11 11 12 1	Tinggi =14.067	30 17 4 3	4 22.5 0.0
12 12 13 1	Chember =0 segment =13	31 18 5 3	5 30.0 0.0
13 1 14 2		32 19 6 3	6 37.5 0.0
14 14 15 2	PROPERTIES	33 20 7 3	7 45.0 0.0
15 15 16 2	27 51 4 2 27 36 0.5	34 21 8 3	8 52.5 0.0
16 16 17 2		35 22 9 3	9 60.0 0.0
17 17 18 2	JOINTS	36 23 10 3	10 67.5 0.0
18 18 19 2	1 0.0 0.0	37 24 11 3	11 75.0 0.0
19 19 20 2	2 8.077 0.0	38 25 12 3	12 82.5 0.0
20 20 21 2	3 16.154 0.0	39 26 13 3	13 90.0 0.0
21 21 22 2	4 24.231 0.0	40 2 16 4	14 97.5 0.0
22 22 23 2	5 32.308 0.0	41 3 17 4	15 105.0 0.0
23 23 24 2	6 40.385 0.0	42 4 18 4	16 112.5 0.0
24 24 13 2	7 48.462 0.0	43 5 19 4	17 120.0 0.0
25 2 14 3	8 56.538 0.0	44 6 20 4	18 7.5 2.01
26 3 15 3	9 64.615 0.0	45 7 21 4	19 15.0 4.02
27 4 16 3	10 72.692 0.0	46 8 22 4	20 22.5 6.03
28 5 17 3	11 80.769 0.0	47 9 23 4	21 30.0 8.04
29 6 18 3	12 88.846 0.0	48 10 24 4	22 37.5 10.05
30 7 19 3	13 96.923 0.0	49 11 25 4	23 45.0 12.06
31 8 20 3	14 105.0 0.0	50 12 26 4	24 52.5 14.07
32 9 21 3	15 4.038 1.082	51 13 27 4	25 60.0 16.08
33 10 22 3	16 12.115 3.246		26 67.5 14.07
34 11 23 3	17 20.192 5.41	RESTRAINT	27 75.0 12.06
35 12 24 3	18 28.269 7.575	1 1 1	28 82.5 10.05
36 2 15 4	19 36.346 9.739	14 0 1	29 90.0 8.04
37 3 16 4	20 44.423 11.903		30 97.5 6.03
38 4 17 4	21 52.5 14.067	JOINT LOAD	31 105.0 4.02
39 5 18 4	22 60.577 11.903	1 0 -0.77	32 112.5 2.01
40 6 19 4	23 68.654 9.739	2 0 -0.32	
41 8 19 4	24 76.731 7.575	3 0 -0.32	MATERIAL DATA
42 9 20 4	25 84.808 5.41	4 0 -0.32	1 29000
43 10 21 4	26 92.885 3.246	5 0 -0.32	

Lampiran input data Atap I berdasarkan berat optimum

```

Elemen
1 1 2 1
2 2 3 1
3 3 4 1
4 4 5 1
5 5 6 1
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 1
10 10 11 1
11 11 12 1
12 12 13 1
13 13 14 1
14 14 15 1
15 15 16 1
16 16 17 1
17 1 18 2
18 18 19 2
19 19 20 2
20 20 21 2
21 21 22 2
22 22 23 2
23 23 24 2
24 24 25 2
25 25 26 2
26 26 27 2
27 27 28 2
28 28 29 2
29 29 30 2
30 30 31 2
31 31 32 2
32 32 17 2
33 2 18 3
34 3 19 3
35 4 20 3
36 5 21 3
37 6 22 3
38 7 23 3
39 8 24 3
40 9 25 3
41 10 26 3
42 11 27 3
43 12 28 3
44 13 29 3
45 14 30 3
46 15 31 3
47 16 32 3
48 3 18 4
49 4 19 4
50 5 20 4
51 6 21 4
52 7 22 4
53 8 23 4
54 9 24 4
55 9 26 4
56 10 27 4
57 11 28 4
58 12 29 4
59 13 30 4
60 14 31 4
61 15 32 4

RESTRAINT
1 1 1
17 0 1

JOINT LOAD
1 0 -0.79
2 0 -0.36
3 0 -0.36
4 0 -0.36
5 0 -0.36
6 0 -0.36
7 0 -0.36
8 0 -0.36
9 0 -0.36
10 0 -0.36
11 0 -0.36
12 0 -0.36
13 0 -0.36
14 0 -0.36
15 0 -0.36
16 0 -0.36
17 0 -0.79
18 0 -1.22
19 0 -1.22
20 0 -1.22
21 0 -1.22
22 0 -1.22
23 0 -1.22
24 0 -1.22
25 0 -1.22
26 0 -1.22
27 0 -1.22
28 0 -1.22
29 0 -1.22
30 0 -1.22
31 0 -1.22
32 0 -1.22

TRIDIM2D
Howe150-15 Panjang =150
Tinggi =20.1 Chember =0
segment =20

PROPERTIES
40 77 4 2 40 36 0.5

JOINTS
1 0.0 0.0
2 7.5 0.0
3 15.0 0.0
4 22.5 0.0
5 30.0 0.0
6 37.5 0.0
7 45.0 0.0
8 52.5 0.0
9 60.0 0.0
10 67.5 0.0
11 75.0 0.0
12 82.5 0.0
13 90.0 0.0
14 97.5 0.0
15 105.0 0.0
16 112.5 0.0
17 120.0 0.0
18 127.5 0.0
19 135.0 0.0
20 142.5 0.0
21 150.0 0.0
22 7.5 2.01
23 15.0 4.02
24 22.5 6.03
25 30.0 8.04
26 37.5 10.05

27 45.0 12.06
28 52.5 14.07
29 60.0 16.08
30 67.5 18.09
31 75.0 20.1
32 82.5 18.09
33 90.0 16.08
34 97.5 14.07
35 105.0 12.06
36 112.5 10.05
37 120.0 8.04
38 127.5 6.03
39 135.0 4.02
40 142.5 2.01

MATERIAL DATA
1 29000

Elemen
1 1 2 1
2 2 3 1
3 3 4 1
4 4 5 1
5 5 6 1
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 1
10 10 11 1
11 11 12 1
12 12 13 1
13 13 14 1
14 14 15 1
15 15 16 1
16 16 17 1
17 17 18 1
18 18 19 1
19 19 20 1
20 20 21 1
21 1 22 2
22 22 23 2
23 23 24 2
24 24 25 2
25 25 26 2
26 26 27 2
27 27 28 2
28 28 29 2
29 29 30 2
30 30 31 2
31 31 32 2
32 32 33 2
33 33 34 2
34 34 35 2
35 35 36 2
36 36 37 2
37 37 38 2
38 38 39 2
39 39 40 2
40 40 21 2
41 2 22 3
42 3 23 3
43 4 24 3
44 5 25 3
45 6 26 3
46 7 27 3
47 8 28 3
48 9 29 3
49 10 30 3

50 11 31 3
51 12 32 3
52 13 33 3
53 14 34 3
54 15 35 3
55 16 36 3
56 17 37 3
57 18 38 3
58 19 39 3
59 20 40 3
60 3 22 4
61 4 23 4
62 5 24 4
63 6 25 4
64 7 26 4
65 8 27 4
66 9 28 4
67 10 29 4
68 11 30 4
69 11 32 4
70 12 33 4
71 13 34 4
72 14 35 4
73 15 36 4
74 16 37 4
75 17 38 4
76 18 39 4
77 19 40 4

RESTRAINT
1 1 1
21 0 1

JOINT LOAD
1 0 -0.79
2 0 -0.36
3 0 -0.36
4 0 -0.36
5 0 -0.36
6 0 -0.36
7 0 -0.36
8 0 -0.36
9 0 -0.36
10 0 -0.36
11 0 -0.36
12 0 -0.36
13 0 -0.36
14 0 -0.36
15 0 -0.36
16 0 -0.36
17 0 -0.36
18 0 -0.36
19 0 -0.36
20 0 -0.36
21 0 -0.79
22 0 -1.22
23 0 -1.22
24 0 -1.22
25 0 -1.22
26 0 -1.22
27 0 -1.22
28 0 -1.22
29 0 -1.22
30 0 -1.22
31 0 -1.22
32 0 -1.22
33 0 -1.22
34 0 -1.22
35 0 -1.22
36 0 -1.22
37 0 -1.22
38 0 -1.22
39 0 -1.22
40 0 -1.22
41 0 -1.22
42 0 -1.22
43 0 -1.22
44 0 -1.22
45 0 -1.22
46 0 -1.22
47 0 -1.22
48 0 -1.22
49 0 -1.22

```

Lampiran input data Atap I berdasarkan berat optimum

35 0 -1.22					
36 0 -1.22					
37 0 -1.22					
38 0 -1.22					
39 0 -1.22					
40 0 -1.22					
TRIDIM2D	Elemen				
Howe180-15 Panjang =180	1 1 2 1	68 21 45 3		37 0 -1.22	
Tinggi =24.115	2 2 3 1	69 22 46 3		38 0 -1.22	
Chember =0 segment =24	3 3 4 1	70 23 47 3		39 0 -1.22	
	4 4 5 1	71 24 48 3		40 0 -1.22	
	5 5 6 1	72 3 26 4		41 0 -1.22	
	6 6 7 1	73 4 27 4		42 0 -1.22	
	7 7 8 1	74 5 28 4		43 0 -1.22	
	8 8 9 1	75 6 29 4		44 0 -1.22	
	9 9 10 1	76 7 30 4		45 0 -1.22	
	10 10 11 1	77 8 31 4		46 0 -1.22	
	11 11 12 1	78 9 32 4		47 0 -1.22	
	12 12 13 1	79 10 33 4		48 0 -1.22	
PROPERTIES	13 13 14 1	80 11 34 4			
48 93 4 2 48 36 0.5	14 14 15 1	81 12 35 4			
	15 15 16 1	82 13 36 4			
JOINTS	16 16 17 1	83 13 38 4			
1 0.0 0.0	17 17 18 1	84 14 39 4			
2 7.5 0.0	18 18 19 1	85 15 40 4			
3 15.0 0.0	19 19 20 1	86 16 41 4			
4 22.5 0.0	20 20 21 1	87 17 42 4			
5 30.0 0.0	21 21 22 1	88 18 43 4			
6 37.5 0.0	22 22 23 1	89 19 44 4			
7 45.0 0.0	23 23 24 1	90 20 45 4			
8 52.5 0.0	24 24 25 1	91 21 46 4			
9 60.0 0.0	25 1 26 2	92 22 47 4			
10 67.5 0.0	26 26 27 2	93 23 48 4			
11 75.0 0.0	27 27 28 2				
12 82.5 0.0	28 28 29 2	RESTRAINT			
13 90.0 0.0	29 29 30 2	1 1 1			
14 97.5 0.0	30 30 31 2	25 0 1			
15 105.0 0.0	31 31 32 2				
16 112.5 0.0	32 32 33 2	JOINT LOAD			
17 120.0 0.0	33 33 34 2	1 0 -0.79			
18 127.5 0.0	34 34 35 2	2 0 -0.36			
19 135.0 0.0	35 35 36 2	3 0 -0.36			
20 142.5 0.0	36 36 37 2	4 0 -0.36			
21 150.0 0.0	37 37 38 2	5 0 -0.36			
22 157.5 0.0	38 38 39 2	6 0 -0.36			
23 165.0 0.0	39 39 40 2	7 0 -0.36			
24 172.5 0.0	40 40 41 2	8 0 -0.36			
25 180.0 0.0	41 41 42 2	9 0 -0.36			
26 7.5 2.01	42 42 43 2	10 0 -0.36			
27 15.0 4.019	43 43 44 2	11 0 -0.36			
28 22.5 6.029	44 44 45 2	12 0 -0.36			
29 30.0 8.038	45 45 46 2	13 0 -0.36			
30 37.5 10.048	46 46 47 2	14 0 -0.36			
31 45.0 12.057	47 47 48 2	15 0 -0.36			
32 52.5 14.067	48 48 25 2	16 0 -0.36			
33 60.0 16.077	49 2 26 3	17 0 -0.36			
34 67.5 18.086	50 3 27 3	18 0 -0.36			
35 75.0 20.096	51 4 28 3	19 0 -0.36			
36 82.5 22.105	52 5 29 3	20 0 -0.36			
37 90.0 24.115	53 6 30 3	21 0 -0.36			
38 97.5 22.105	54 7 31 3	22 0 -0.36			
39 105.0 20.096	55 8 32 3	23 0 -0.36			
40 112.5 18.086	56 9 33 3	24 0 -0.36			
41 120.0 16.077	57 10 34 3	25 0 -0.79			
42 127.5 14.067	58 11 35 3	26 0 -1.22			
43 135.0 12.057	59 12 36 3	27 0 -1.22			
44 142.5 10.048	60 13 37 3	28 0 -1.22			
45 150.0 8.038	61 14 38 3	29 0 -1.22			
46 157.5 6.029	62 15 39 3	30 0 -1.22			
47 165.0 4.019	63 16 40 3	31 0 -1.22			
48 172.5 2.01	64 17 41 3	32 0 -1.22			
	65 18 42 3	33 0 -1.22			
MATERIAL DATA	66 19 43 3	34 0 -1.22			
1 29000	67 20 44 3	35 0 -1.22			
		36 0 -1.22			

Lampiran input data Atap II berdasarkan berat optimum

TRIDIM2D Howe45-25 Panjang =45 Tinggi =10.492 Chember =0 segment =6	TRIDIM2D CWarren60-25 Panjang =60 Tinggi =13.989 Chember =2.625 segment =9	35 9 19 4	7 7 8 1 8 8 9 1 9 9 10 1 10 10 11 1 11 1 12 2 12 12 13 2 13 13 14 2 14 14 15 2 15 15 16 2 16 16 17 2 17 17 18 2 18 18 19 2 19 19 20 2 20 20 11 2 21 2 12 3 22 3 13 3 23 4 14 3 24 5 15 3 25 6 16 3 26 7 17 3 27 8 18 3 28 9 19 3 29 10 20 3 30 3 12 4 31 4 13 4 32 5 14 4 33 6 15 4 34 6 17 4 35 7 18 4 36 8 19 4 37 9 20 4
PROPERTIES 12 21 4 2 12 36 0.5	PROPERTIES 19 35 4 2 19 36 0.5	RESTRAINT 1 1 1 10 0 1	
JOINTS 1 0.0 0.0 2 7.5 0.0 3 15.0 0.0 4 22.5 0.0 5 30.0 0.0 6 37.5 0.0 7 45.0 0.0 8 7.5 3.497 9 15.0 6.995 10 22.5 10.492 11 30.0 6.995 12 37.5 3.497	JOINTS 1 0.0 0.0 2 6.667 0.583 3 13.333 1.167 4 20.0 1.75 5 26.667 2.333 6 33.333 2.333 7 40.0 1.75 8 46.667 1.167 9 53.333 0.583 10 60.0 0.0 11 3.333 1.554 12 10.0 4.663 13 16.667 7.772 14 23.333 10.88 15 30.0 13.989 16 36.667 10.88 17 43.333 7.772 18 50.0 4.663 19 56.667 1.554	JOINT LOAD 1 0.035 -0.906 2 0 -0.32 3 0 -0.32 4 0 -0.32 5 0 -0.32 6 0 -0.32 7 0 -0.32 8 0 -0.32 9 0 -0.32 10 0.14 -0.759 11 0.035 -1.526 12 0.07 -1.783 13 0.07 -1.783 14 0.07 -1.783 15 0.35 -1.652 16 0.028 -1.619 17 0.028 -1.619 18 0.028 -1.619 19 0.14 -1.379	
MATERIAL DATA 1 29000	MATERIAL DATA 1 29000	TRIDIM2D CHowe75-25 Panjang =75 Tinggi =17.486 Chember =3.281 segment =10	
Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1 7 1 8 2 8 8 9 2 9 9 10 2 10 10 11 2 11 11 12 2 12 12 7 2 13 2 8 3 14 3 9 3 15 4 10 3 16 5 11 3 17 6 12 3 18 3 8 4 19 4 9 4 20 4 11 4 21 5 12 4	Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1 7 7 8 1 8 8 9 1 9 9 10 1 10 1 11 2 11 11 12 2 12 12 13 2 13 13 14 2 14 14 15 2 15 15 16 2 16 16 17 2 17 17 18 2 18 18 19 2 19 19 10 2 20 11 2 3 21 12 3 3 22 13 4 3 23 14 5 3 24 15 6 3 25 16 7 3 26 17 8 3 27 18 9 3 28 2 12 4 29 3 13 4 30 4 14 4 31 5 15 4 32 6 16 4 33 7 17 4 34 8 18 4	PROPERTIES 20 37 4 2 20 36 0.5	RESTRAINT 1 1 1 11 0 1
RESTRAINT 1 1 1 7 0 1		JOINTS 1 0.0 0.0 2 7.5 0.656 3 15.0 1.312 4 22.5 1.969 5 30.0 2.625 6 37.5 3.281 7 45.0 2.625 8 52.5 1.969 9 60.0 1.312 10 67.5 0.656 11 75.0 0.0 12 7.5 3.497 13 15.0 6.994 14 22.5 10.492 15 30.0 13.989 16 37.5 17.486 17 45.0 13.989 18 52.5 10.492 19 60.0 6.994 20 67.5 3.497	JOINT LOAD 1 0.08 -1.19 2 0 -0.36 3 0 -0.36 4 0 -0.36 5 0 -0.36 6 0 -0.36 7 0.316 -1.003 8 0.08 -1.98 9 0.08 -1.98 10 0.396 -1.833 11 0.316 -1.793 12 0.316 -1.793
JOINT LOAD 1 0.08 -1.19 2 0 -0.36 3 0 -0.36 4 0 -0.36 5 0 -0.36 6 0 -0.36 7 0.316 -1.003 8 0.08 -1.98 9 0.08 -1.98 10 0.396 -1.833 11 0.316 -1.793 12 0.316 -1.793		MATERIAL DATA 1 29000	
		Elemen 1 1 2 1 2 2 3 1 3 3 4 1 4 4 5 1 5 5 6 1 6 6 7 1	TRIDIM2D CHowe90-25 Panjang =90 Tinggi =20.984 Chember =3.937 segment =12
			PROPERTIES 24 45 4 2 24 36 0.5
			JOINTS

Lampiran input data Atap II berdasarkan berat optimum

```

1 0.0 0.0
2 7.5 0.656
3 15.0 1.312
4 22.5 1.969
5 30.0 2.625
6 37.5 3.281
7 45.0 3.937
8 52.5 3.281
9 60.0 2.625
10 67.5 1.969
11 75.0 1.312
12 82.5 0.656
13 90.0 0.0
14 7.5 3.497
15 15.0 6.995
16 22.5 10.492
17 30.0 13.989
18 37.5 17.487
19 45.0 20.984
20 52.5 17.487
21 60.0 13.989
22 67.5 10.492
23 75.0 6.995
24 82.5 3.497

MATERIAL DATA
1 29000

Elemen
1 1 2 1
2 2 3 1
3 3 4 1
4 4 5 1
5 5 6 1
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 1
10 10 11 1
11 11 12 1
12 12 13 1
13 1 14 2
14 14 15 2
15 15 16 2
16 16 17 2
17 17 18 2
18 18 19 2
19 19 20 2
20 20 21 2
21 21 22 2
22 22 23 2
23 23 24 2
24 24 13 2
25 2 14 3
26 3 15 3
27 4 16 3
28 5 17 3
29 6 18 3
30 7 19 3
31 8 20 3
32 9 21 3
33 10 22 3
34 11 23 3
35 12 24 3
36 3 14 4
37 4 15 4
38 5 16 4
39 6 17 4

40 7 18 4
41 7 20 4
42 8 21 4
43 9 22 4
44 10 23 4
45 11 24 4

RESTRAINT
1 1 1
13 0 1

JOINT LOAD
1 0.08 -1.19
2 0 -0.36
3 0 -0.36
4 0 -0.36
5 0 -0.36
6 0 -0.36
7 0 -0.36
8 0 -0.36
9 0 -0.36
10 0 -0.36
11 0 -0.36
12 0 -0.36
13 0.316 -1.003
14 0.08 -1.98
15 0.08 -1.98
16 0.08 -1.98
17 0.08 -1.98
18 0.08 -1.98
19 0.396 -1.833
20 0.316 -1.793
21 0.316 -1.793
22 0.316 -1.793
23 0.316 -1.793
24 0.316 -1.793

TRIDIM2D
CHowe105-25 Panjang
=105 Tinggi =24.248
Chember =4.593
segment =14

PROPERTIES
28 53 4 2 28 36 0.5

JOINTS
1 0.0 0.0
2 7.5 0.656
3 15.0 1.312
4 22.5 1.968
5 30.0 2.625
6 37.5 3.281
7 45.0 3.937
8 52.5 4.593
9 60.0 3.937
10 67.5 3.281
11 75.0 2.625
12 82.5 1.968
13 90.0 1.312
14 97.5 0.656
15 105.0 0.0
16 7.5 3.464
17 15.0 6.928
18 22.5 10.392
19 30.0 13.856
20 37.5 17.32
21 45.0 20.784

22 52.5 24.248
23 60.0 20.784
24 67.5 17.32
25 75.0 13.856
26 82.5 10.392
27 90.0 6.928
28 97.5 3.464

MATERIAL DATA
1 29000

Elemen
1 1 2 1
2 2 3 1
3 3 4 1
4 4 5 1
5 5 6 1
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 1
10 10 11 1
11 11 12 1
12 12 13 1
13 13 14 1
14 14 15 1
15 1 16 2
16 16 17 2
17 17 18 2
18 18 19 2
19 19 20 2
20 20 21 2
21 21 22 2
22 22 23 2
23 23 24 2
24 24 25 2
25 25 26 2
26 26 27 2
27 27 28 2
28 28 15 2
29 2 16 3
30 3 17 3
31 4 18 3
32 5 19 3
33 6 20 3
34 7 21 3
35 8 22 3
36 9 23 3
37 10 24 3
38 11 25 3
39 12 26 3
40 13 27 3
41 14 28 3
42 3 16 4
43 4 17 4
44 5 18 4
45 6 19 4
46 7 20 4
47 8 21 4
48 8 23 4
49 9 24 4
50 10 25 4
51 11 26 4
52 12 27 4
53 13 28 4

RESTRAINT
1 1 1

15 0 1

JOINT LOAD
1 0.08 -1.19
2 0 -0.36
3 0 -0.36
4 0 -0.36
5 0 -0.36
6 0 -0.36
7 0 -0.36
8 0 -0.36
9 0 -0.36
10 0 -0.36
11 0 -0.36
12 0 -0.36
13 0 -0.36
14 0 -0.36
15 0.316 -1.003
16 0.08 -1.98
17 0.08 -1.98
18 0.08 -1.98
19 0.08 -1.98
20 0.08 -1.98
21 0.08 -1.98
22 0.396 -1.833
23 0.316 -1.793
24 0.316 -1.793
25 0.316 -1.793
26 0.316 -1.793
27 0.316 -1.793
28 0.316 -1.793

TRIDIM2D
CHowe120-25 Panjang
=120 Tinggi =27.978
Chember =5.249
segment =16

PROPERTIES
32 61 4 2 32 36 0.5

JOINTS
1 0.0 0.0
2 7.5 0.656
3 15.0 1.312
4 22.5 1.968
5 30.0 2.625
6 37.5 3.281
7 45.0 3.937
8 52.5 4.593
9 60.0 5.249
10 67.5 4.593
11 75.0 3.937
12 82.5 3.281
13 90.0 2.625
14 97.5 1.968
15 105.0 1.312
16 112.5 0.656
17 120.0 0.0
18 7.5 3.497
19 15.0 6.995
20 22.5 10.492
21 30.0 13.989
22 37.5 17.486
23 45.0 20.984
24 52.5 24.481
25 60.0 27.978
26 67.5 24.481

```

Lampiran input data Atap II berdasarkan berat optimum

27 75.0 20.984	58 12 29 4	16 112.5 3.281	39 39 40 2
28 82.5 17.486	59 13 30 4	17 120.0 2.625	40 40 21 2
29 90.0 13.989	60 14 31 4	18 127.5 1.969	41 2 22 3
30 97.5 10.492	61 15 32 4	19 135.0 1.312	42 3 23 3
31 105.0 6.995		20 142.5 0.656	43 4 24 3
32 112.5 3.497	RESTRAINT	21 150.0 0.0	44 5 25 3
	1 1 1	22 7.5 3.497	45 6 26 3
MATERIAL DATA	17 0 1	23 15.0 6.995	46 7 27 3
1 29000		24 22.5 10.492	47 8 28 3
	JOINT LOAD	25 30.0 13.989	48 9 29 3
Elemen	1 0.08 -1.19	26 37.5 17.486	49 10 30 3
1 1 2 1	2 0 -0.36	27 45.0 20.984	50 11 31 3
2 2 3 1	3 0 -0.36	28 52.5 24.481	51 12 32 3
3 3 4 1	4 0 -0.36	29 60.0 27.978	52 13 33 3
4 4 5 1	5 0 -0.36	30 67.5 31.476	53 14 34 3
5 5 6 1	6 0 -0.36	31 75.0 34.973	54 15 35 3
6 6 7 1	7 0 -0.36	32 82.5 31.476	55 16 36 3
7 7 8 1	8 0 -0.36	33 90.0 27.978	56 17 37 3
8 8 9 1	9 0 -0.36	34 97.5 24.481	57 18 38 3
9 9 10 1	10 0 -0.36	35 105.0 20.984	58 19 39 3
10 10 11 1	11 0 -0.36	36 112.5 17.486	59 20 40 3
11 11 12 1	12 0 -0.36	37 120.0 13.989	60 3 22 4
12 12 13 1	13 0 -0.36	38 127.5 10.492	61 4 23 4
13 13 14 1	14 0 -0.36	39 135.0 6.995	62 5 24 4
14 14 15 1	15 0 -0.36	40 142.5 3.497	63 6 25 4
15 15 16 1	16 0 -0.36		64 7 26 4
16 16 17 1	17 0.316 -1.003	MATERIAL DATA	65 8 27 4
17 1 18 2	18 0.08 -1.98	1 29000	66 9 28 4
18 18 19 2	19 0.08 -1.98		67 10 29 4
19 19 20 2	20 0.08 -1.98	Elemen	68 11 30 4
20 20 21 2	21 0.08 -1.98	1 1 2 1	69 11 32 4
21 21 22 2	22 0.08 -1.98	2 2 3 1	70 12 33 4
22 22 23 2	23 0.08 -1.98	3 3 4 1	71 13 34 4
23 23 24 2	24 0.08 -1.98	4 4 5 1	72 14 35 4
24 24 25 2	25 0.396 -1.833	5 5 6 1	73 15 36 4
25 25 26 2	26 0.316 -1.793	6 6 7 1	74 16 37 4
26 26 27 2	27 0.316 -1.793	7 7 8 1	75 17 38 4
27 27 28 2	28 0.316 -1.793	8 8 9 1	76 18 39 4
28 28 29 2	29 0.316 -1.793	9 9 10 1	77 19 40 4
29 29 30 2	30 0.316 -1.793	10 10 11 1	
30 30 31 2	31 0.316 -1.793	11 11 12 1	RESTRAINT
31 31 32 2	32 0.316 -1.793	12 12 13 1	1 1 1
32 32 17 2		13 13 14 1	21 0 1
33 2 18 3	TRIDIM2D	14 14 15 1	
34 3 19 3	CHowe150-25 Panjang	15 15 16 1	JOINT LOAD
35 4 20 3	=150 Tinggi =34.973	16 16 17 1	1 0.08 -1.19
36 5 21 3	Chember =6.562	17 17 18 1	2 0 -0.36
37 6 22 3	segment =20	18 18 19 1	3 0 -0.36
38 7 23 3		19 19 20 1	4 0 -0.36
39 8 24 3	PROPERTIES	20 20 21 1	5 0 -0.36
40 9 25 3	40 77 4 2 40 36 0.5	21 1 22 2	6 0 -0.36
41 10 26 3		22 22 23 2	7 0 -0.36
42 11 27 3	JOINTS	23 23 24 2	8 0 -0.36
43 12 28 3	1 0.0 0.0	24 24 25 2	9 0 -0.36
44 13 29 3	2 7.5 0.656	25 25 26 2	10 0 -0.36
45 14 30 3	3 15.0 1.312	26 26 27 2	11 0 -0.36
46 15 31 3	4 22.5 1.969	27 27 28 2	12 0 -0.36
47 16 32 3	5 30.0 2.625	28 28 29 2	13 0 -0.36
48 3 18 4	6 37.5 3.281	29 29 30 2	14 0 -0.36
49 4 19 4	7 45.0 3.937	30 30 31 2	15 0 -0.36
50 5 20 4	8 52.5 4.593	31 31 32 2	16 0 -0.36
51 6 21 4	9 60.0 5.25	32 32 33 2	17 0 -0.36
52 7 22 4	10 67.5 5.906	33 33 34 2	18 0 -0.36
53 8 23 4	11 75.0 6.562	34 34 35 2	19 0 -0.36
54 9 24 4	12 82.5 5.906	35 35 36 2	20 0 -0.36
55 9 26 4	13 90.0 5.25	36 36 37 2	21 0.316 -1.003
56 10 27 4	14 97.5 4.593	37 37 38 2	22 0.08 -1.98
57 11 28 4	15 105.0 3.937	38 38 39 2	23 0.08 -1.98

Lampiran input data Atap II berdasarkan berat optimum

24 0.08 -1.98
25 0.08 -1.98
26 0.08 -1.98
27 0.08 -1.98
28 0.08 -1.98
29 0.08 -1.98
30 0.08 -1.98
31 0.396 -1.833
32 0.316 -1.793
33 0.316 -1.793
34 0.316 -1.793
35 0.316 -1.793
36 0.316 -1.793
37 0.316 -1.793
38 0.316 -1.793
39 0.316 -1.793
40 0.316 -1.793

Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum

TRIDIM2D
Howe45-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.23E-03	-5.74E-02
3	8.45E-03	-6.93E-02
4	1.18E-02	-6.99E-02
5	1.52E-02	-6.93E-02
6	1.95E-02	-5.74E-02
7	2.37E-02	0.00E+00
8	1.26E-02	-5.74E-02
9	1.35E-02	-6.91E-02
10	1.18E-02	-6.91E-02
11	1.02E-02	-6.91E-02
12	1.11E-02	-5.74E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	15.6876	7.50	143.77
2	15.6876	7.50	143.77
3	12.57304	7.50	143.77
4	12.57307	7.50	143.77
5	15.68774	7.50	143.77
6	15.68773	7.50	143.77
7	-16.24067	7.76	117.4942
8	-13.01674	7.76	117.4982
9	-9.7702	7.76	117.4942
10	-9.7702	7.76	117.4942
11	-13.01679	7.76	117.4982
12	-16.24081	7.76	117.4942
13	0.38806	2.01	38.51118
14	1.23845	4.02	77.04153
15	3.78332	6.03	115.5527
16	1.23856	4.02	77.04153
17	0.38806	2.01	38.51118
18	-3.22437	7.76	148.8385
19	-3.55738	8.51	163.111
20	-3.55744	8.51	163.111
21	-3.22447	7.76	148.8385

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0000	5.0259
7	0.0000	5.0260

Number Material : 1 2L 2x2x1/8
 Number Material : 2 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8

Total weight compression : 363.6326 lb
 Total weight Tension : 298.1772 lb
 Total weight for all : 571.8098 lb

TRIDIM2D
Howe60-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.02E-03	-6.78E-02
3	8.05E-03	-8.88E-02
4	1.15E-02	-9.68E-02
5	1.44E-02	-9.70E-02
6	1.73E-02	-9.68E-02
7	2.07E-02	-8.88E-02

8	2.48E-02	-6.78E-02
9	2.88E-02	0.00E+00
10	1.46E-02	-6.78E-02
11	1.72E-02	-8.86E-02
12	1.67E-02	-9.64E-02
13	1.44E-02	-9.54E-02
14	1.21E-02	-9.64E-02
15	1.16E-02	-8.86E-02
16	1.42E-02	-6.78E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	22.25188	7.50	145.8671
2	22.25188	7.50	145.8671
3	19.11646	7.50	145.8671
4	15.94342	7.50	145.8671
5	15.94332	7.50	145.8671
6	19.11015	7.50	145.8671
7	22.25146	7.50	145.8671
8	22.25154	7.50	145.8671
9	-23.03708	7.76	96.45552
10	-19.78485	7.76	96.45552
11	-16.5061	7.76	96.45552
12	-13.21131	7.76	96.45552
13	-13.2113	7.76	96.45552
14	-16.50592	7.76	96.45552
15	-19.78452	7.76	96.45552
16	-23.03677	7.76	96.45552
17	0.39988	2.01	38.53035
18	1.25796	4.02	77.0607
19	2.11813	6.03	115.5911
20	5.55897	8.04	154.1214
21	2.11803	6.03	115.5911
22	1.25786	4.02	77.0607
23	0.39988	2.01	38.53035
24	-3.25226	7.76	148.8435
25	-3.59328	8.51	163.1201
26	-4.08348	9.62	184.4752
27	-4.08337	9.62	184.4752
28	-3.59307	8.51	163.1201
29	-3.25226	7.76	148.8435

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0000	6.7956
9	0.0000	6.7955

Number Material : 1 2L 2x2x3/16
 Number Material : 2 2L 2x3x3/16
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8

Total weight compression : 552.3245 lb
 Total weight Tension : 398.928 lb
 Total weight for all : 951.2525 lb

TRIDIM2D
Warren75-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.98E-03	-7.80E-02
3	7.74E-03	-1.11E-01
4	1.10E-02	-1.28E-01
5	1.39E-02	-1.37E-01
6	1.64E-02	-1.38E-01
7	1.85E-02	-1.38E-01
8	2.10E-02	-1.37E-01

9	2.39E-02	-1.28E-01
10	2.72E-02	-1.11E-01
11	3.08E-02	-7.80E-02
12	3.49E-02	0.00E+00
13	1.15E-02	-5.13E-02
14	1.94E-02	-9.66E-02
15	2.20E-02	-1.21E-01
16	2.20E-02	-1.33E-01
17	2.03E-02	-1.38E-01
18	1.75E-02	-1.37E-01
19	1.46E-02	-1.38E-01
20	1.29E-02	-1.33E-01
21	1.29E-02	-1.21E-01
22	1.55E-02	-9.66E-02
23	2.34E-02	-5.13E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	31.23799	6.82	105.162
2	28.00233	6.82	105.162
3	25.03499	6.82	105.1774
4	22.09743	6.82	105.162
5	19.16059	6.82	105.1619
6	16.21697	6.82	105.162
7	19.16065	6.82	105.162
8	22.09771	6.82	105.1619
9	25.03537	6.82	105.1774
10	28.00309	6.82	105.162
11	31.23869	6.82	105.162
12	-32.33922	3.53	43.84029
13	-30.19001	7.06	87.68379
14	-27.25322	7.06	87.68378
15	-24.26725	7.06	87.69579
16	-21.26061	7.06	87.68378
17	-18.23655	7.06	87.68379
18	-18.23663	7.06	87.68379
19	-21.26074	7.06	87.68379
20	-24.26744	7.06	87.69579
21	-27.2535	7.06	87.68379
22	-30.19027	7.06	87.68379
23	-32.33961	3.53	43.84024
24	-2.1503	3.53	67.65131
25	-2.15291	4.37	83.84007
26	-2.66533	5.70	109.2578
27	-3.31881	7.25	138.901
28	-4.03475	8.90	170.6029
29	4.35188	10.61	203.397
30	3.59109	8.90	170.6029
31	2.85464	7.25	138.9009
32	2.15548	5.70	109.2462
33	1.48637	4.37	83.84003
34	1.48639	4.37	83.84009
35	2.15532	5.70	109.2463
36	2.85449	7.25	138.901
37	3.59086	8.90	170.6028
38	4.3518	10.61	203.397
39	4.03488	8.90	170.6029
40	3.31907	7.25	138.901
41	2.6654	5.70	109.2578
42	2.15307	4.37	83.84015
43	2.15027	3.53	67.65138

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0003	9.1680
12	0.0000	9.1681

Number Material : 1 2L 2.5x2.5x3/16

Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum

Number Material : 2 2L 2x3x3/16
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8
 Total weight compression : 673.0825 lb
 Total weight Tension : 703.5713 lb
 Total weight for all : 1376.654 lb

TRIDIM2D

Pratt90-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.73E-03	-8.53E-02
3	9.04E-03	-1.21E-01
4	1.29E-02	-1.41E-01
5	1.64E-02	-1.51E-01
6	1.94E-02	-1.53E-01
7	2.20E-02	-1.51E-01
8	2.46E-02	-1.53E-01
9	2.76E-02	-1.51E-01
10	3.11E-02	-1.41E-01
11	3.50E-02	-1.21E-01
12	3.93E-02	-8.53E-02
13	4.40E-02	0.00E+00
14	1.93E-02	-8.54E-02
15	2.52E-02	-1.21E-01
16	2.74E-02	-1.42E-01
17	2.71E-02	-1.52E-01
18	2.52E-02	-1.54E-01
19	2.20E-02	-1.51E-01
20	1.88E-02	-1.54E-01
21	1.69E-02	-1.52E-01
22	1.66E-02	-1.42E-01
23	1.88E-02	-1.21E-01
24	2.47E-02	-8.54E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	36.3766	7.50	94.33962
2	33.14763	7.50	94.33962
3	29.88675	7.50	94.33962
4	26.60485	7.50	94.33962
5	23.30362	7.50	94.33962
6	19.98332	7.50	94.33962
7	19.98335	7.50	94.33962
8	23.30359	7.50	94.33962
9	26.60475	7.50	94.33962
10	29.88648	7.50	94.33962
11	33.1473	7.50	94.33962
12	36.37617	7.50	94.33962
13	-37.66063	7.76	83.19289
14	-37.66064	7.76	83.19289
15	-34.31762	7.76	83.19289
16	-30.94129	7.76	83.19289
17	-27.54356	7.76	83.19289
18	-24.12576	7.76	83.19289
19	-24.12562	7.76	83.19289
20	-27.54326	7.76	83.19289
21	-30.94088	7.76	83.19289
22	-34.31691	7.76	83.19289
23	-37.6599	7.76	83.19289
24	-37.65992	7.76	83.19289
25	-1.30108	2.01	39.09238
26	-2.18535	4.02	78.18477
27	-3.07459	6.03	117.2772
28	-3.97257	8.04	156.3695
29	-4.88015	10.05	195.4619

30	3	0.4402	12.06	234.5543
31	3	-4.88015	10.05	195.4619
32	3	-3.97241	8.04	156.3695
33	3	-3.07438	6.03	117.2772
34	3	-2.1852	4.02	78.18477
35	3	-1.30093	2.01	39.09238
36	4	3.66356	8.51	163.1201
37	4	4.18414	9.62	184.4752
38	4	4.81124	11.00	210.7682
39	4	5.51968	12.54	240.3841
40	4	6.28722	14.20	272.2407
41	4	6.28715	14.20	272.2407
42	4	5.51951	12.54	240.3841
43	4	4.81113	11.00	210.7682
44	4	4.18402	9.62	184.4752
45	4	3.6635	8.51	163.1201

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0003	10.6024
13	0.0000	10.6023

Number Material : 1 2L 2.5x3x3/16
 Number Material : 2 2L 2.5x3.5x1/4
 Number Material : 3 2L 2x2x3/16
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8
 Total weight compression : 1207.389 lb
 Total weight Tension : 1036.894 lb
 Total weight for all : 2244.283 lb

TRIDIM2D

Warren105-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	5.13E-03	-9.80E-02
3	9.83E-03	-1.43E-01
4	1.41E-02	-1.69E-01
5	1.80E-02	-1.85E-01
6	2.15E-02	-1.92E-01
7	2.46E-02	-1.94E-01
8	2.72E-02	-1.94E-01
9	3.03E-02	-1.92E-01
10	3.38E-02	-1.85E-01
11	3.77E-02	-1.69E-01
12	4.20E-02	-1.43E-01
13	4.67E-02	-9.80E-02
14	5.18E-02	0.00E+00
15	1.45E-02	-6.37E-02
16	2.57E-02	-1.23E-01
17	3.04E-02	-1.58E-01
18	3.19E-02	-1.78E-01
19	3.12E-02	-1.89E-01
20	2.91E-02	-1.94E-01
21	2.59E-02	-1.92E-01
22	2.27E-02	-1.94E-01
23	2.06E-02	-1.89E-01
24	2.00E-02	-1.78E-01
25	2.14E-02	-1.58E-01
26	2.62E-02	-1.23E-01
27	3.73E-02	-6.37E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	39.23392	8.08	163.723
2	35.91513	8.08	163.723
3	32.8256	8.08	163.723

4	1	29.74692	8.08	163.7229
5	1	26.66172	8.08	163.723
6	1	23.55617	8.08	163.7231
7	1	20.42715	8.08	163.7026
8	1	23.55671	8.08	163.723
9	1	26.66235	8.08	163.7231
10	1	29.74772	8.08	163.7229
11	1	32.82632	8.08	163.7231
12	1	35.91577	8.08	163.7229
13	1	39.23455	8.08	163.7231
14	2	-40.61808	4.18	52.41945
15	2	-38.4313	8.36	104.851
16	2	-35.38141	8.36	104.851
17	2	-32.26041	8.36	104.8542
18	2	-29.10327	8.36	104.851
19	2	-25.91908	8.36	104.851
20	2	-22.70511	8.36	104.851
21	2	-22.70554	8.36	104.851
22	2	-25.91972	8.36	104.851
23	2	-29.10404	8.36	104.851
24	2	-32.26104	8.36	104.8542
25	2	-35.38202	8.36	104.851
26	2	-38.4318	8.36	104.851
27	2	-40.61871	4.18	52.41947
28	3	-2.18654	4.18	63.2749
29	3	-2.23122	5.18	78.41163
30	3	-2.78375	6.75	102.1652
31	3	-3.4752	8.58	129.9046
32	3	-4.24374	10.54	159.5459
33	3	-5.05576	12.57	190.2084
34	3	5.45348	14.64	221.4642
35	3	4.60653	12.57	190.2035
36	3	3.78639	10.54	159.5401
37	3	3.00444	8.58	129.8974
38	3	2.25729	6.75	102.1562
39	3	1.54823	5.18	78.39977
40	4	1.54826	5.18	78.39984
41	4	2.25751	6.75	102.1561
42	4	3.00459	8.58	129.8975
43	4	3.78635	10.54	159.5401
44	4	4.60615	12.57	190.2035
45	4	5.45258	14.64	221.4642
46	4	-5.05664	12.57	190.2084
47	4	-4.24389	10.54	159.5459
48	4	-3.47527	8.58	129.9046
49	4	-2.78369	6.75	102.1652
50	4	-2.2312	5.18	78.41165
51	4	-2.18648	4.18	63.27493

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0001	11.3293
14	0.0000	11.3295

Number Material : 1 2L 2.5x2x1/4
 Number Material : 2 2L 2x3x1/4
 Number Material : 3 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 4 2L 2x2.5x3/16

Total weight compression : 1417.303 lb
 Total weight Tension : 1401.094 lb
 Total weight for all : 2818.397 lb

TRIDIM2D

Howe120-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00

Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum

2	4.72E-03	-1.02E-01	35	3	2.30206	6.03	91.24843	23	3.56E-02	-1.64E-01
3	9.44E-03	-1.50E-01	36	3	3.24629	8.04	121.6646	24	4.22E-02	-2.03E-01
4	1.39E-02	-1.82E-01	37	3	4.20535	10.05	152.0807	25	4.61E-02	-2.31E-01
5	1.80E-02	-2.03E-01	38	3	5.18036	12.06	182.4969	26	4.81E-02	-2.51E-01
6	2.18E-02	-2.16E-01	39	3	6.17199	14.07	212.913	27	4.87E-02	-2.65E-01
7	2.53E-02	-2.24E-01	40	3	13.88371	16.08	243.3291	28	4.80E-02	-2.74E-01
8	2.85E-02	-2.26E-01	41	3	6.17085	14.07	212.913	29	4.63E-02	-2.78E-01
9	3.13E-02	-2.25E-01	42	3	5.17897	12.06	182.4969	30	4.37E-02	-2.78E-01
10	3.42E-02	-2.26E-01	43	3	4.20417	10.05	152.0807	31	3.94E-02	-2.70E-01
11	3.74E-02	-2.24E-01	44	3	3.24577	8.04	121.6646	32	3.50E-02	-2.78E-01
12	4.09E-02	-2.16E-01	45	3	2.30171	6.03	91.24843	33	3.24E-02	-2.78E-01
13	4.47E-02	-2.03E-01	46	3	1.36929	4.02	60.83228	34	3.07E-02	-2.74E-01
14	4.88E-02	-1.82E-01	47	3	0.43902	2.01	30.41614	35	3.00E-02	-2.65E-01
15	5.32E-02	-1.50E-01	48	4	-3.45032	7.76	97.36263	36	3.06E-02	-2.51E-01
16	5.80E-02	-1.02E-01	49	4	-3.84623	8.51	106.7013	37	3.26E-02	-2.31E-01
17	6.27E-02	0.00E+00	50	4	-4.39084	9.62	120.6703	38	3.65E-02	-2.03E-01
18	2.28E-02	-1.02E-01	51	4	-5.05861	11.00	137.8692	39	4.31E-02	-1.64E-01
19	3.15E-02	-1.50E-01	52	4	-5.81731	12.54	157.2418	40	5.39E-02	-1.08E-01
20	3.61E-02	-1.81E-01	53	4	-6.64354	14.20	178.0801			
21	3.81E-02	-2.02E-01	54	4	-7.52243	15.94	199.9262			
22	3.83E-02	-2.16E-01	55	4	-7.5211	15.94	199.9262			
23	3.72E-02	-2.23E-01	56	4	-6.64212	14.20	178.0801			
24	3.50E-02	-2.25E-01	57	4	-5.81579	12.54	157.2418			
25	3.13E-02	-2.20E-01	58	4	-5.05735	11.00	137.8692			
26	2.76E-02	-2.25E-01	59	4	-4.38981	9.62	120.6703			
27	2.55E-02	-2.23E-01	60	4	-3.84557	8.51	106.7013			
28	2.43E-02	-2.16E-01	61	4	-3.45014	7.76	97.36263			
29	2.46E-02	-2.02E-01								
30	2.66E-02	-1.81E-01								
31	3.12E-02	-1.50E-01								
32	3.99E-02	-1.02E-01								

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	71.39215	7.50	96.98276
2	71.39215	7.50	96.98276
3	67.91529	7.50	96.98276
4	64.36153	7.50	96.98276
5	60.76709	7.50	96.98276
6	57.13684	7.50	96.98276
7	53.46972	7.50	96.98276
8	49.76521	7.50	96.98276
9	46.02239	7.50	96.98276
10	42.24063	7.50	96.98276
11	42.24063	7.50	96.98276
12	46.02217	7.50	96.98276
13	49.76476	7.50	96.98276
14	53.46969	7.50	96.98276
15	57.13667	7.50	96.98276
16	60.76759	7.50	96.98276
17	64.36234	7.50	96.98276
18	67.91543	7.50	96.98276
19	71.39219	7.50	96.98276
20	71.3923	7.50	96.98276
21	-73.91179	7.76	75.14197
22	-70.31212	7.76	75.14197
23	-66.63313	7.76	75.14197
24	-62.91069	7.76	75.14197
25	-59.15173	7.76	75.14197
26	-55.35503	7.76	75.14197
27	-51.5201	7.76	75.14197
28	-47.64643	7.76	75.14197
29	-43.73076	7.76	75.14197
30	-39.77322	7.76	75.14197
31	-39.77334	7.76	75.14197
32	-43.72979	7.76	75.14197
33	-47.64421	7.76	75.14197
34	-51.51963	7.76	75.14197
35	-55.35523	7.76	75.14197
36	-59.15201	7.76	75.14197
37	-62.91164	7.76	75.14197
38	-66.63232	7.76	75.14197
39	-70.31208	7.76	75.14197
40	-73.91179	7.76	75.14197
41	0.46516	2.01	24.96894
42	1.4481	4.02	49.93789
43	2.43169	6.03	74.90683
44	3.42956	8.04	99.87577
45	4.44522	10.05	124.8447
46	5.48268	12.06	149.8137
47	6.54127	14.07	174.7826

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-0.0003	14.9554
17	0.0000	14.9543

Number Material : 1 2L 2.5x3.5x1/4
 Number Material : 2 2L 3x4x1/4
 Number Material : 3 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 4 2L 2x3x1/4
 Total weight compression : 2746.213 lb
 Total weight Tension : 1883.52 lb
 Total weight for all : 4629.733 lb

TRIDIM2D
Howe150-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.81E-03	-1.09E-01
3	9.62E-03	-1.64E-01
4	1.42E-02	-2.03E-01
5	1.85E-02	-2.32E-01
6	2.26E-02	-2.52E-01
7	2.65E-02	-2.67E-01
8	3.01E-02	-2.76E-01
9	3.34E-02	-2.80E-01
10	3.65E-02	-2.81E-01
11	3.94E-02	-2.77E-01
12	4.22E-02	-2.81E-01
13	4.53E-02	-2.80E-01
14	4.87E-02	-2.76E-01
15	5.23E-02	-2.67E-01
16	5.61E-02	-2.52E-01
17	6.02E-02	-2.32E-01
18	6.45E-02	-2.03E-01
19	6.91E-02	-1.64E-01
20	7.39E-02	-1.09E-01
21	7.87E-02	0.00E+00
22	2.48E-02	-1.08E-01

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	52.55111	7.50	80.35715
2	52.55111	7.50	80.35715
3	49.2184	7.50	80.35715
4	45.8285	7.50	80.35715
5	42.40646	7.50	80.35715
6	38.95583	7.50	80.35715
7	35.47659	7.50	80.35715
8	31.96811	7.50	80.35715
9	31.96763	7.50	80.35715
10	35.47551	7.50	80.35715
11	38.95368	7.50	80.35715
12	42.40376	7.50	80.35715
13	45.82489	7.50	80.35715
14	49.21437	7.50	80.35715
15	52.54668	7.50	80.35715
16	52.54668	7.50	80.35715
17	-54.40524	7.76	72.79378
18	-50.95482	7.76	72.79378
19	-47.44493	7.76	72.79378
20	-43.9022	7.76	72.79378
21	-40.32949	7.76	72.79378
22	-36.72789	7.76	72.79378
23	-33.09557	7.76	72.79378
24	-29.4326	7.76	72.79378
25	-29.43261	7.76	72.79378
26	-33.09558	7.76	72.79378
27	-36.72694	7.76	72.79378
28	-40.32816	7.76	72.79378
29	-43.89957	7.76	72.79378
30	-47.44182	7.76	72.79378
31	-50.95078	7.76	72.79378
32	-54.40103	7.76	72.79378
33	0.43902	2.01	30.41614
34	1.36981	4.02	60.83228

Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum

48	3	7.62235	16.08	199.7515	20	7.21E-02	-2.98E-01	37	2	-50.51479	7.76	57.87331
49	3	8.72549	18.09	224.7205	21	7.64E-02	-2.70E-01	38	2	-54.70127	7.76	57.87139
50	3	19.18287	20.10	249.6894	22	8.09E-02	-2.33E-01	39	2	-58.8427	7.76	57.87331
51	3	8.72549	18.09	224.7205	23	8.56E-02	-1.85E-01	40	2	-62.93837	7.76	57.87139
52	3	7.62226	16.08	199.7515	24	9.05E-02	-1.20E-01	41	2	-66.98981	7.76	57.87331
53	3	6.54149	14.07	174.7826	25	9.54E-02	0.00E+00	42	2	-70.99702	7.76	57.87331
54	3	5.48281	12.06	149.8137	26	2.75E-02	-1.20E-01	43	2	-74.95926	7.76	57.87139
55	3	4.44584	10.05	124.8447	27	4.06E-02	-1.85E-01	44	2	-78.87948	7.76	57.87331
56	3	3.42946	8.04	99.87577	28	4.92E-02	-2.33E-01	45	2	-82.76163	7.76	57.87139
57	3	2.43156	6.03	74.90683	29	5.50E-02	-2.69E-01	46	2	-86.59783	7.76	57.87331
58	3	1.44829	4.02	49.93789	30	5.86E-02	-2.97E-01	47	2	-90.39706	7.76	57.87139
59	3	0.46516	2.01	24.96894	31	6.06E-02	-3.18E-01	48	2	-94.08366	7.76	57.87331
60	4	-3.59954	7.76	72.79378	32	6.13E-02	-3.33E-01	49	3	0.48915	2.01	24.96894
61	4	-4.03206	8.51	79.77591	33	6.08E-02	-3.44E-01	50	3	1.50014	4.02	49.92546
62	4	-4.61208	9.62	90.2199	34	5.93E-02	-3.49E-01	51	3	2.52563	6.03	74.89441
63	4	-5.32178	11.00	103.0788	35	5.68E-02	-3.51E-01	52	3	3.54799	8.04	99.85092
64	4	-6.13147	12.54	117.5628	36	5.34E-02	-3.48E-01	53	3	4.60867	10.05	124.8199
65	4	-7.01473	14.20	133.1427	37	4.77E-02	-3.36E-01	54	3	5.67307	12.06	149.7764
66	4	-7.95686	15.94	149.4761	38	4.20E-02	-3.48E-01	55	3	6.77889	14.07	174.7453
67	4	-8.94658	17.74	166.3413	39	3.68E-02	-3.51E-01	56	3	7.90004	16.08	199.7143
68	4	-9.97801	19.58	183.5916	40	3.61E-02	-3.49E-01	57	3	9.03716	18.09	224.6708
69	4	-9.9784	19.58	183.5916	41	3.46E-02	-3.44E-01	58	3	10.21465	20.10	249.6397
70	4	-8.94676	17.74	166.3413	42	3.41E-02	-3.33E-01	59	3	11.40422	22.10	274.5963
71	4	-7.95664	15.94	149.4761	43	3.47E-02	-3.18E-01	60	3	24.70653	24.11	299.5652
72	4	-7.01493	14.20	133.1427	44	3.68E-02	-2.97E-01	61	3	11.40373	22.10	274.5963
73	4	-6.13159	12.54	117.5628	45	4.04E-02	-2.69E-01	62	3	10.21434	20.10	249.6397
74	4	-5.32275	11.00	103.0788	46	4.62E-02	-2.33E-01	63	3	9.03656	18.09	224.6708
75	4	-4.61185	9.62	90.2199	47	5.48E-02	-1.85E-01	64	3	7.8982	16.08	199.7143
76	4	-4.03242	8.51	79.77591	48	6.78E-02	-1.20E-01	65	3	6.77767	14.07	174.7453
77	4	-3.59939	7.76	72.79378				66	3	5.6732	12.06	149.7764

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	0.0003	20.0363
21	0.0000	20.0363

Number Material : 1 2L 2.5x3x3/8
 Number Material : 2 2L 4x4x5/16
 Number Material : 3 2L 2x3x3/16
 Number Material : 4 2L 3x4x1/4

Total weight compression : 5259.004 lb
 Total weight Tension : 3214.14 lb
 Total weight for all : 8473.145 lb

TRIDIM2D

Howc180-15

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	4.90E-03	-1.20E-01
3	9.79E-03	-1.85E-01
4	1.45E-02	-2.33E-01
5	1.90E-02	-2.70E-01
6	2.33E-02	-2.98E-01
7	2.74E-02	-3.19E-01
8	3.13E-02	-3.35E-01
9	3.50E-02	-3.46E-01
10	3.85E-02	-3.52E-01
11	4.18E-02	-3.55E-01
12	4.48E-02	-3.53E-01
13	4.77E-02	-3.47E-01
14	5.05E-02	-3.53E-01
15	5.36E-02	-3.55E-01
16	5.69E-02	-3.52E-01
17	6.01E-02	-3.46E-01
18	6.41E-02	-3.35E-01
19	6.80E-02	-3.19E-01

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	90.88093	7.50	105.51
2	90.88093	7.50	105.51
3	87.3226	7.50	105.51
4	83.65005	7.50	105.51
5	79.94677	7.50	105.51
6	76.1935	7.50	105.51
7	72.4087	7.50	105.51
8	68.57747	7.50	105.51
9	64.70548	7.50	105.51
10	60.79547	7.50	105.51
11	56.83892	7.50	105.51
12	52.8413	7.50	105.51
13	52.84103	7.50	105.51
14	56.83844	7.50	105.51
15	60.79478	7.50	105.51
16	64.7041	7.50	105.51
17	68.57526	7.50	105.51
18	72.40569	7.50	105.51
19	76.19104	7.50	105.51
20	79.94376	7.50	105.51
21	83.64642	7.50	105.51
22	87.31879	7.50	105.51
23	90.87695	7.50	105.51
24	90.87653	7.50	105.51
25	-94.07968	7.76	57.87331
26	-90.39306	7.76	57.87139
27	-86.59348	7.76	57.87331
28	-82.75802	7.76	57.87139
29	-78.87541	7.76	57.87331
30	-74.95587	7.76	57.87139
31	-70.99265	7.76	57.87331
32	-66.98409	7.76	57.87331
33	-62.93407	7.76	57.87139
34	-58.83927	7.76	57.87331
35	-54.69959	7.76	57.87139
36	-50.51497	7.76	57.87331

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-0.0081	25.2815
25	0.0000	25.2825

Number Material : 1 2L 5x3x5/16
 Number Material : 2 2L 3x5x3/8
 Number Material : 3 2L 2x3x3/16
 Number Material : 4 2L 3x5x1/4

Lampiran output data Atap I berdasarkan berat optimum

Total weight compression : 7920.846 lb
Total weight Tension : 4728.788 lb
Total weight for all : 12649.63 lb

Lampiran output data Atap II berdasarkan berat optimum

TRIDIM2D
Howe45-25
 JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	3.75E-03	-3.09E-02
3	7.50E-03	-3.78E-02
4	1.05E-02	-3.78E-02
5	1.35E-02	-3.73E-02
6	1.70E-02	-3.01E-02
7	2.05E-02	0.00E+00
8	1.17E-02	-3.08E-02
9	1.27E-02	-3.74E-02
10	1.04E-02	-3.58E-02
11	8.23E-03	-3.70E-02
12	9.25E-03	-3.01E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1 1	13.9157	7.50	143.77
2 1	13.9157	7.50	143.77
3 1	11.26257	7.50	143.77
4 1	10.86405	7.50	143.77
5 1	13.11863	7.50	143.77
6 1	13.11862	7.50	143.77
7 2	-13.69447	8.28	125.2238
8 2	-10.856	8.28	125.2302
9 2	-7.9963	8.28	125.2238
10 2	-8.43325	8.28	125.2238
11 2	-11.29018	8.28	125.2302
12 2	-14.12591	8.28	125.2238
13 3	0.39051	3.50	67.03515
14 3	1.64701	6.99	134.0895
15 3	5.0471	10.49	201.1246
16 3	1.46121	6.99	134.0895
17 3	0.39051	3.50	67.03515
18 4	-2.92735	8.28	158.6301
19 4	-3.65283	10.26	196.5955
20 4	-3.10787	10.26	196.5955
21 4	-2.48764	8.28	158.6301

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-1.5841	7.0122
7	0.0000	7.0076

Number Material : 1 2L 2x2x1/8
 Number Material : 2 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8

Total weight compression : 395.3905 lb
 Total weight Tension : 252.3708 lb
 Total weight for all : 647.7614 lb

TRIDIM2D
CWarren60-25
 JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	8.10E-03	-5.08E-02
3	1.30E-02	-7.01E-02
4	1.66E-02	-7.86E-02
5	1.90E-02	-7.99E-02
6	2.09E-02	-7.95E-02
7	2.34E-02	-7.78E-02
8	2.68E-02	-6.90E-02
9	3.16E-02	-4.97E-02

10	3.95E-02	0.00E+00
11	1.34E-02	-3.37E-02
12	2.22E-02	-6.19E-02
13	2.46E-02	-7.51E-02
14	2.35E-02	-7.97E-02
15	1.97E-02	-7.73E-02
16	1.61E-02	-7.91E-02
17	1.52E-02	-7.41E-02
18	1.77E-02	-6.07E-02
19	2.65E-02	-3.28E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1 1	25.63201	6.69	101.2728
2 1	22.51603	6.69	101.259
3 1	19.51058	6.69	101.2728
4 1	16.5117	6.69	101.2728
5 1	13.11703	6.67	100.8726
6 1	16.22781	6.69	101.2728
7 1	18.93807	6.69	101.2728
8 1	21.64031	6.69	101.259
9 1	24.35261	6.69	101.2728
10 2	-27.11577	3.68	55.64902
11 2	-24.85349	7.36	111.3181
12 2	-21.88135	7.36	111.3181
13 2	-18.75083	7.35	111.298
14 2	-15.57369	7.36	111.3181
15 2	-15.82335	7.36	111.3181
16 2	-18.80075	7.35	111.298
17 2	-21.72918	7.36	111.3181
18 2	-24.49044	7.36	111.3181
19 2	-26.61287	3.68	55.64902
20 3	-2.17273	3.47	66.56588
21 3	-2.52936	4.83	92.59184
22 3	-3.42425	6.88	131.9393
23 3	-4.45939	9.17	175.8641
24 3	-5.77464	12.12	232.393
25 3	-3.52704	9.72	186.3134
26 3	2.51888	7.40	141.8292
27 3	1.45099	5.27	100.9903
28 4	1.60968	5.27	100.9903
29 4	2.77037	7.40	141.8292
30 4	3.8765	9.72	186.3134
31 4	6.22462	12.12	232.393
32 4	-4.02156	9.17	175.8641
33 4	-3.07778	6.88	131.9393
34 4	-2.25584	4.83	92.59184
35 4	-1.85845	3.47	66.56587

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-0.9938	10.1600
10	0.0000	9.9120

Number Material : 1 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 2 2L 2x2.5x3/16
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8
 Number Material : 4 2L 2x2x1/8

Total weight compression : 524.8883 lb
 Total weight Tension : 558.8839 lb
 Total weight for all : 1083.772 lb

TRIDIM2D
CHowe75-25
 JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00

2	9.78E-03	-5.94E-02
3	1.64E-02	-8.27E-02
4	2.16E-02	-9.51E-02
5	2.56E-02	-1.00E-01
6	2.87E-02	-9.95E-02
7	3.18E-02	-9.93E-02
8	3.57E-02	-9.35E-02
9	4.07E-02	-8.08E-02
10	4.71E-02	-5.76E-02
11	5.64E-02	0.00E+00
12	2.38E-02	-5.93E-02
13	3.11E-02	-8.23E-02
14	3.36E-02	-9.42E-02
15	3.31E-02	-9.85E-02
16	2.83E-02	-9.27E-02
17	2.38E-02	-9.78E-02
18	2.35E-02	-9.27E-02
19	2.62E-02	-8.05E-02
20	3.34E-02	-5.75E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1 1	31.66175	7.53	116.1229
2 1	31.66174	7.53	116.1229
3 1	28.31128	7.53	116.1242
4 1	24.93022	7.53	116.1229
5 1	21.52981	7.53	116.1229
6 1	21.03723	7.53	116.1229
7 1	23.94499	7.53	116.1229
8 1	26.83356	7.53	116.1242
9 1	29.69147	7.53	116.1229
10 1	29.69159	7.53	116.1229
11 2	-32.26801	8.28	105.082
12 2	-28.67319	8.28	105.082
13 2	-25.04697	8.28	105.0873
14 2	-21.39634	8.28	105.082
15 2	-17.72652	8.28	105.082
16 2	-18.16343	8.28	105.082
17 2	-21.72863	8.28	105.082
18 2	-25.27472	8.28	105.0873
19 2	-28.79687	8.28	105.082
20 2	-32.28724	8.28	105.082
21 3	0.41091	2.84	54.46006
22 3	1.6978	5.68	108.9201
23 3	3.0	8.52	163.3802
24 3	4.30442	11.36	217.8403
25 3	13.23559	14.20	272.3003
26 3	3.74667	11.36	217.8403
27 3	2.62813	8.52	163.3802
28 3	1.51213	5.68	108.9201
29 3	0.41091	2.84	54.46006
30 4	-3.47679	7.81	118.2114
31 4	-4.05396	9.03	136.6119
32 4	-4.90927	10.87	164.4773
33 4	-5.937	13.07	197.8306
34 4	-5.08165	13.07	197.8306
35 4	-4.19801	10.87	164.4773
36 4	-3.46346	9.03	136.6119
37 4	-2.96586	7.81	118.2114

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-2.3761	12.1276
11	0.0000	12.1204

Number Material : 1 2L 2.5x2.5x3/16
 Number Material : 2 2L 2.5x3x1/4
 Number Material : 3 2L 2x2x1/8

Lampiran output data Atap II berdasarkan berat optimum

Number Material : 4 2L 2x2.5x3/16

Total weight compression : 1193.379 lb
 Total weight Tension : 696.6419 lb
 Total weight for all : 1890.021 lb

TRIDIM2D

CHowe90-25

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	1.06E-02	-6.68E-02
3	1.78E-02	-9.56E-02
4	2.36E-02	-1.13E-01
5	2.83E-02	-1.22E-01
6	3.21E-02	-1.25E-01
7	3.50E-02	-1.24E-01
8	3.80E-02	-1.24E-01
9	4.17E-02	-1.20E-01
10	4.63E-02	-1.11E-01
11	5.19E-02	-9.33E-02
12	5.88E-02	-6.48E-02
13	6.89E-02	0.00E+00
14	2.67E-02	-6.68E-02
15	3.60E-02	-9.53E-02
16	4.02E-02	-1.12E-01
17	4.12E-02	-1.21E-01
18	3.97E-02	-1.24E-01
19	3.45E-02	-1.18E-01
20	2.96E-02	-1.23E-01
21	2.85E-02	-1.19E-01
22	2.96E-02	-1.10E-01
23	3.39E-02	-9.31E-02
24	4.31E-02	-6.47E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	39.41886	7.53	96.21259
2	39.41885	7.53	96.21259
3	36.02952	7.53	96.2137
4	32.61322	7.53	96.21259
5	29.1649	7.53	96.21259
6	25.68945	7.53	96.21259
7	25.19719	7.53	96.21259
8	28.18016	7.53	96.21259
9	31.13619	7.53	96.21259
10	34.06029	7.53	96.2137
11	36.95747	7.53	96.21259
12	36.9575	7.53	96.21259
13	-40.35728	8.28	88.6629
14	-36.7217	8.28	88.66743
15	-33.05355	8.28	88.6629
16	-29.35137	8.28	88.6629
17	-25.62099	8.28	88.66743
18	-21.86186	8.28	88.6629
19	-22.29877	8.28	88.6629
20	-25.95394	8.28	88.66743
21	-29.58031	8.28	88.6629
22	-33.17797	8.28	88.6629
23	-36.74212	8.28	88.66743
24	-40.27363	8.28	88.6629
25	0.42371	2.84	42.99118
26	1.72982	5.68	85.99747
27	3.04984	8.52	128.9735
28	4.38435	11.36	171.9647
29	5.74085	14.21	214.971
30	16.70083	17.05	257.9622
31	4.99767	14.21	214.971

32	3	3.82693	11.36	171.9647
33	3	2.67821	8.52	128.9735
34	3	1.5443	5.68	85.99747
35	3	0.42383	2.84	42.99118
36	4	-3.51728	7.81	97.041
37	4	-4.09633	9.03	112.1531
38	4	-4.97845	10.87	135.0212
39	4	-6.03487	13.07	162.4013
40	4	-7.19781	15.49	192.3872
41	4	-6.18517	15.49	192.3872
42	4	-5.17989	13.07	162.4013
43	4	-4.26752	10.87	135.0212
44	4	-3.5062	9.03	112.1531
45	4	-3.00628	7.81	97.041

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-2.7722	14.8783
13	0.0000	14.8704

Number Material : 1 2L 3x3x3/16

Number Material : 2 2L 2.5x3.5x1/4

Number Material : 3 2L 2x2.5x3/16

Number Material : 4 2L 2x3x3/16

Total weight compression : 1664.174 lb

Total weight Tension : 1232.896 lb

Total weight for all : 2897.07 lb

TRIDIM2D

CHowe105-25

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISP	Y-DISP
1	0.00E+00	0.00E+00
2	1.12E-02	-7.32E-02
3	1.90E-02	-1.07E-01
4	2.54E-02	-1.29E-01
5	3.07E-02	-1.43E-01
6	3.51E-02	-1.51E-01
7	3.88E-02	-1.53E-01
8	4.16E-02	-1.51E-01
9	4.45E-02	-1.52E-01
10	4.81E-02	-1.49E-01
11	5.24E-02	-1.41E-01
12	5.76E-02	-1.27E-01
13	6.37E-02	-1.05E-01
14	7.12E-02	-7.10E-02
15	8.19E-02	0.00E+00
16	2.92E-02	-7.31E-02
17	4.06E-02	-1.07E-01
18	4.66E-02	-1.29E-01
19	4.92E-02	-1.42E-01
20	4.93E-02	-1.49E-01
21	4.72E-02	-1.51E-01
22	4.10E-02	-1.43E-01
23	3.51E-02	-1.50E-01
24	3.34E-02	-1.48E-01
25	3.37E-02	-1.40E-01
26	3.64E-02	-1.26E-01
27	4.25E-02	-1.05E-01
28	5.37E-02	-7.09E-02

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	48.47713	7.53	119.9782
2	48.47712	7.53	119.9782
3	44.99972	7.53	119.9782
4	41.46955	7.53	119.9796

5	1	37.90811	7.53	119.9782
6	1	34.31056	7.53	119.9782
7	1	30.68047	7.53	119.9782
8	1	30.18472	7.53	119.9782
9	1	33.31896	7.53	119.9782
10	1	36.42057	7.53	119.9782
11	1	39.48602	7.53	119.9796
12	1	42.52055	7.53	119.9782
13	1	45.50178	7.53	119.9782
14	1	45.50169	7.53	119.9782
15	2	-49.7938	8.26	77.44981
16	2	-46.06609	8.26	77.44981
17	2	-42.27944	8.26	77.44981
18	2	-38.45998	8.26	77.44981
19	2	-34.60052	8.26	77.44981
20	2	-30.70538	8.26	77.44981
21	2	-26.77321	8.26	77.44981
22	2	-27.2093	8.26	77.44981
23	2	-31.03384	8.26	77.44981
24	2	-34.82098	8.26	77.44981
25	2	-38.57221	8.26	77.44981
26	2	-42.28381	8.26	77.44981
27	2	-45.96208	8.26	77.44981
28	2	-49.58181	8.26	77.44981
29	3	0.43554	2.81	42.49181
30	3	1.7785	5.62	84.98361
31	3	3.12316	8.42	127.4754
32	3	4.50103	11.23	169.9521
33	3	5.8968	14.04	212.4439
34	3	7.31849	16.85	254.9357
35	3	20.65222	19.65	297.4275
36	3	6.39409	16.85	254.9357
37	3	5.15695	14.04	212.4439
38	3	3.94621	11.23	169.9521
39	3	2.75377	8.42	127.4754
40	3	1.59339	5.62	84.98361
41	3	0.43542	2.81	42.49181
42	4	-3.60394	7.80	83.59966
43	4	-4.21683	8.99	96.34019
44	4	-5.10679	10.80	115.6827
45	4	-6.19524	12.96	138.9063
46	4	-7.39716	15.34	164.3708
47	4	-8.68359	17.84	191.1828
48	4	-7.50842	17.84	191.1828
49	4	-6.3869	15.34	164.3708
50	4	-5.34107	12.96	138.9063
51	4	-4.39596	10.80	115.6827
52	4	-3.62452	8.99	96.34019
53	4	-3.08985	7.80	83.59966

REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-3.1677	17.9265
15	0.0000	17.9099

Number Material : 1 2L 3x2.5x1/4

Number Material : 2 2L 3x4x1/4

Number Material : 3 2L 2x2.5x3/16

Number Material : 4 2L 2.5x3.5x1/4

Total weight compression : 2786.961 lb

Total weight Tension : 1705.327 lb

Total weight for all : 4492.288 lb

TRIDIM2D

CHowe120-25

JOINT DISPLACEMENTS

Lampiran output data Atap II berdasarkan berat optimum

JOINT	X-DISP	Y-DISP								
1	0.00E+00	0.00E+00	33	3	0.44998	2.84	35.29192	22	3.46E-02	-8.54E-02
2	1.14E-02	-7.62E-02	34	3	1.82272	5.68	70.59627	23	5.07E-02	-1.31E-01
3	1.94E-02	-1.14E-01	35	3	3.18802	8.52	105.8882	24	6.10E-02	-1.63E-01
4	2.61E-02	-1.39E-01	36	3	4.59873	11.36	141.1677	25	6.75E-02	-1.86E-01
5	3.18E-02	-1.57E-01	37	3	6.02954	14.20	176.4596	26	7.12E-02	-2.03E-01
6	3.66E-02	-1.68E-01	38	3	7.49528	17.05	211.7639	27	7.27E-02	-2.15E-01
7	4.07E-02	-1.74E-01	39	3	8.98467	19.89	247.0559	28	7.22E-02	-2.22E-01
8	4.40E-02	-1.75E-01	40	3	24.69713	22.73	282.3478	29	7.01E-02	-2.25E-01
9	4.67E-02	-1.72E-01	41	3	7.86895	19.89	247.0559	30	6.63E-02	-2.23E-01
10	4.94E-02	-1.74E-01	42	3	6.56535	17.05	211.7639	31	5.83E-02	-2.12E-01
11	5.28E-02	-1.72E-01	43	3	5.28565	14.20	176.4596	32	5.06E-02	-2.22E-01
12	5.68E-02	-1.65E-01	44	3	4.04136	11.36	141.1677	33	4.72E-02	-2.23E-01
13	6.15E-02	-1.54E-01	45	3	2.81716	8.52	105.8882	34	4.54E-02	-2.19E-01
14	6.69E-02	-1.36E-01	46	3	1.63698	5.68	70.59627	35	4.53E-02	-2.12E-01
15	7.33E-02	-1.11E-01	47	3	0.44998	2.84	35.29192	36	4.69E-02	-2.00E-01
16	8.10E-02	-7.39E-02	48	4	-3.62593	7.81	73.23563	37	5.07E-02	-1.83E-01
17	9.19E-02	0.00E+00	49	4	-4.24987	9.03	84.64578	38	5.72E-02	-1.59E-01
18	3.07E-02	-7.61E-02	50	4	-5.16844	10.87	101.8988	39	6.73E-02	-1.27E-01
19	4.38E-02	-1.14E-01	51	4	-6.29106	13.07	122.5622	40	8.31E-02	-8.29E-02
20	5.14E-02	-1.39E-01	52	4	-7.5353	15.49	145.184			
21	5.55E-02	-1.56E-01	53	4	-8.85869	18.03	168.9881			
22	5.69E-02	-1.66E-01	54	4	-10.25516	20.64	193.525			
23	5.61E-02	-1.72E-01	55	4	-8.90466	20.64	193.525			
24	5.34E-02	-1.72E-01	56	4	-7.67863	18.03	168.9881			
25	4.60E-02	-1.62E-01	57	4	-6.52143	15.49	145.184			
26	3.89E-02	-1.71E-01	58	4	-5.43565	13.07	122.5622			
27	3.66E-02	-1.70E-01	59	4	-4.45799	10.87	101.8988			
28	3.61E-02	-1.64E-01	60	4	-3.65982	9.03	84.64578			
29	3.77E-02	-1.53E-01	61	4	-3.1153	7.81	73.23563			
30	4.19E-02	-1.36E-01								
31	4.94E-02	-1.11E-01								
32	6.22E-02	-7.38E-02								

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)			
MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	56.83206	7.53	98.84422
2	56.83206	7.53	98.84422
3	53.33762	7.53	98.84422
4	49.79453	7.53	98.84537
5	46.21401	7.53	98.84422
6	42.5911	7.53	98.84422
7	38.92781	7.53	98.84422
8	35.22766	7.53	98.84422
9	34.73507	7.53	98.84422
10	37.94213	7.53	98.84422
11	41.11268	7.53	98.84422
12	44.24281	7.53	98.84422
13	47.33155	7.53	98.84537
14	50.38238	7.53	98.84422
15	53.38514	7.53	98.84422
16	53.38499	7.53	98.84422
17	-58.62375	8.28	79.44197
18	-54.8738	8.28	79.44601
19	-51.06384	8.28	79.44197
20	-47.21696	8.28	79.44197
21	-43.32275	8.28	79.44197
22	-39.38651	8.28	79.44601
23	-35.40632	8.28	79.44197
24	-31.38337	8.28	79.44197
25	-31.82009	8.28	79.44197
26	-35.73868	8.28	79.44197
27	-39.61482	8.28	79.44601
28	-43.44666	8.28	79.44197
29	-47.23592	8.28	79.44197
30	-50.97859	8.28	79.44197
31	-54.68444	8.28	79.44601
32	-58.33013	8.28	79.44197

REACTIONS			
JOINT	RX	RY	
1	-3.5639	21.1069	
17	0.0000	21.0962	

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)			
MEMBER	FORCE	LENGTH	KL/r
1	77.09505	7.53	71.1367
2	77.09508	7.53	71.1367
3	73.49837	7.53	71.13753
4	69.84326	7.53	71.1367
5	66.12106	7.53	71.1367
6	62.34464	7.53	71.1367
7	58.51033	7.53	71.1367
8	54.62421	7.53	71.13753
9	50.68132	7.53	71.1367
10	46.67598	7.53	71.1367
11	46.18321	7.53	71.1367
12	49.69534	7.53	71.1367
13	53.14611	7.53	71.13753
14	56.54025	7.53	71.1367
15	59.88261	7.53	71.1367
16	63.16643	7.53	71.1367
17	66.39656	7.53	71.1367
18	69.55947	7.53	71.13753
19	72.66437	7.53	71.1367
20	72.6646	7.53	71.1367
21	-80.02113	8.28	61.67854
22	-76.15855	8.28	61.68169
23	-72.22617	8.28	61.67854
24	-68.22227	8.28	61.67854
25	-64.15887	8.28	61.67854
26	-60.03543	8.28	61.68169
27	-55.84922	8.28	61.67855
28	-51.60524	8.28	61.67854
29	-47.29416	8.28	61.68169
30	-42.91656	8.28	61.67854
31	-43.35312	8.28	61.67854
32	-47.6269	8.28	61.68169
33	-51.83427	8.28	61.67854
34	-55.9745	8.28	61.67855
35	-60.05703	8.28	61.68169
36	-64.07645	8.28	61.67854
37	-68.03436	8.28	61.67854
38	-71.9335	8.28	61.67854
39	-75.76289	8.28	61.68169
40	-79.52142	8.28	61.67854
41	0.48481	2.84	26.63438
42	1.90062	5.68	53.27812
43	3.34486	8.52	79.90312
44	4.82012	11.36	106.5375
45	6.33713	14.20	133.1719
46	7.90412	17.05	159.8156

TRIDIM2D			
CHowe150-25 JOINT DISPLACEMENTS			
JOINT	X-DISP	Y-DISP	
1	0.00E+00	0.00E+00	
2	1.23E-02	-8.54E-02	
3	2.11E-02	-1.31E-01	
4	2.85E-02	-1.63E-01	
5	3.49E-02	-1.87E-01	
6	4.06E-02	-2.04E-01	
7	4.55E-02	-2.16E-01	
8	4.98E-02	-2.24E-01	
9	5.35E-02	-2.27E-01	
10	5.66E-02	-2.26E-01	
11	5.91E-02	-2.22E-01	
12	6.17E-02	-2.25E-01	
13	6.48E-02	-2.25E-01	
14	6.85E-02	-2.21E-01	
15	7.27E-02	-2.13E-01	
16	7.75E-02	-2.01E-01	
17	8.30E-02	-1.83E-01	
18	8.92E-02	-1.60E-01	
19	9.63E-02	-1.28E-01	
20	1.05E-01	-8.29E-02	
21	1.17E-01	0.00E+00	

Lampiran output data Atap II berdasarkan berat optimum

47	3	9.49603	19.89	186.45
48	3	11.15767	22.73	213.075
49	3	12.86184	25.57	239.7188
50	3	34.32276	28.41	266.3531
51	3	11.37398	25.57	239.7188
52	3	9.85694	22.73	213.075
53	3	8.38229	19.89	186.45
54	3	6.97618	17.05	159.8156
55	3	5.59382	14.20	133.1719
56	3	4.26256	11.36	106.5375
57	3	2.97332	8.52	79.90312
58	3	1.71557	5.68	53.27812
59	3	0.48507	2.84	26.63438
60	4	-3.73292	7.81	57.86519
61	4	-4.38197	9.03	66.8765
62	4	-5.37392	10.87	80.51265
63	4	-6.55759	13.07	96.83929
64	4	-7.88722	15.49	114.7133
65	4	-9.30566	18.03	133.5214
66	4	-10.80909	20.64	152.9018
67	4	-12.4016	23.31	172.6773
68	4	-14.03875	26.02	192.7289
69	4	-12.33565	26.02	192.7289
70	4	-10.87555	23.31	172.6773
71	4	-9.45918	20.64	152.9018
72	4	-8.12753	18.03	133.5214
73	4	-6.87542	15.49	114.7133
74	4	-5.70219	13.07	96.83929
75	4	-4.66352	10.87	80.51265
76	4	-3.79238	9.03	66.8765
77	4	-3.2224	7.81	57.86519

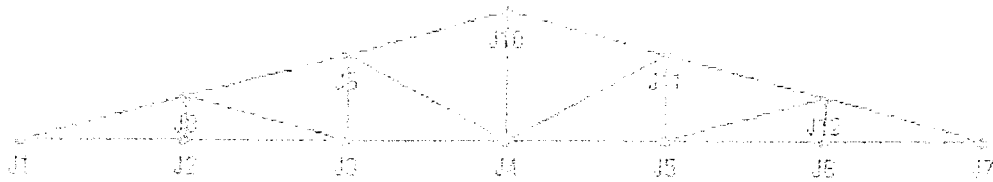
REACTIONS

JOINT	RX	RY
1	-4.3569	28.4104
21	0.0000	28.3983

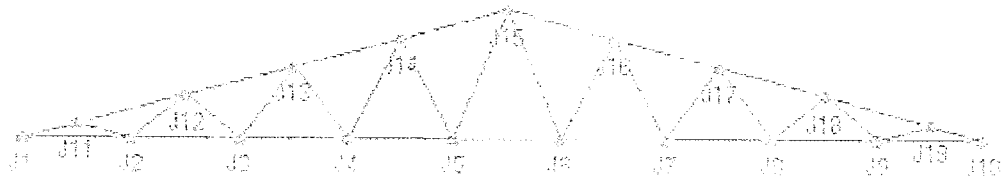
Number Material : 1 2L 3x4x5/16
 Number Material : 2 2L 3x5x5/16
 Number Material : 3 2L 3x4x1/4
 Number Material : 4 2L 3x5x1/4

Total weight compression : 6522.929 lb
 Total weight Tension : 5463.916 lb
 Total weight for all : 11986.84 lb

Lampiran gambar struktur Atap I berdasarkan berat optimum



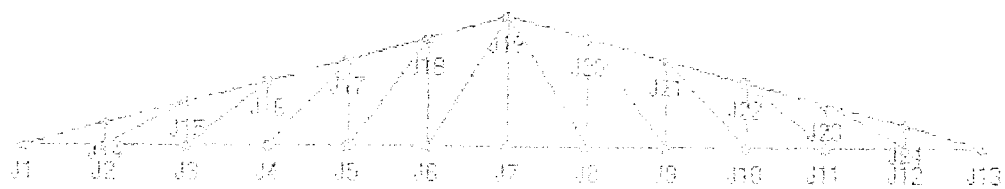
Howe 45



Warren 60



Warren 75



Pratt 90

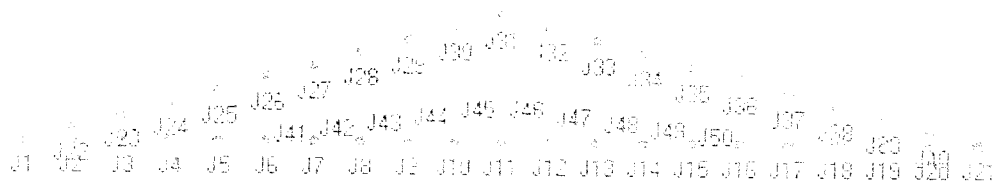
Lampiran gambar struktur Atap I berdasarkan berat optimum



Warren 105



Howe 120

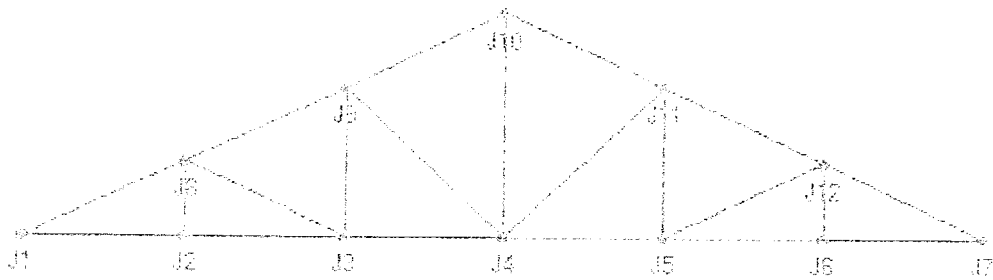


Howe 150 modifikasi

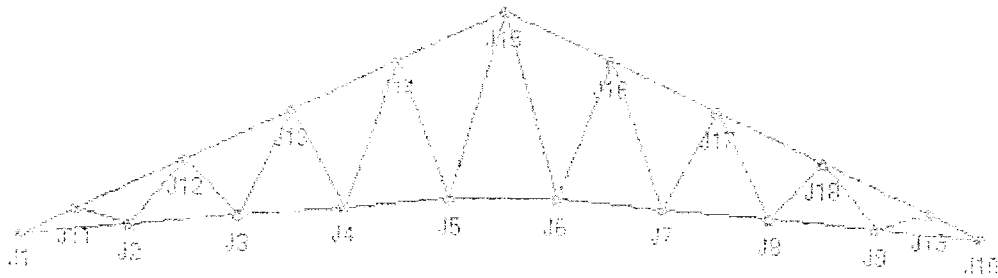


Howe 180 modifikasi

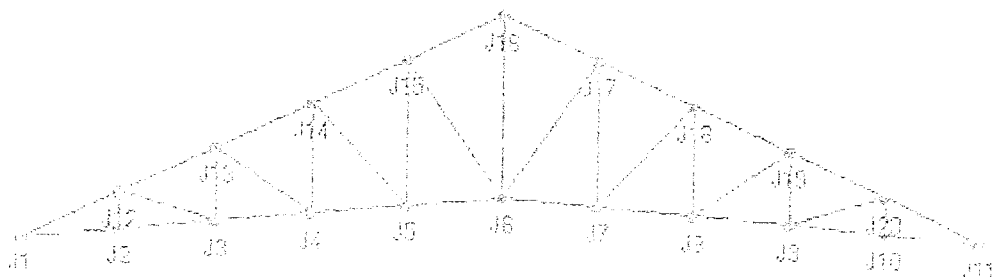
Lampiran gambar struktur Atap II berdasarkan berat optimum



Howe 45



Cwarren 60

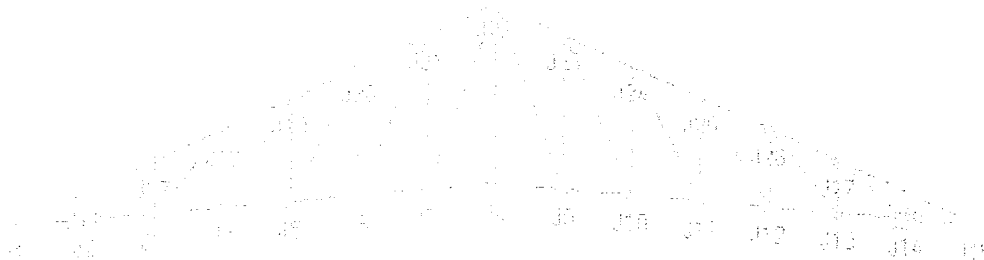


Chowe75

Lampiran gambar struktur Atap IT berdasarkan berat optimum



Chowe 90

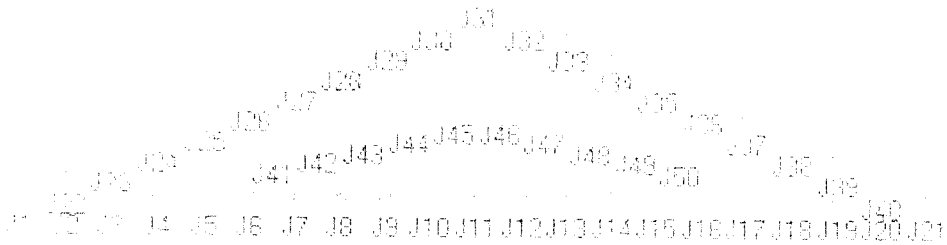


Chowe 105

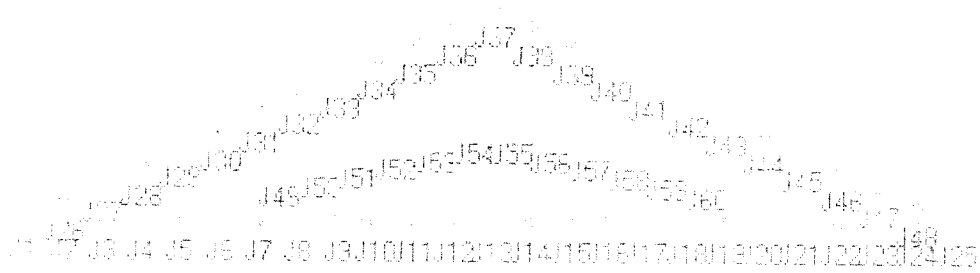


Chowe 120

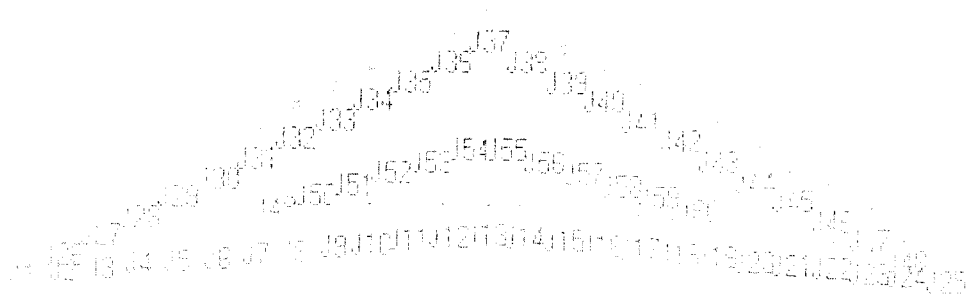
Lampiran gambar struktur Atap II berdasarkan berat optimum



Howe 150 modifikasi



Howe 180 modifikasi



Chowe 180 modifikasi

Lampiran data base profil AISI

Urut	FI	BERAT	LUAS	LShor	LSver	tebalsayap	lx	Sx	rx	ry
1	2L	3.3	0.96	2	2	0.125	0.38	0.261	0.626	0.831
2	2L	4.88	1.43	2	2	0.1875	0.545	0.381	0.617	0.84
3	2L	5.5	1.62	2	2.5	0.1875	1.02	0.586	0.793	0.79
4	2L	5.5	1.62	2.5	2	0.1875	0.583	0.392	0.6	1.1
5	2L	6.14	1.8	2.5	2.5	0.1875	1.09	0.606	0.778	1.04
6	2L	6.14	1.8	3	2	0.1875	0.613	0.401	0.583	1.37
7	2L	6.14	1.8	2	3	0.1875	1.68	0.83	0.966	0.749
8	2L	6.38	1.88	2	2	0.25	0.695	0.494	0.609	0.849
9	2L	6.77	1.99	2.5	3	0.1875	1.81	0.859	0.954	0.993
10	2L	6.77	1.99	3	2.5	0.1875	1.15	0.62	0.761	1.3
11	2L	7.24	2.13	2.5	2	0.25	0.745	0.509	0.592	1.11
12	2L	7.24	2.13	2	2.5	0.25	1.31	0.763	0.784	0.799
13	2L	7.42	2.18	3	3	0.1875	1.92	0.882	0.939	1.25
14	2L	7.84	2.3	2	2	0.3125	0.832	0.6	0.601	0.859
15	2L	8.2	2.38	2	3	0.25	2.17	1.08	0.957	0.757
16	2L	8.2	2.38	3	2	0.25	0.784	0.52	0.574	1.38
17	2L	8.2	2.38	2.5	2.5	0.25	1.41	0.789	0.769	1.05
18	2L	9	2.63	3	2.5	0.25	1.49	0.808	0.753	1.31
19	2L	9	2.63	2.5	3	0.25	2.35	1.12	0.945	1
20	2L	9	2.62	2.5	2	0.3125	0.893	0.62	0.584	1.12
21	2L	9	2.62	2	2.5	0.3125	1.58	0.932	0.776	0.809
22	2L	9.4	2.72	2	2	0.375	0.958	0.702	0.594	0.87
23	2L	9.8	2.88	2.5	3.5	0.25	3.6	1.51	1.12	0.958
24	2L	9.8	2.88	3	3	0.25	2.49	1.15	0.93	1.26
25	2L	9.8	2.88	3.5	2.5	0.25	1.55	0.824	0.735	1.58
26	2L	10	2.93	2.5	2.5	0.3125	1.7	0.964	0.761	1.06
27	2L	10	2.93	2	3	0.3125	2.63	1.33	0.948	0.767
28	2L	10	2.93	3	2	0.3125	0.941	0.634	0.567	1.39
29	2L	10.6	3.09	2	2.5	0.375	1.82	1.09	0.768	0.819
30	2L	10.6	3.09	2.5	2	0.375	1.03	0.725	0.577	1.13
31	2L	10.8	3.13	3.5	3	0.25	2.61	1.18	0.914	1.52
32	2L	10.8	3.13	3	3.5	0.25	3.83	1.55	1.11	1.2
33	2L	11.6	3.38	3	4	0.25	6	2	1.28	1.16
34	2L	11.6	3.38	3.5	3.5	0.25	4	1.59	1.09	1.46
35	2L	11.6	3.38	4	3	0.25	3	1.2	0.896	1.78
36	2L	11.8	3.47	2.5	2.5	0.375	2	1.13	0.753	1.07
37	2L	11.8	3.47	3	2	0.375	1	0.743	0.559	1.4
38	2L	11.8	3.47	2	3	0.375	3	1.56	0.94	0.777
39	2L	12.2	3.55	3	3	0.3125	3	1.41	0.922	1.26
40	2L	12.4	3.63	4	3.5	0.25	4	1.62	1.07	1.72
41	2L	12.4	3.63	3.5	4	0.25	6	2.05	1.27	1.41
42	2L	13.2	3.84	2.5	3	0.375	3	1.62	0.928	1.02
43	2L	13.2	3.84	3	2.5	0.375	2	1.16	0.736	1.33
44	2L	13.2	3.87	3.5	3	0.3125	3	1.44	0.905	1.52
45	2L	13.2	3.87	3	3.5	0.3125	5	1.91	1.1	1.21
46	2L	13.2	3.88	4	4	0.25	6	2.09	1.25	1.66
47	2L	13.2	3.88	3	5	0.25	10	3.06	1.62	1.08

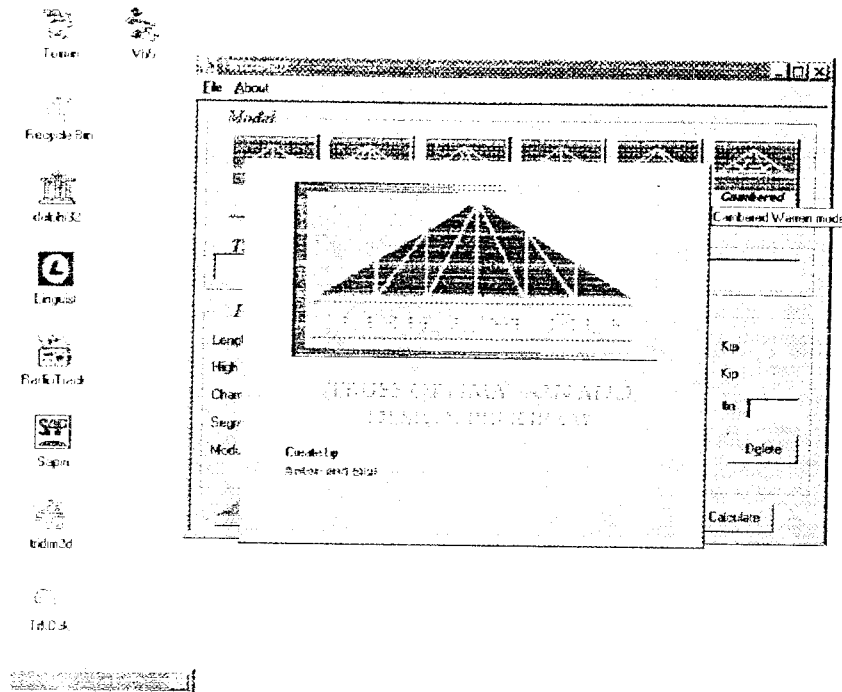
Lampiran data base profil AISC

48 2L	13.2	3.88	5	3	0.25	3	1.23	0.861	2.32
49 2L	14.4	4.18	3	4	0.3125	7	2.47	1.27	1.17
50 2L	14.4	4.18	4	3	0.3125	3	1.47	0.887	1.79
51 2L	14.4	4.18	3.5	3.5	0.3125	5	1.95	1.08	1.47
52 2L	14.4	4.22	3.5	2.5	0.375	2	1.18	0.719	1.6
53 2L	14.4	4.22	3	3	0.375	4	1.67	0.913	1.27
54 2L	14.4	4.22	2.5	3.5	0.375	5	2.19	1.1	0.976
55 2L	15.4	4.49	3.5	4	0.3125	7	2.53	1.26	1.42
56 2L	15.4	4.49	4	3.5	0.3125	5	1.99	1.07	1.73
57 2L	15.8	4.59	3.5	3	0.375	4	1.7	0.897	1.53
58 2L	15.8	4.59	3	3.5	0.375	5	2.25	1.09	1.22
59 2L	16.4	4.8	5	3	0.3125	3	1.51	0.853	2.33
60 2L	16.4	4.8	4	4	0.3125	7	2.58	1.24	1.67
61 2L	16.4	4.8	3	5	0.3125	12	3.77	1.61	1.09
62 2L	17	4.97	3.5	3.5	0.375	6	2.3	1.07	1.48
63 2L	17	4.97	4	3	0.375	4	1.73	0.879	1.8
64 2L	17	4.97	3	4	0.375	8	2.92	1.26	1.18
65 2L	17.4	5.12	5	3.5	0.3125	5	2.04	1.03	2.26
66 2L	17.4	5.12	3.5	5	0.3125	13	3.87	1.61	1.33
67 2L	18.2	5.34	4	3.5	0.375	6	2.35	1.06	1.74
68 2L	18.2	5.34	3.5	4	0.375	8	2.99	1.25	1.42
69 2L	18.8	5.5	3	3	0.5	4	2.14	0.898	1.29
70 2L	19.6	5.72	3	5	0.375	15	4.47	1.61	1.1
71 2L	19.6	5.72	4	4	0.375	9	3.05	1.23	1.68
72 2L	19.6	5.72	5	3	0.375	4	1.78	0.845	2.34
73 2L	19.6	5.74	6	3.5	0.3125	6	2.08	0.996	2.8
74 2L	19.6	5.74	3.5	6	0.3125	22	5.47	1.95	1.26
75 2L	20.6	6.05	5	5	0.3125	15	4.08	1.57	2.08
76 2L	20.8	6.09	5	3.5	0.375	6	2.41	1.02	2.27
77 2L	20.8	6.09	3.5	5	0.375	16	4.59	1.6	1.34
78 2L	22.2	6.5	4	3	0.5	5	2.23	0.864	1.82
79 2L	22.2	6.5	3	4	0.5	10	3.78	1.25	1.2
80 2L	23.4	6.84	3.5	6	0.375	26	6.49	1.94	1.26
81 2L	23.4	6.84	6	3.5	0.375	7	2.46	0.988	2.81
82 2L	23.8	7	3.5	4	0.5	11	3.87	1.23	1.44
83 2L	23.8	7	4	3.5	0.5	8	3.03	1.04	1.76
84 2L	24.6	7.22	6	4	0.375	10	3.21	1.17	2.74
85 2L	24.6	7.22	5	5	0.375	18	4.84	1.56	2.09
86 2L	24.6	7.22	4	6	0.375	27	6.64	1.93	1.5
87 2L	25.6	7.5	4	4	0.5	11	3.95	1.22	1.7
88 2L	25.6	7.5	3	5	0.5	19	5.82	1.59	1.12
89 2L	25.6	7.5	5	3	0.5	5	2.29	0.829	2.36
90 2L	27.2	7.97	7	4	0.375	10	3.26	1.13	3.28
91 2L	27.2	7.97	4	7	0.375	41	8.88	2.27	1.43
92 2L	27.2	8	3.5	5	0.5	20	5.97	1.58	1.35
93 2L	27.2	8	5	3.5	0.5	8	3.12	1.01	2.29
94 2L	29.8	8.72	6	6	0.375	31	7.06	1.88	2.49
95 2L	31.4	9.22	4	4	0.625	13	4.8	1.2	1.72
96 2L	32.4	9.5	5	5	0.5	22	6.31	1.54	2.1
97 2L	32.4	9.5	6	4	0.5	12	4.16	1.15	2.76

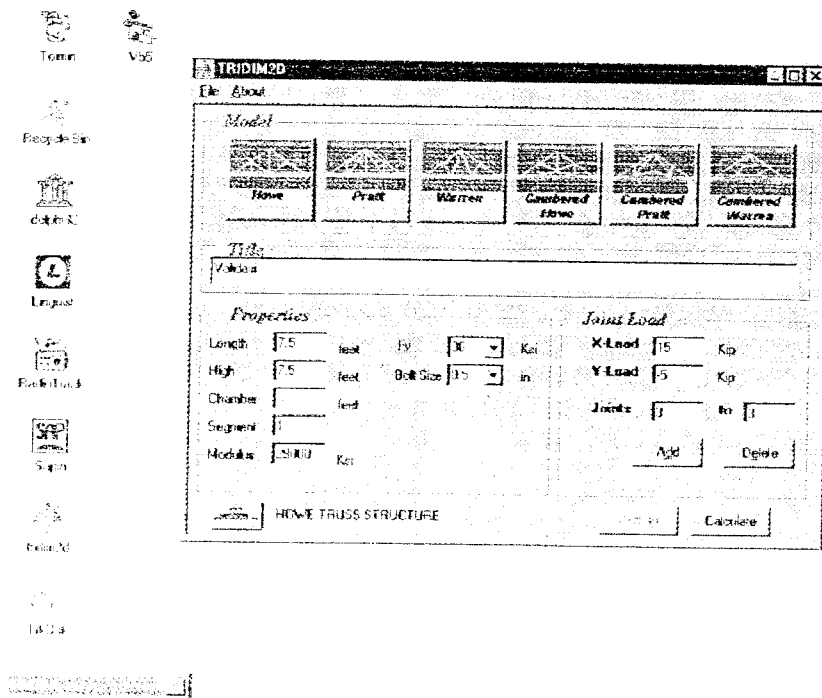
Lampiran data base profil AISC

98 2L	32.4	9.5	4	6	0.5	35	8.67	1.91	1.51
99 2L	35.8	10.5	7	4	0.5	13	4.23	1.11	3.3
100 2L	35.8	10.5	4	7	0.5	53	11.6	2.25	1.44
101 2L	37	10.9	4	4	0.75	15	5.62	1.19	1.74
102 2L	39.2	11.5	6	6	0.5	40	9.23	1.86	2.51
103 2L	39.2	11.5	4	8	0.5	77	15	2.59	1.38
104 2L	39.2	11.5	8	4	0.5	14	4.29	1.08	3.86
105 2L	39.6	11.6	3.5	5	0.75	28	8.55	1.55	1.4
106 2L	39.6	11.6	5	3.5	0.75	11	4.43	0.977	2.33
107 2L	40	11.7	6	4	0.625	15	5.07	1.13	2.78
108 2L	40	11.7	4	6	0.625	42	10.6	1.9	1.53
109 2L	46	13.5	6	8	0.5	89	16	2.56	2.32
110 2L	46	13.5	8	6	0.5	43	9.58	1.79	3.56
111 2L	47.2	13.9	5	5	0.75	32	9.06	1.51	2.14
112 2L	47.2	13.9	6	4	0.75	17	5.94	1.12	2.8
113 2L	47.2	13.9	4	6	0.75	49	12.5	1.88	1.55
114 2L	48.4	14.2	6	6	0.625	48	11.3	1.84	2.53
115 2L	52.4	15.4	4	7	0.75	76	16.8	2.22	1.48
116 2L	52.4	15.4	7	4	0.75	18	6.05	1.09	3.35
117 2L	52.8	15.5	8	8	0.5	97	16.7	2.5	3.32
118 2L	54.4	16	5	5	0.875	36	10.3	1.49	2.16
119 2L	57.4	16.9	6	6	0.75	56	13.3	1.83	2.55
120 2L	57.4	16.9	8	4	0.75	19	6.14	1.05	3.9
121 2L	57.4	16.9	4	8	0.75	109	21.8	2.55	1.42
122 2L	65.4	19.2	8	8	0.625	118	20.6	2.49	3.34
123 2L	66.2	19.5	6	6	0.875	64	15.3	1.81	2.57
124 2L	67.6	19.9	8	6	0.75	61	13.8	1.76	3.6
125 2L	67.6	19.9	6	8	0.75	126	23.3	2.53	2.35
126 2L	74.8	22	4	8	1	139	28.1	2.52	1.47
127 2L	74.8	22	6	6	1	71	17.1	1.8	2.59
128 2L	74.8	22	8	4	1	23	7.88	1.03	3.95
129 2L	77.8	22.9	8	8	0.75	139	24.4	2.47	3.36
130 2L	88.4	26	6	8	1	161	30.2	2.49	2.39
131 2L	88.4	26	8	6	1	78	17.8	1.73	3.64
132 2L	90	26.5	8	8	0.875	159	28	2.45	3.38
133 2L	102	30	8	8	1	177	31.6	2.44	3.4
134 2L	114	33.5	8	8	1.125	195	35.1	2.42	3.42

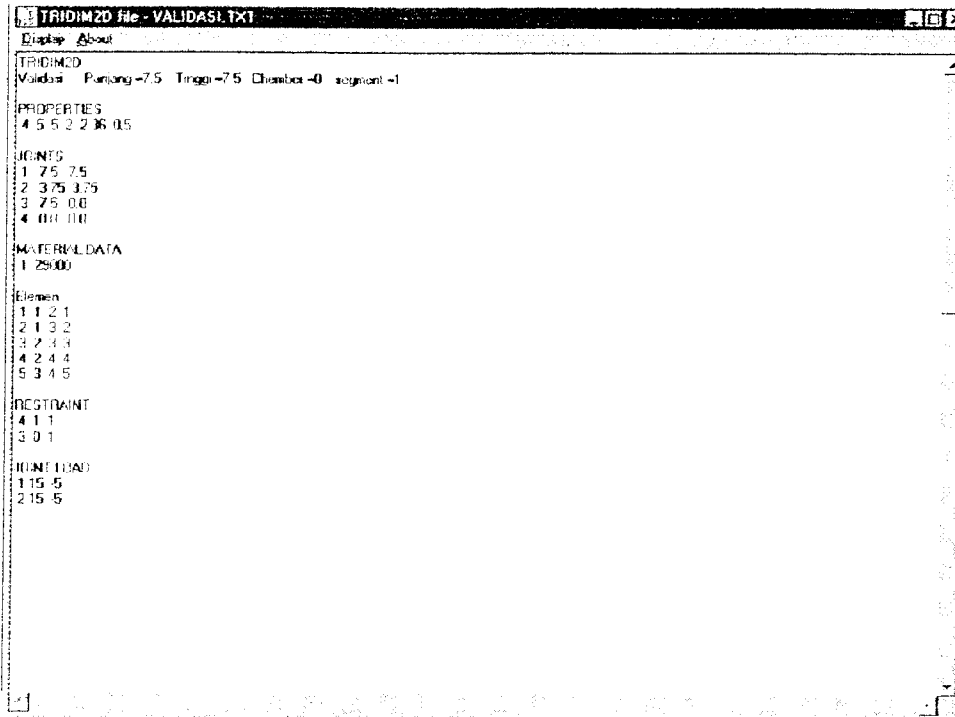
Lampiran Program Aplikasi



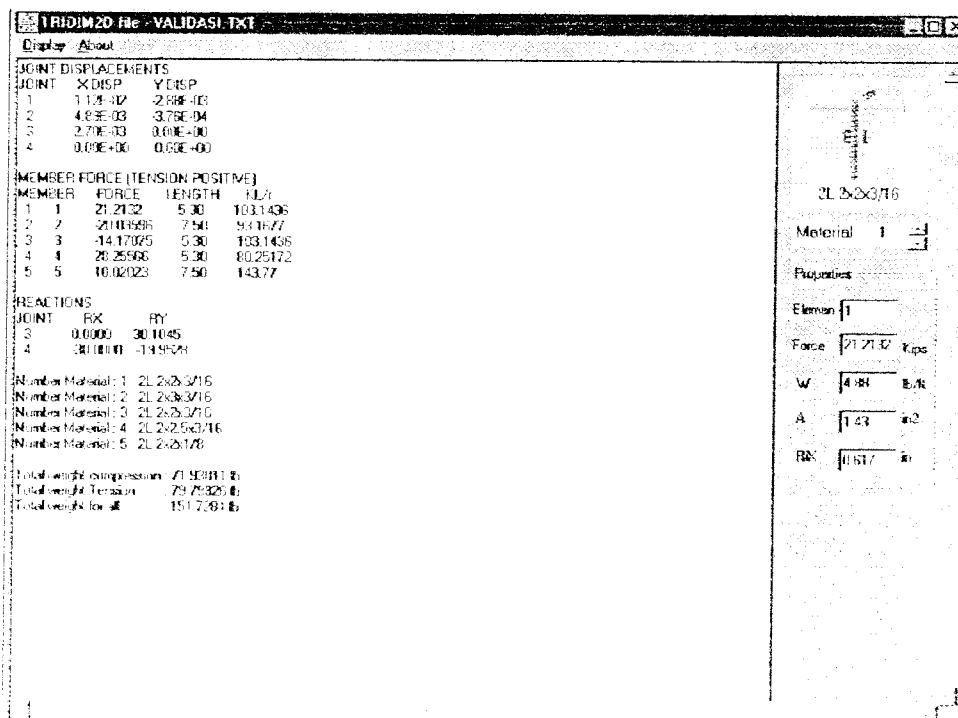
Splash program "TRIDIM2D"



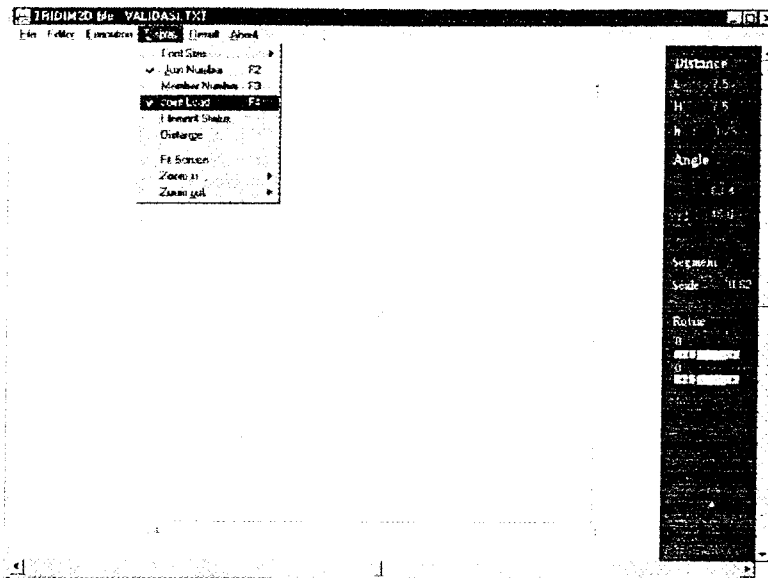
Input data program "TRIDIM2D"



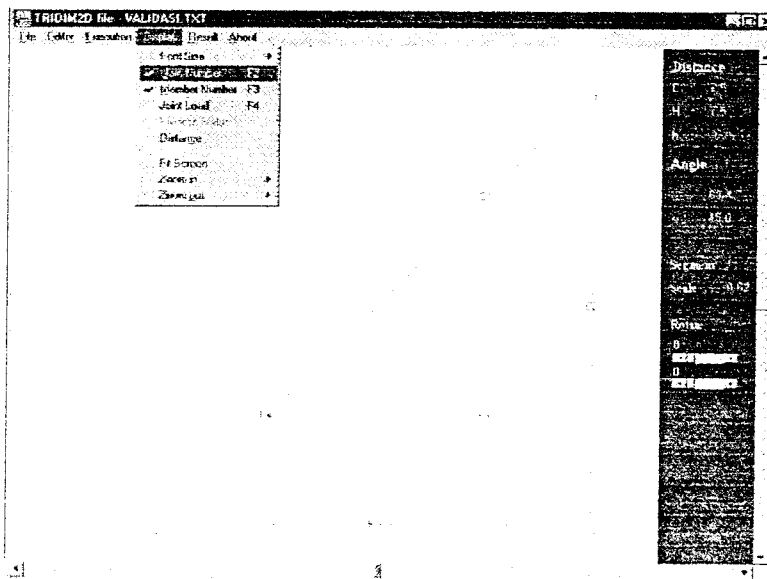
Edit Input program "TRIDIM2D"



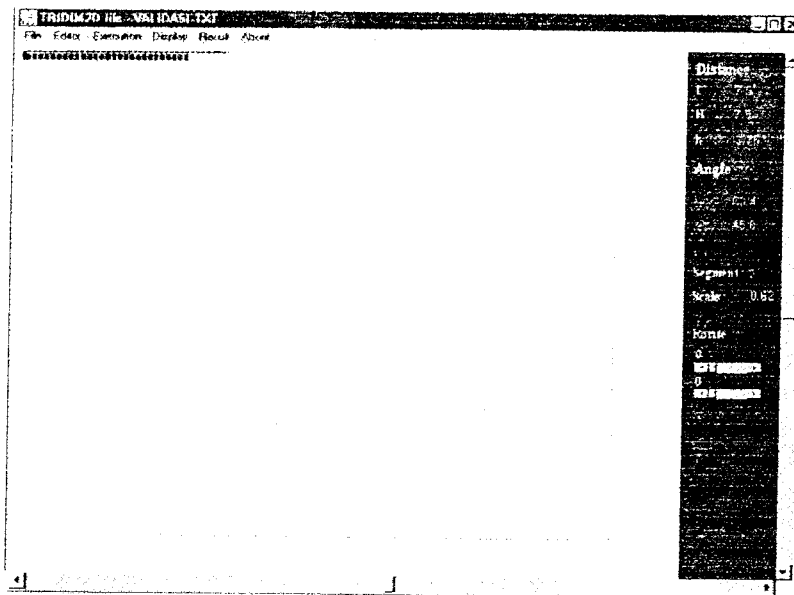
Hasil hitungan program "TRIDIM2D"



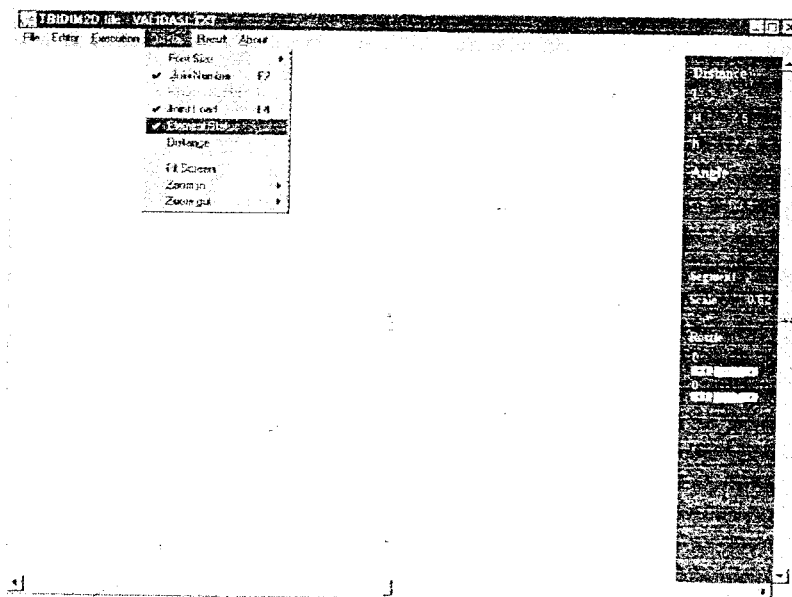
View Joint dan Load Joint program "TRIDIM2D"



View Joint dan Member program "TRIDIM2D"



Eksekusi program "TRIDIM2D"



View status batang program "TRIDIM2D"