PERPUSTAKAAN FTSP UII
TGL. TERIMA : 5 Maret 2007
NO. JUDUL : 00 2262
NO. INV. : 5120002262001
NO. INDUK :

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERILAKU KUDA-KUDA TRIPLE FINK DAN TRIPLE FAN DARI PROFIL C BENTUKAN DINGIN TERHADAP PEMBEBANAN STATIS

PERPUSTAKAAN FTSP UII YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Nugroho Condro Sumpeno

95 310 192

Joko Dwiyana Santoso

97 511 149

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERILAKU KUDA-KUDA TRIPLE FINK DAN TRIPLE FAN DARI PROFIL C BENTUKAN DINGIN TERHADAP PEMBEBANAN STATIS

Disusun oleh :

Nugroho Condro Sumpeno
95 310 192

Joko Dwiyana Santoso
97 511 149

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Dr. Ir. H. Harsoyo, MSc)	(Ir. Fatkhurrohman N, MS)

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2006

KATA PENGANTAR

Assalamu ' alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya hingga penyusun dapat melaksanakan serta menyusun laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat menempuh jenjang pendidikan Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam menyusun laporan, sebelumnya penyusun telah melakukan pengujian pada Laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama melaksanakan dan menyusun laporan Tugas akhir, penyusun mendapatkan banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Ir.H.Widodo,MSCE,Ph.D,.selaku Dekan fakultas Teknik sipil dan perencanaanUniversitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS. selaku ketua jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak DR.IR.H.Harsoyo, Msc. selaku dosen pembibing I,
4. Bapak Ir.Fatkhurhman NS, MT. selaku dosen pembimbing II,

5. Reka–rekan yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan kepada penyusun, serta semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya Tugas akhir ini, yang telah mungkin penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas akhir ini belum dapat dikatakan sempurna dikarena masih terdapat banyak kekurangan .Oleh karena itu , dalam kesempatan ini penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaaan laporan Tugas akhir ini .penyusun berharap semoga laporan Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr.wb

Yogyakarta , Agustus 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Pengesahan ii
Kata Pengantar iii
Daftar Isi v
Daftar Tabel viii
Daftar Gambar ix
Daftar Lampiran x

BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4

BAB II Tinjauan Pustaka 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Rangka Batang 6
2.3 Kuda-kuda Rangka Batang 7

BAB III Landasan Teori 9
3.1 Landasan Umum 9
3.2 Analisa Rangka Batang 10
3.2.1 Batang Tarik 12
3.2.2 Luas Tampang Netto 12
3.2.3 Kuat Tarik 15
3.2.4 Batang Tekan 15
3.2.5 Kuat Tekan 16
3.2.6 Tekuk 17

3.3 Lendutan 21
3.3.1 Lendutan Pada Rangka Batang 22
3.3.2 Hubungan Beban-Lendutan 23
3.4 Hubungan Momen-Kelengkungan 24
3.5 Sambungan 26
3.5.1 Tegangan Nominal 26
3.5.2 Kekuatan Geser 27
3.5.3 Sambungan Tipe Geser 28

BAB IV Metode Penelitian 31
4.1 Pendahuluan 31
4.2 Persiapan bahan dan alat 32
4.2.1 Bahan 32
4.2.2 Alat 32
4.3 Pembuatan Rangka Baja 33
4.4 Pengujian Sampel 35
4.4.1 Pengujian Kuat Tarik Baja 35
4.4.2 Pengujian Pembebanan 35

BAB V Hasil Penelitian 37
5.1 Pendahuluan 37
5.2 Hubungan Beban-Lendutan 38
5.2.1 Grafik Beban-Lendutan Hasil Analisa SAP 50
5.2.2 Grafik Beban-Lendutan Hasil Pengujian dan Analisa SAP 53
5.3 Kekakuan Struktur Benda Uji 54
5.3.1 Kekakuan Rangka Kuda-kuda Triple Fink 54
5.3.2 Kekakuan Rangka Kuda-kuda Triple Fan 55
5.3.3 Perbandingan Hasil Pengujian 56
5.4 Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian 56
5.4.1 Analisis Rangka Batang Hasil Pengujian 65
5.5 Uji Tarik Profil 66

5.6 Uji Geser Baut 67

BAB VI Pembahasan 68
6.1 Analisis Batang Tekan 69
6.1.1 Profil C 73,5 x 38,4 x 9 x 1,4 69
6.1.2 Profil C 59 x 24,5 x 9 x 1 71
6.2 Tinjauan Tekuk Lokal 79

BAB VII Kesimpulan dan Saran 80
7.1 Kesimpulan 80
7.2 Saran 80

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Angka Kelangsingan Maksimum Untuk Batang Tarik 14
Tabel 5.1 Hubungan Beban – Lendutan Kuda – Kuda Triple Fink 38
Tabel 5.2 Hubungan Beban – Lendutan Kuda – Kuda Triple Fan 43
Tabel 5.3 Beban - Lendutan Triple Fink Hasil Hasil Analisa SAP 50
Tabel 5.4 Beban – Lendutan Triple Fan Hasil Analisa SAP 51
Tabel 5.5 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fink 57
Tabel 5.6 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fan 60
Tabel 6.1 Kapasitas Dukung Profil Pada Kuda – Kuda Triple Fink 74
Tabel 6.2 Kapasitas Dukung Profil Pada Kuda – Kuda Triple Fan 75
Tabel 6.3 Gaya Aksial Yang Terjadi Pada Setiap Pembebanan Kuda-Kuda Triple Fink 76
Tabel 6.4 Gaya Aksial Yang Terjadi Pada Setiap Pembebanan Kuda-Kuda Triple Fan 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bentuk Kuda-Kuda Triple Fan dan Triple Fink 10
Gambar 3.2 Reaksi Peletakan Terhadap Beban Yang Bekerja 11
Gambar 3.3 Metode Titik Buhul Untuk Mencari Gaya Batang 11
Gambar 3.4 Penampang Netto 13
Gambar 3.5 Garis Keruntuhan Pada Penampang Netto 13
Gambar 3.6 Profil Lipped Channel 17
Gambar 3.7 Koefisien Tekuk Elastis Untuk Tekanan Pada Pelat Segi Empat Datar ... 19
Gambar 3.8 Jangkauan Kekuatan Batang Tekan 20
Gambar 3.9 Grafik Hubungan Beban – Lendutan 23
Gambar 3.10 Rangka Kuda – Kuda Yang Diberi Beban Aksial Sehingga Terjadi Lendutan 24
Gambar 3.12 Hubungan Momen – Kelengkungan 25
Gambar 4.1 Bagan Alir Metode Penelitian 31
Gambar 4.2 Baja Profil 32
Gambar 4.2 Dial Gauge 33
Gambar 4.3 Benda Uji Kuat Tarik 33
Gambar 4.4 Benda Uji Kuat Desak 34
Gambar 4.5 Benda Uji Kuda – Kuda Triple Fink dan Triple Fan 34
Gambar 4.6 Benda Uji Tampak Atas 35
Gambar 4.7 Benda uji tampak samping 35
Gambar 51 Hubungan Beban Lendutan Kuda-Kuda Triple Fink..... 39
Gambar 52 Hubungan Beban Lendutan Hasil Regresi 40
Gambar 53 Hubungan Beban Lendutan Arah Lateraal Kuda-Kuda Triple Fink..... 41
Gambar 54 Hubungan Beban Lendutan Hasil Rekresi 42
Gambar 55 Hubungan Beban Lendutan Kuda-Kuda Triple Fink 44
Gambar 56 Hubungan Beban Lendutan Kuda-Kuda Triple Fan Hasil Regresi 45
Gambar 57 Hubungan Beban Lendutan Arah Lateral Kuda-Kuda Triple Fan 46
Gambar 58 Hubungan Beban Lendutan Arah Lateral Kuda-Kuda Triple Fan Hasil Regresi 47

Gambar 59 Grafik Beban Lendutan Triple Fink dan Triple Fan 48
Gambar 510 Grafik Beban Lendutan Triple Fink dan Triple Fan Hasil Regresi 49
Gambar 511 Grafik Beban Lendutan Hasil Analisa SAP 52
Gambar 512 Grafik Beban Lendutan Pengujian dan Hasil Analisa Sap 53
Gambar 513 Grafik Beban Lendutan 54
Gambar 514 Grafik Momen Kelengkungan Kuda-Kuda Triple Fink 58
Gambar 515 Grafik Momen Kelengkungan Kuda-Kuda Triple Fink Hasil Analisa SAP.59
Gambar 516 Grafik Momen Kelengkungan Kuda-Kuda Triple Fan 61
Gambar 517 grafik Momen Kelenngkungan Kuda-Kuda Triple Fan Hasil SAP 62
Gambar 518 Perbandingan Grafik Momen Kelengkungan Kuda-Kuda Triple Fink Hasil Pengujian dan SAP..... 63
Gambar 519 Perbandingan Grafik Momen Kelengkungan Kuda-Kuda Triple Fan Hasil Pengujian dan SAP 64
Gambar 520 Benda uji Pada Uji Tarik 66
Gambar 61 Kode Batang Kudas-Kuda Triple Fink dan Triple Fan 67

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebelum tahun 1850, perencanaan stuktur umumnya merupakan pekerjaan seni yang bergantung pada intuisi dalam menentukan ukuran serta tata letak elemen-elemen stuktur yang dibuat oleh manusia, hakekat dalam perencanaan struktur tersebut selaras dengan alam sekitarnya contoh seperti balok dan pelengkung. Setelah prinsip dan sifat bahan stuktur lebih dipahami, prosedur perencanaan menjadi lebih berkembang.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, masyarakat cenderung menggunakan barang–barang yang mudah dalam penggunaannya. Demikian juga dalam bidang konstruksi, sebagai contoh adalah struktur pendukung rangka atap. Semakin banyak orang-orang yang menggunakan kuda-kuda yang dibuat dari profil baja ringan bentukan dingin (*cold-formed*) yang dirangkai membentuk struktur rangka batang.(*Truss*). Pemilihan profil ini sebagai struktur pendukung rangka atap berdasarkan bentuknya yang relatif tipis dan ringan serta dapat digunakan pada bentang pendek sehingga lebih ekonmis dari segi biaya dan lebih efisien dalam menahan beban yang ringan.

Profil bentukan dingin dibuat dari pelat baja dengan cara dipres (*press-braking*) atau dengan cara melewatkannya melalui serangkaian rol-rol (*cold rol-*

forming) sampai bentuk yang diinginkan tercapai. Sebuah lembaran baja yang tipis tidak akan mampu menahan beban yang banyak, namun bila dibentuk menjadi lembaran yang bergelombang maka lipatan- lipatannya akan berfungsi sebagai pengaku dan dapat menaikan kekuatan dari bahan yang sama menjadi berlipat-lipat kali. Kemampuan menahan beban dari suatu komponen desak pada batang atau kolom dapat ditingkatkan secara signifikan dengan menggunakan pengaku pada bagian tepinya atau pada bagian tengahnya. Lipatan pada bagian sayap pada profil C adalah contoh dari pengaku pada bagian tepi.

Pada saat suatu profil dibentuk dari pelat baja terjadi peningkatan tegangan leleh sebagai akibat dari proses pembentukan ini, khususnya pada daerah tekukan. Karena baja bentukan dingin (*cold-formed steel*) dibentuk pada suhu ruangan, materialnya akan bertambah keras dan kuat. Tergantung dari bentuk yang ingin dicapai dan ketebalan pelat, kekuatan dari profil yang dihasilkan dapat meningkat sebesar 20% sampai 50%. Namun demikian daktilitas dari profil yang dihasilkan akan berkurang sebagai akibat dari proses pembentukan ini.

Ada beberapa macam bentuk kuda-kuda yang dibuat dari profil bentukan dingin, diantaranya adalah kuda-kuda dengan bentuk *Triple Fan* dan *Triple Fink*. Masing-masing bentuk kuda-kuda akan memiliki perilaku yang berbeda jika mendapat beban, baik dari segi lendutan yang terjadi maupun kelengkungannya.

Kekuatan dan kekakuan kuda-kuda dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain ; bentuk rangka, ukuran penampang, kekuatan sambungan, dan sudut atap.

Satu hal yang harus diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya tekuk, baik tekuk lokal maupun tekuk secara keseluruhan Pada umumnya elemen profil bentukan dingin adalah relatif tipis jika dibanding dengan lebarnya, hal ini memberikan rasio lebar terhadap tebal yang memungkinkan terjadinya tekuk pada tengangan dibawah tegangan lelehnya.

Tekuk lokal dan tekuk keseluruhan dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan dini pada struktur kuda-kuda. untuk mendapatkan informasi tentang kekuatan dan kekakuan struktur kuda-kuda, maka perlu diadakan suatu penelitian eksperimental tentang perilaku kuda-kuda rangka batang khususnya bentuk *Triple Fan* dan *Triple Fink* dari profil C bentukan dingin terhadap pembebanan statis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Banyaknya gedung yang menggunakan rangka atap kuda-kuda baja.
2. Banyaknya tipe rangka kuda-kuda yang digunakan untuk gedung.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kurva hubungan beban-deformasi dan momen-kelengkungan struktur rangka kuda-kuda bentuk *Triple Fan* dan *Triple Fink.*
2. Membandingkan kekakuan kedua struktur rangka kuda-kuda tersebut.

3. Mendapatkan kapasitas lentur kuda-kuda bentuk Triple Fan dan Triple Fink.

1.4 Manfaat Penelitian

Mengetahui perilaku kuda-kuda bentuk Triple Fan dan Triple Fink terhadap pembebanan statis. Secara umum, manfaat yang ingin didapat dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kekakuan dari kedua struktur tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam memilih bentuk kuda-kuda yang akan dipakai dalam mendesain struktur pendukung rangka atap.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini pengamatan yang dilakukan hanya sebatas untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi pada rangka batang tipe Triple Fan dan Triple Fink jika diberi beban statis yang meningkat sampai akhirnya rangka tersebut mengalami kegagalan. Tujuan akhirnya hanya untuk membandingkan mana yang lebih kaku diantara kedua tipe rangka batang tersebut.

Untuk lebih memudahkan di dalam proses pelaksanaan, maka penelitian ini dijalankan dengan menggunakan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Profil yang digunakan adalah profil C 73,8 x 38,4 x 9 x 1,4 untuk batang tepi atas dan tepi bawah, dan profil C 59 x 24,5 x 9 x 1 untuk batang vertikal dan batang diagonalnya.

2. Dua buah benda uji kuda-kuda *Triple Fan* dan *Triple Fink*, masing-masing terdiri dari 3 buah rangka kuda-kuda yang dirangkai menjadi satu.
3. Pengamatan yang dilakukan hanya pada beban dan lendutan yang terjadi.
4. Panjang bentang kuda-kuda adalah 11 meter, dengan tinggi 1,5 meter dan jarak antar kuda-kuda 0,75 meter.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Gedung bertingkat biasanya banyak terdiri dari balok dan kolom yang disambung secara kaku atau dengan sambungan ujung sederhana bersama sokongan diagonal (*bracing*) untuk stabilitas. Walaun gedung bertingkat banyak yang berwujud tiga dimensi, tetapi bila direncanakan dengan sambungan kaku biasanya memiliki kekakuan satu arah yang jauh lebih besar dibandingkan arah lainnya sehingga cukup berasalan jika diperlakukan sebagai himpunan portal bidang. Namun jika kerangkanya berbentuk sedemikian rupa sehingga kekakuan batang berpengaruh terhadap kekakuan dalam bidang lain, maka gedung tersebut harus diperlakukan sebagai portal ruang.

2.2 Rangka Batang

Suatu rangka *(Truss)* adalah suatu struktur kerangka yang terdiri dari rangkaian batang-batang *(profil)*. Yang dihubungkan satu sama lain dengan perantara titik-titik simpul yang berupa sendi tanpa gesekan ,gaya-gaya luar bekerja melalui titik-titik ini. *(Chu-Kia Wang, 1985)*.

Profil bentukan dingin dibuat dari pelat baja dengan cara dipres (press-braking) atau dengan cara melewatkannya melalui serangkaian rol-rol (cold rol-forming) sampai bentuk yang diinginkan tercapai. Sebuah lembaran baja yang

tipis tidak akan mampu menahan beban yang banyak. namun bila dibentuk menjadi lembaran yang bergelombang maka lipatan- lipatannya akan berfungsi sebagai pengaku dan dapat menaikan kekuatan dari bahan yang sama menjadi berlipat-lipat kali. Kemampuan menahan beban dari suatu komponen desak pada batang atau kolom dapat ditingkatkan secara signifikan dengan menggunakan pengaku pada bagian tepinya atau pada bagian tengahnya. Lipatan pada bagian sayap pada profil C adalah contoh dari pengaku pada bagian tepi.

Suatu profil dibentuk dari pelat baja. terjadi peningkatan tegangan leleh sebagai akibat dari proses pembentukan ini. khususnya pada daerah tekukan. Profil baja bentukan dingin (cold-formed steel) dibentuk pada suhu ruangan. pembentukan ini menyebabkan materialnya akan bertambah keras dan kuat. Hal ini tergantung dari bentuk yang ingin dicapai dan ketebalan pelat. kekuatan dari profil yang dihasilkan dapat meningkat sebesar 20% sampai 50%. Namun demikian. daktilitas profil yang dihasilkan akan berkurang sebagai akibat dari proses pembentukan tersebut.

2.3 Kuda-Kuda Rangka Batang

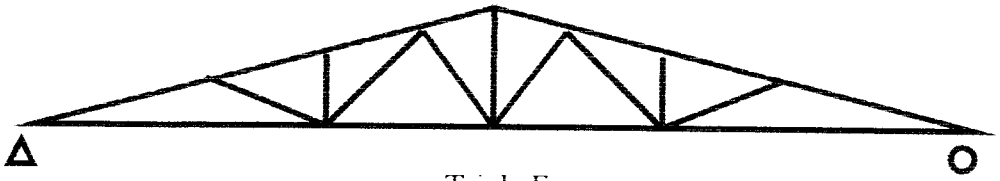
Keruntuhan batang tekan dapat diklasifikasikan menjadi (1) keruntuhan akibat tegangan leleh bahan dilampaui. terjadi pada batang tekan pendek (2) keruntuhan akibat tekuk (tekuk lokal dan tekuk total). terjadi pada batang langsing. ***(Gideon Hadi Kusuma)***.

Tekuk lokal adalah tekuk yang terjadi pada salah satu element penyusun tampang suatu struktur. Tekuk terjadi akibat adanya gaya tekan yang terjadi pada struktur. Tekuk lokal menyebabkan elemen yang tertekuk tidak dapat lagi

menanggung penambahan beban dengan kata lain efisiensi penampang berkurang. Keruntuhan akibat tekuk lokal ini terjadi pada batang yang langsing dimana tegangan kritis (F_{cr}) yang dimiliki oleh pelat jauh dibawah tegangan lelehnya (Fy). (Lambert Tall, 1974).

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan menggunakan alat sambung baut. (Salmon and Johnson, 1990)

Gaya yang ditimbulkan akibat beban yang bekerja akan menyebabkan tejadinya lendutan (defleksi) pada suatu rangka batang. Besarnya deformasi vertikal yang boleh terjadi pada suatu struktur kuda-kuda dibatasi dari : L/180 – L/360. (AISC). Lendutan pada kuda-kuda juga akan membentuk suatu kelengkungan yang didefinisikan sebagai perubahan sudut kemiringan/perubahan panjang batang $(d\phi / dz)$. Semakin besar beban yang dipikul, maka akan semakin besar pula defleksi dan kelengkungan yang terjadi.



Triple Fan



Triple Fink

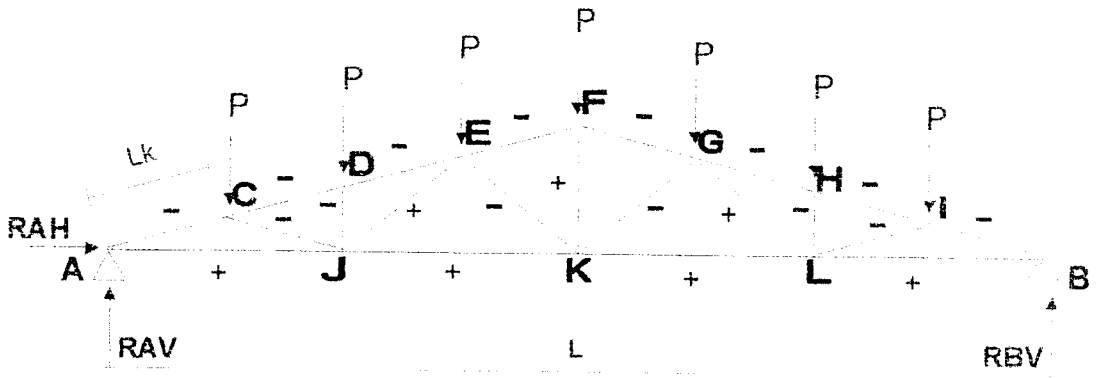
Gambar 3.1 Bentuk kuda-kuda Triple Fan dan Triple Fink

3.2 Analisis Rangka Batang

Untuk mencari gaya batang, maka setiap bagian dari struktur harus berada dalam keadaan seimbang (diam). Hal itu dapat terjadi apabila resultante dari semua gaya luar yang bekerja dan reaksi yang terjadi sama dengan nol. Tidak hanya jumlah gaya-gaya pada sumbu x dan y saja yang sama dengan nol, tetapi jumlah momen yang terjadi juga harus sama dengan nol.

$$\sum Fx = 0 \qquad \sum Fy = 0 \qquad \sum M = 0 \qquad (3.1)$$

Dalam analisis , rangka kuda-kuda dianggap sebagai gabungan dari batang dan titik buhul. Gaya batang didapat dengan meninjau keseimbangan masing-masing titik buhul (joint). Dari analisis tersebut dapat diketahui apakah suatu batang akan menerima beban aksial desak (batang desak) atau beban tarik (batang tarik). Gambar 3.2 menunjukkan reaksi perletakan kuda-kuda yang diberi beban berikut gaya batang yang terjadi.



Triple Fan

Gambar 3.2 Reaksi perletakan terhadap beban yang bekerja

Σ MA = 0

$$R_{BV} L - \frac{1}{8}PL - \frac{2}{8}PL - \frac{3}{8}PL - \frac{4}{8}PL - \frac{5}{8}PL - \frac{6}{8}PL - \frac{7}{8}PL = 0$$

$$R_{BV} L = \frac{28}{8}PL$$

$$R_{BV} = 3{,}5\,P \qquad (3.2)$$

Σ VA = 0

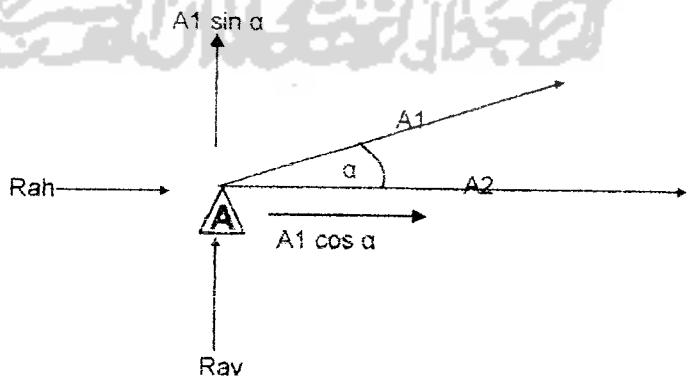
$R_{AV} + R_{BV} - 7\,P = 0$

$R_{AV} + 3{,}5\,P - 7\,P = 0$

$R_{AV} = 3{,}5\,P \qquad (3.3)$

Gaya Batang

Dari hasil R_{AV} dilanjutkan dengan mencari gaya batang pada tiap joint mulai dari joint A



Gambar 3.3 Metode titik buhul untuk mencari gaya batang

Dengan menggunakan metode titik buhul (gambar 3.3), dapat dicari besarnya gaya batang yang terjadi.

Σ V = 0

$R_{AV} + A1 \sin \alpha = 0$ $\qquad A1 = -\frac{R_{AV}}{Sin\alpha}$ **(3.4)**

Σ H = 0

$R_{AH} + A_2 + A1 \cos \alpha = 0$ $\qquad A_2 = -R_{AH} + \frac{R_{AV}}{Sin\alpha} . \cos \alpha$ **(3.5)**

Kemudian dilanjutkan untuk titik buhul C, D, J, E, K, F, D, H, L, I dan B.

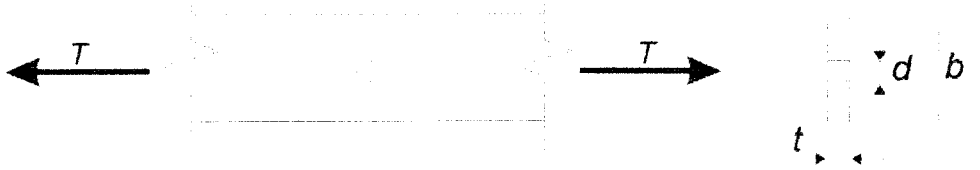
3.2.1 Batang Tarik

Elemen struktur batang tarik adalah batang yang mendukung gaya tarik aksial yang diakibatkan oleh bekerjanya gaya tarik aksial pada ujung-ujung batang tersebut. Kestabilan batang ini sangat baik sehingga tidak perlu ditinjau lagi dalam perencanaan. Bahkan tegangan tarik batas dapat dengan mudah dicapai bila sambungan ujung direncanakan lebih kuat dari kekuatan batangnya.

3.2.2 Luas Tampang Netto

Untuk keperluan pemasangan baut atau paku keling, batang baja harus dilubangi terlebih dahulu. Gambar 3.4 menunjukan pengurangan luas penampang melintang sebagai akibat adanya lubang untuk sambungan. Lubang-lubang tersebut merupakan perlemahan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan.

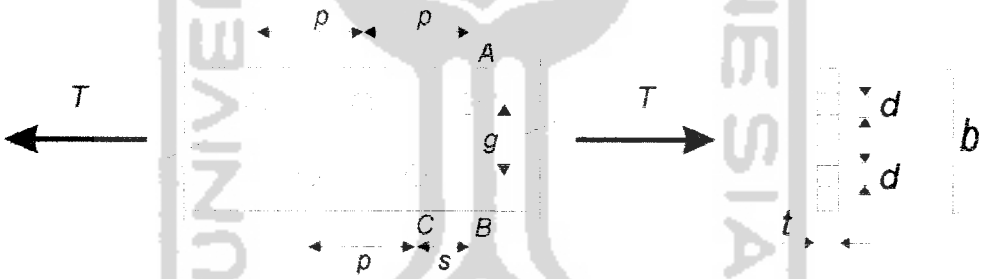
Besarnya luas tampang netto suatu profil yang berlubang dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 3.4 Penampang netto

Ag = b x t An=(b-d) x t **(3.6)**

Bila pada suatu batang terdapat lebih dari satu lubang dan lubang-lubang tersebut *tidak* terletak pada satu garis yang tegak lurus arah pembebanan, maka banyaknya garis keruntuhan yang potensial akan lebih dari satu seperti yang ditunjukan pada gambar 3.5. Garis keruntuhan yang menetukan adalah garis yang menghasilkan luas netto terkecil.



Gambar 3.5 Garis keruntuhan pada penampang netto

Untuk menentukan penampang kritis, baik jejak *A-B* maupun jejak *A-C* harus diperiksa. Perhitungan kekuatan sepanjang jejak *A-C* yang sebenarnya sangat kompleks, namun hubungan empiris yang sederhana diusulkan oleh V. H. Cochrane untuk memperhitungkan selisih antara jejak *A-C* dan jejak *A-B*. selisih ini dinyatakan sebagai koreksi panjang,

$$s^2 / 4g \qquad \textbf{(3.7)}$$

dengan ***s*** adalah jarak seling sejajar (yaitu jarak antara lubang bersebelahan yang sejajar arah pembebanan) dan ***g*** adalah jarak tegak (yaitu jarak lubang yang tegak lurus arah pembebanan).

Panjang netto A-B = panjang (A – B) – (lebar lubang + $\frac{1}{16}$ ") **(3.8)**

Panjang netto A-C = panjang (A–B)–2(lebar lubang+$\frac{1}{16}$ ") + (s^2/4g) **(3.9)**

Luas netto ditentukan dengan mengalikan panjang netto minimum dengan tebal pelat.

Walaupun stabilitas bukan merupakan kriteria dalam perencanaan batang tarik namun panjangnya tetap harus dibatasi untuk mencegah batang terlalu fleksibel (mudah melentur). Batang tarik yang terlalu panjang bisa melendut secara berlebihan akibat berat sendiri. Selain itu, batang ini juga bisa bergerak bila dibebani gaya angin seperti pada rangka batang terbuka atau bila bertumpu pada peralatan yang bergetar seperti kipas atau kompresor.

Untuk mengurangi masalah yang berkaitan dengan lendutan yang berlebihan dan getaran, kriteria kekakuan ditetapkan. Kriteria ini didasarkan pada angka kelangsingan batang, L/r, dengan L adalah panjang batang dan $r\left(\sqrt{\frac{I}{A}}\right)$ adalah jari-jari inersia terkecil.

Tabel 3.1 Angka kelangsingan maksimum untuk batang tarik

	AISC	*AASTHO*
Untuk batang utama	240	200
Untuk pengaku lateral dan batang sekunder lain	300	240
Untuk batang yang mengalami pembalikan tegangan	-	140

Dalam menerapkan kriteria kekuatan pada batang tarik, angka kelangsingan terbesar dari dua sumbu utama harus digunakan. Batang yang simetris bisa mempunyai dua harga jari-jari inersia yang berlainan, dan untuk batang yang tak simetris kita harus meninjau sumbu utama yang paling lemah. Bila batang tarik dibentuk dari sejumlah profil, jari-jari inersia harus dihitung dengan menggunkan momen inersia I dan luas penampang lintang A. Harga untuk r harus berdasarkan sumbu yang sama dengan yang digunakan untuk momen inersia.

3.2.3 Kuat Tarik

Perencanaan batang tarik pada hakikatnya adalah menentukan luas penampang lintang bahan yang cukup untuk menahan beban (yang diberikan) dengan faktor keamanan yang memadai terhadap keruntuhan.

Kekuatan batang tarik yang berlubang atau berulir dapat dituliskan sebagai :

$$T_n = F_y A_n \qquad (3.10)$$

Dengan F_y adalah tegangan leleh dan A_n adalah luas netto penampang lintang.

3.2.4 Batang Tekan

Batang tekan (*compression member*) adalah elemen struktur yang mendukung gaya tekan aksial. Pada struktur gedung, batang tekan sering dijumpai sebagai kolom, sedangkan pada struktur rangka batang (jembatan, kuda-kuda) dapat berupa batang tepi, batang diagonal, batang vertikal dan batang-batang

pengekang (*bracing*). Istilah kolom digunakan untuk batang tekan yang perbandingan panjang terhadap penampangnya relatif besar.

Kapasitas dukung batang tekan dipengaruhi oleh banyak faktor. Salah satu diantaranya adalah kelangsingan. Semakin langsing suatu batang maka kuat tekannya semakin kecil. Kelangsingan juga berpengaruh terhadap ragam keruntuhan. Berdasarkan ragam keruntuhan, batang tekan dapat digolongkan menjadi 3, yaitu batang langsing, sedang dan pendek. Hanya batang pendek saja yang dapat dibebani hingga tegangan lelehnya tercapai. Keadaan yang umum terjadi adalah tekuk (*buckling*) atau lenturan mendadak akibat ketidakstabilan terjadi sebelum kekuatan batang sepenuhnya tercapai.

Batang tekan dapat dirancang dengan profil tunggal maupun profil tersusun. Jika beban yang didukung relatif kecil dan kapasitas profil tunggal yang tersedia memadai, umumnya akan dipilih profil tunggal. Jika beban yang harus didukung relatif besar sedangkan kapasitas profil tunggal yang ada tidak memadai maka dapat digunakan profil tersusun.

3.2.5 Kuat Tekan

Untuk menetukan kekuatan batang tekan, ada beberapa anggapan yang harus diidealkan : (1) sifat tegangan-regangan tekan sama di seluruh titik pada penampang; (2) tidak ada tegangan internal seperti akibat pendinginan setelah penggilingan (rolling) dan pengelasan; (3) batang lurus sempurna dan prismatis; (4) resultante beban bekerja melalui sumbu pusat batang sampai batang mulai melentur; (5) kondisi ujung batang harus statis tertentu sehingga panjang antara

sendi-sendi ekivalen dapat ditentukan; (6) teori lendutan yang kecil seperti pada lenturan yang umum berlaku dan gaya geser dapat diabaikan; (7) puntiran atau distorsi penampang melintang tidak terjadi selama melentur. (Charles G. Salmon, Sturktur Baja, hal 254).

Setelah anggapan-anggapan diatas dibuat, dapat disetujui bahwa kekuatan suatu batang desak dapat dinyatakan sebagai :

$$Fcr = \frac{P}{A} = \frac{\pi^2 Et}{(KL/r)^2} \qquad (3.11)$$

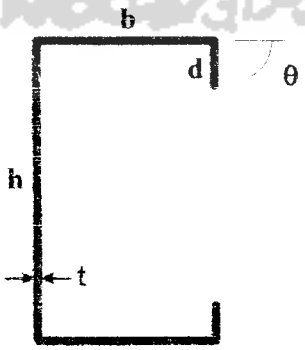
Dengan $\frac{P}{A}$ = tegangan rata-rata pada penampang

E_t = modulus tangen pada penampang

$\frac{KL}{r}$ = angka kelangsingan efektif

3.2.6 Tekuk

Satu hal yang harus diperhatikan adalah kemungkinan terjadinya tekuk, baik tekuk lokal maupun tekuk secara keseluruhan Pada umumnya material yang dipakai dalam proses pembuatan profil bentukan dingin adalah relatif tipis jika dibanding dengan lebarnya, hal ini memberikan rasio lebar terhadap tebal yang memungkinkan terjadinya tekuk pada tengangan dibawah tegangan lelehnya.



gambar 3.6 Profil Lipped Channel

Gambar 3.6 memperlihatkan dimensi dari profil lipped channel, dengan : h adalah tinggi badan, b = lebar sayap, d = panjang lip, θ = sudut lip (radians), dan t = tebal profil.

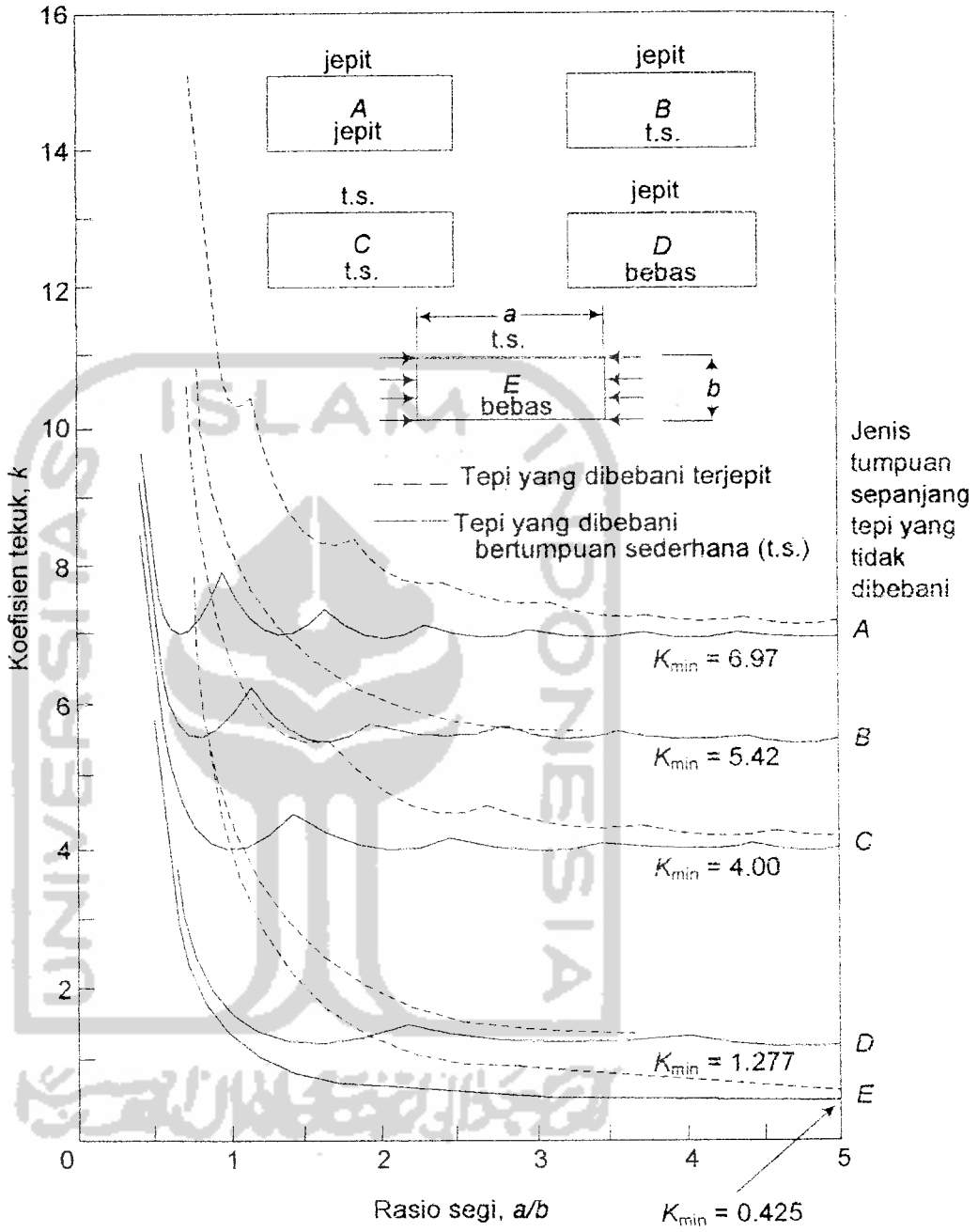
- Tekuk Lokal

Tekuk Lokal adalah keadaan dimana hanya sebagian dari penampang profil mengalami tekuk, baik itu pada bagian sayap (flange local buckling) ataupun pada bagian badannya (web local buckling).

$$Fcr = \frac{k.\pi^2 E}{12(1-\mu)^2\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad \textbf{(3.12)}$$

koefisien tekuk k merupakan fungsi dari jenis tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio segi (aspect ratio).

Gambar 3.7 menunjukkan nilai koefisien tekuk k pada pelat segi empat datar untuk berbagai kondisi tumpuan tepi.



Gambar 3.7. Koefisien Tekuk Elastis Untuk Tekanan Pada Pelat Segi Empat Datar

- Tekuk Total

Untuk Batang Pendek : $\frac{KL}{r} < Cc$

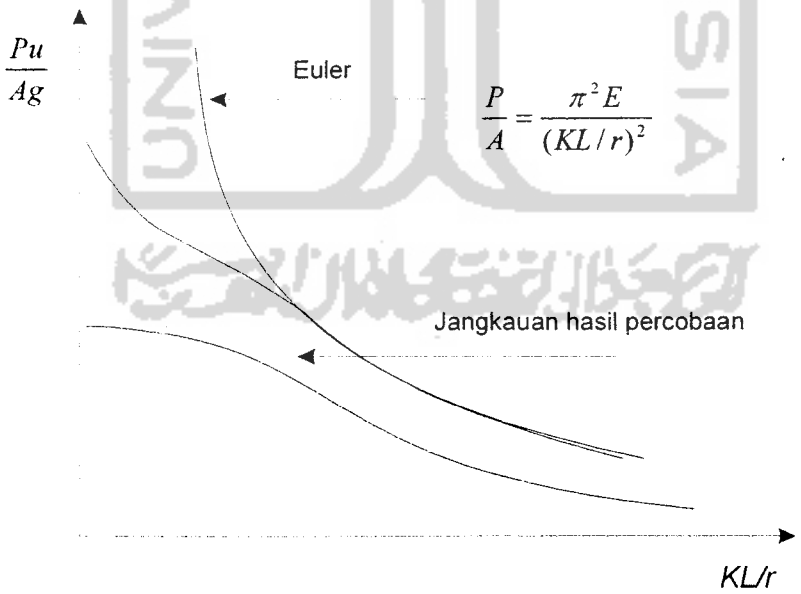
$$Fcr = Fy\left[1 - 0{,}5\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] \quad \textbf{(3.12)}$$

Untuk Batang Langsing : $\frac{KL}{r} > Cc$

$$Fcr = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad \textbf{(3.13)}$$

Batang tekan yang paniang akan runtuh akibat tekuk elastis, dan batang tekan pendek yang buntak dapat dibebani sampai bahan meleleh atau bahkan sampai daerah

pengerasan regangan (strain hardening). Pada keadaan yang umum, kehancuran akibat tekuk teriadi setelah sebagian penampang lintang meleleh. Keadaan ini disebut *tekuk inelastis*



Gambar 3.8 Jangkauan kekuatan batang tekan

Seperti yang diperlihatkan oleh gambar 3.8, hasil penelitian laboratorium menunjukkan bahwa kuat tekan batang langsing sesuai dengan persamaan Euler, namun tidak demikian dengan kuat tekan batang sedang dan batang pendek. Hal ini disebabkan karena persamaan Euler selalu menggunakan modulus elastis yang harganya tetap sedangkan keruntuhan batang sedang dan batang pendek terjadi setelah penampangnya tidak elastis, berarti terdapat perubahan nilai modulus dari modulus elastis yang harganya tetap ke modulus yang harganya berubah-ubah. Karena persamaan Euler selalu menggunakan modulus elastis maka batas berlakunya hanya sampai dengan batas proporsional (*proportional limit*), diatas batas itu persamaan Euler tidak berlaku.

3.3 Lendutan

Gaya yang ditimbulkan akibat beban yang bekerja akan menyebabkan tejadinya lendutan (*defleksi*) pada suatu rangka batang. Besarnya deformasi vertikal yang boleh terjadi pada suatu struktur kuda-kuda dibatasi dari : L/180-L/360 (AISC). Deformasi yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakkan permanen pada bangunan, mempengaruhi mekanisme transfer beban, serta mengganggu kenyamanan dari pemakai. Walaupun pembatasan deformasi maksimum ini demi alasan kenyamanan, namun demikian tetap perlu menjadi pertimbangan dalam desain. Deformasi yang terjadi karena beban yang bekerja tidak boleh mengurangi kemampuan dari struktur tersebut.

Defleksi dapat diakibatkan oleh berbagai gaya, seperti gaya aksial, gaya geser dan momen yang bekerja pada batang. Defleksi yang diakibatkan oleh gaya

aksial dan gaya geser umumnya lebih kecil jika dibandingkan dengan defleksi akibat momen. Oleh karena itu maka defleksi akibat gaya aksial dan gaya geser sering diabaikan, dan hanya defleksi akibat momen yang diperhitungkan. Pada suatu struktur rangka batang, defleksi terjadi akibat perubahan panjang dari batang-batang penyusunnya.

3.3.1 Lendutan pada rangka batang

Lendutan pada suatu rangka batang dapat dicari dengan berbagai macam cara, salah satunya adalah dengan menggunakan metode "Virtual Work" yang dikembangkan oleh Johann Bernoulli (1717). Secara umum, persamaan untuk mencari lendutan dari suatu rangka batang adalah :

$$\Delta = \sum_{1}^{n} \frac{pPL}{AE}$$

dimana :

Δ = lendutan

P = gaya batang yang terjadi akibat beban yang bekerja

p = gaya batang akibat satu unit 'virtual work' pada joint yang akan dicari lendutannya

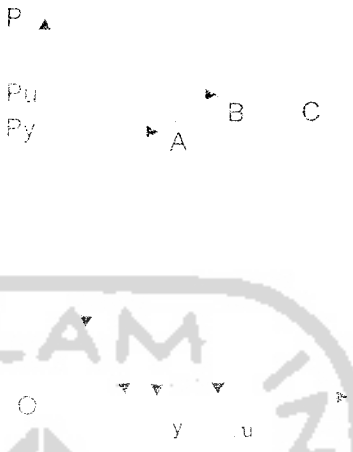
A = luas penampang profil

E = modulus elastis

n = jumlah batang penyusun

3.3.2 Hubungan Beban – Lendutan

Semakin besar beban yang bekerja semakin besar pula lendutan yang akan terjadi.

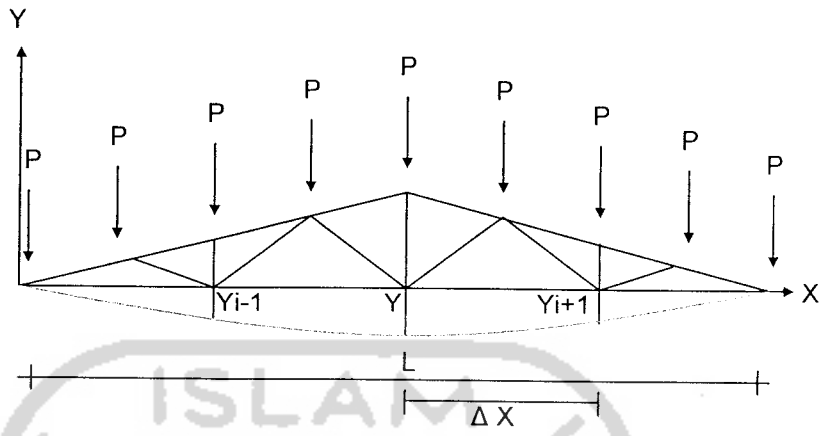


Gambar 3.9 Grafik hubungan Beban (P) – Lendutan (Δ)

Menurut penelitian yang dilakukan *oleh American Sosciety for Testing and Material (ASTM)*, kekakuan rangka hingga beban patah dinyatakan dengan garis OA pada diagram beban-lendutan atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban maka rangka akan menjadi plastis sebagian yang ditunjukkan dengan garis AB. Jika beban ditambah lagi maka rangka akan menjadi plastis sempurna yang ditunjukkan dengan garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

$$k = tg\alpha = P/\Delta \qquad \textbf{(3.16)}$$

3.4 Hubungan Momen Kelengkungan



Gambar 3.10 Rangka Kuda-Kuda Yang Diberi Beban Aksial (P) Sehingga Terjadi Lendutan (Y_i)

Apabila suatu material diberi beban maka material itu secara langsung akan terdefleksi (gambar 3.10). Semakin besar beban yang diberikan pada suatu material semakin besar pula defleksi yang terjadi pada material tersebut. Mengacu pada gambar diatas, dy dx didekati dengan persamaan berikut :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x} \qquad \textbf{(3.17)}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta x} \qquad \textbf{(3.18)}$$

Dengan menggunakan formula 3.17 atau 3.18 maka turunan kedua persamaan tersebut adalah:

$$\frac{d^2y}{dx} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{\Delta x}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{dy_{i+1}}{dx} - \frac{dy_i}{dx}}{\Delta x}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta x} - \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta x}}{\Delta x}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \qquad \textbf{(3.19)}$$

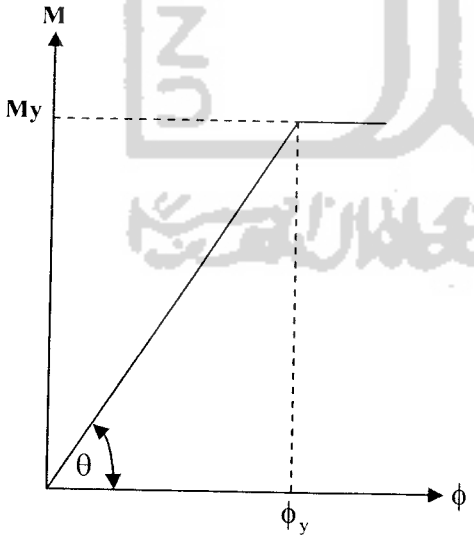
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(\Delta x)^2}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI}$$

$$M = EI.\phi \qquad \textbf{(3.20)}$$

$$M = EI\frac{d^2y}{dx^2} \qquad \textbf{(3.21)}$$

Hubungan momen (M)- kelengkungan (curvature) ditunjukkan pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Hubungan Momen-Kelengkungan

3.5 Sambungan

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang). Salah satu cara yang dapat digunakan dalam penyambungan adalah dengan menggunakan baut.

3.5.1 Tegangan Nominal

Perencanaan sambungan didasarkan atas kelakuan pada saat hampir hancur, bukan kelakuan pada beban kerja. Dalam praktek, ragam kehancuran yang mungkin terjadi dipakai untuk menghitung tegangan. Tegangan yang dipakai dalam perhitungan perencanaan disebut *tegangan nominal*.

Pendekatan tegangan nominal yang digunakan dalam perencanaan meninjau kapasitas alat penyambung secara individual. Hal ini berarti bahwa semua alat penyambung yang sama ukuran dan bahannya dianggap memiliki kekuatan yang sama dalam pemindahan beban.

Untuk tujuan perencanaan, tegangan geser nimonal f_v dan tegangan tarik nominal f_t pada baut dihitung berdasarkan luas penampang baut nominal.

$$f_v = \frac{P}{m\left(\frac{\pi^2 D}{4}\right)} \qquad \textbf{(3.22)}$$

$$f_t = \frac{P}{\left(\frac{\pi^2 D}{4}\right)} \qquad \textbf{(3.23)}$$

di mana : P = beban per baut

D = diameter baut nominal

m = jumlah bidang geser yang berperan (tunggal atau ganda)

Tegangan tumpu nominal f_p dihitung berdasarkan diameter nominal dan tebal pelat.

$$f_p = \frac{P}{Dt} \tag{3.24}$$

di mana t = tebal pelat

3.5.2 Kekuatan Geser

Umumnya tegangan geser nominal yang diijinkan F_v untuk sambungan adalah:

$$F_v = \beta_1\beta_2\beta_3(F_v \text{ Dasar}) \tag{3.25}$$

dengan β_1, β_2, dan β_3 adalah faktor daya layan (serviceability) yang berkaitan dengan daya tahan gelincir dari sambungan. Menurut AISC, F_v Dasar untuk sambungan adalah 30 ksi (207 Mpa) untuk baut A325 dan 40 ksi (276 Mpa) untuk baut A490. Bila tidak ada ulir pada bidang geser, luas penuh A_b pada tangkai baut dianggap efektif. Bila ulir berada pada bidang geser, maka luas tegangan tarik harus dipakai. Agar luas baut nominal A_b dapat digunakan dalam semua perhitungan, F_v Dasar harus diperkecil menurut rasio luas tegangan tarik dengan luas baut nominal (sekitar 0,7). Jadi F_v Dasar adalah 21 ksi untuk baut A325 dan 28 ksi untuk baut A490.

Filosofi perencanaan sambungan ditujukan untuk menghasilkan perencanaan yang seimbang, dimana kekuatan geser baut disamakan dengan kekuatan tarik pada penampang netto dari plat.

Disamping kekuatan tarik plat pada penampang netto kritis dan kapasitas geser alat penyambung harus memadai, kekuatan tumpu bahan plat juga harus memadai untuk mencegah kehancuran. setelah menggelincir, tangkai baut akan mendesak sisi lubang. Jika daya tahan plat tidak memadai, lubang akan membesar atau alat penyambung dapat mengoyak ujung plat.

Jarak ujung yang diperlukan untuk mencegah terkoyaknya plat dapat ditentukan dengan menyamakan kekuatan geser bahan plat dan beban yang disalurkan oleh baut ujung.

$$L_e \geq \frac{2P}{F_u t} \tag{3.26}$$

dengan L_e adalah jarak dari pusat suatu alat penyambung ke tepi terdekat dari alat penyambung yang bersebelahan atau ke tepi bagian yang disambung dalam arah gaya.

Jarak minimal antar baut adalah 2,67D.

3.5.3 Sambungan Tipe Geser

Bila daya tahan gelincir terhadap beban kerja diperlukan, sambungan tipe geser harus digunakan. Secara umum, baik kekuatan maupun daya layan dapat ditinjau dalam perencanaan dengan pendekatan tegangan geser nominal. Persamaan 3.5.2.1 berlaku baik untuk sambungan tahan gelincir maupun tidak tahan gelincir:

$$F_v = \beta_1\beta_2\beta_3(F_v \text{ Dasar}) \tag{3.27}$$

Harga yang diijinkan untuk sambungan tipe tumpu adalah harga F_v Dasar. Bila daya tahan terhadap gelincir diperlukan, harga β_1, β_2 *dan* β_3 harus digunakan;

β_1 adalah faktor yang berkaitan dengan kemungkinan gelincir ; β_2 adalah faktor yang berhubungan dengan metode pemasangan; dan β_3 adalah faktor fabrikasi yang terutama berhubungan dengan ukuran lubang.

Untuk menentukan harga β_1, β_2 *dan* β_3 yang sesuai, dapat dilihat dalam buku "*Guide*" (Fisher dan Struik). Sebagai contoh, untuk baut A325 dan kondisi permukaan yang *bersih dari kotoran* (kelas A), harga β_1 adalah 0,59 untuk kemungkinan gelincir 5% dan 0,68 untuk kemungkinan gelincir 10%. Harga β_2 yang disarankan adalah 1,0 untuk metode putaran mur dan 0,85 untuk metode kunci yang dikalibrasi. Faktor β_3 yang berkaitan dengan ukuran lubang disarankan sebesar 1,0 untuk lubang standar dan 0,7 untuk lubang yang kebesaran (oversize) dan lubang lonjong (slotted holes).

Kapasitas Ijin Baut

- Berdasarkan Geser

  $\boldsymbol{R_{DS}}$ = F_v dasar x A (geser tunggal) **(3.28)**

  = 2 x F_v dasar x A (geser ganda)

  A = Luas penampang baut

- Berdasarkan Tumpu

  $\boldsymbol{R_B}$ = F_pDt = 1,5 F_uDt **(3.28)**

  D = Diameter lubang

  t = Tebal pelat

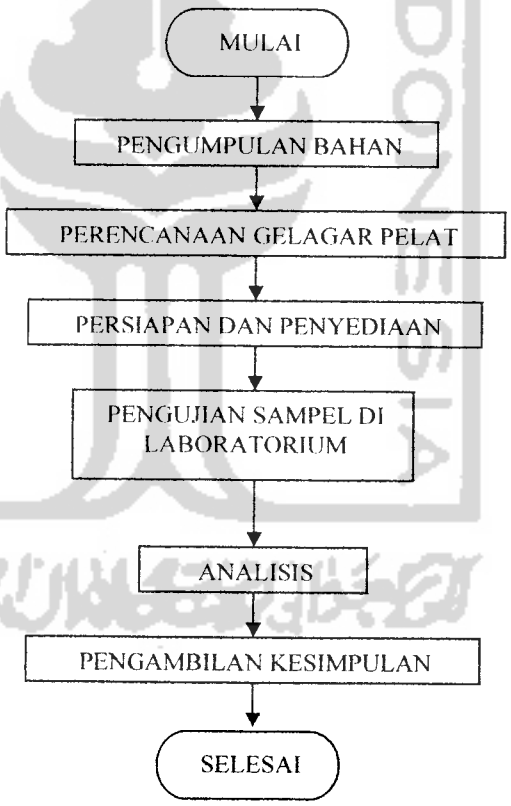
AISC mensyaratkan bahwa kekuatan sambungan untuk tipe geser tidak boleh melampaui kekuatan sebagai sambungan tipe tumpu. Berdasarkan ketentuan tersebut, maka kapasitas ijin baut harus dihitung baik berdasarkan geser maupun berdasarkan tumpu. Harga yang terkecil akan dipakai sebagai nilai kapasitas baut di dalam perencanaan sambungan.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Pengertian metode penelitian adalah tata cara penelitian untuk mengetahui sesuatu dengan langkah-langkah sistematis. Jalannya penelitian dapat dilihat dari bagan alir pada Gambar 4.1.



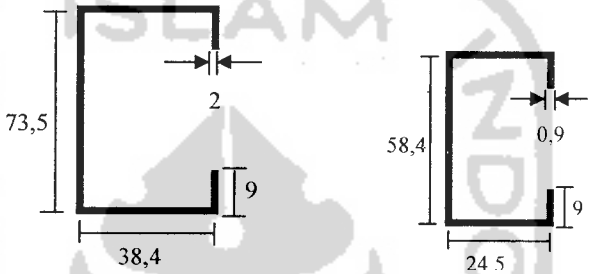
Gambar 4.1. Bagan Alir Metode Penelitian

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum melaksanakan penelitian perlu diadakan persiapan bahan dan alat yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

4.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah baja profil C bentukan dingin dengan dimensi :



Gambar 4.2. Baja profil 73,5x38,4x9x1,4 dan 58,4x24,5x9x1

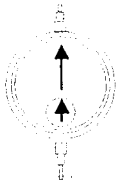
- profil 58,4 x 24,5 x 9 x 1 mm untuk batan diagonal dan vertical.
- profil 73,5 x 38,4 x 9 x 1,4 mm untuk batang atas dan bawah.

Profil tersebut akan dirangkai menjadi rangka kuda-kuda bentuk *Triple Fink* dan *Triple Fan* dengan panjang bentang 11 m dan tinggi 1,5 m. Masing-masing bentuk dibuat satu rangkaian berisi tiga kuda-kuda dengan jarak 0,75 m.

4.2.2 Alat

a. Dial Gauge

Dial Gauge (gambar 4.2) adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan tingkat ketelitian pembacaan 0,01 mm.



Gambar 4.2 Dial Gauge

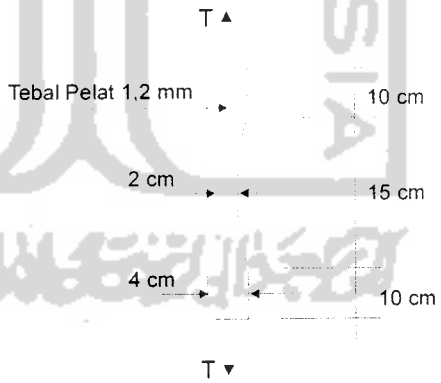
b. **Pasir dan Karung**

Pasir ditempatkan di dalam karung dengan berat masing-masing 25 kg yang akan digunakan sebagai beban yang diletakkan secara manual diatas rangka baja

4.3 Pembuatan rangka baja

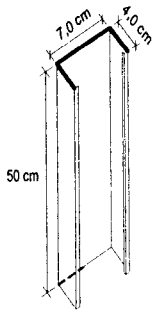
Rangka baja yang akan digunakan dalam penelitian dibuat terlebih dahulu kemudian diuji di laboratorium.

a. Dua benda uji kuat tarik baja yang diambil dari profil.



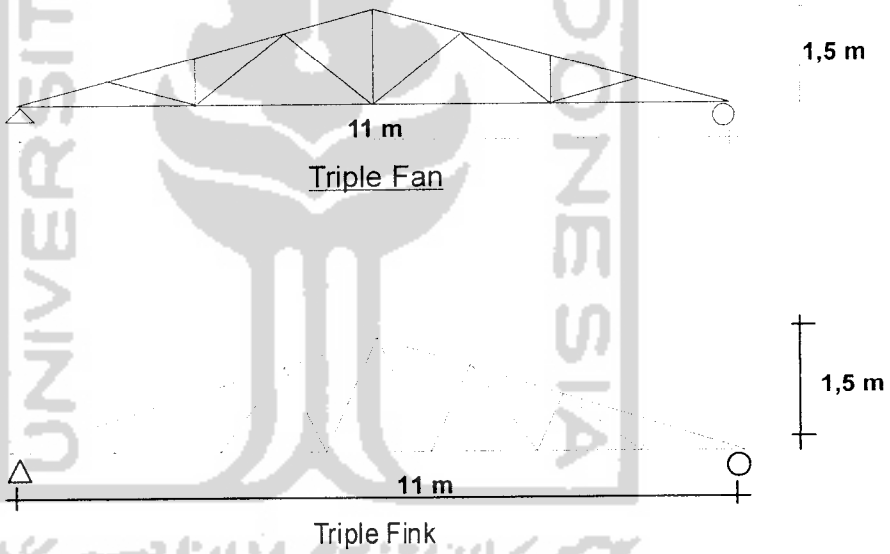
Gambar 4.3 Benda uji kuat tarik

b. Dua benda uji kuat desak baja yang diambil dari profil

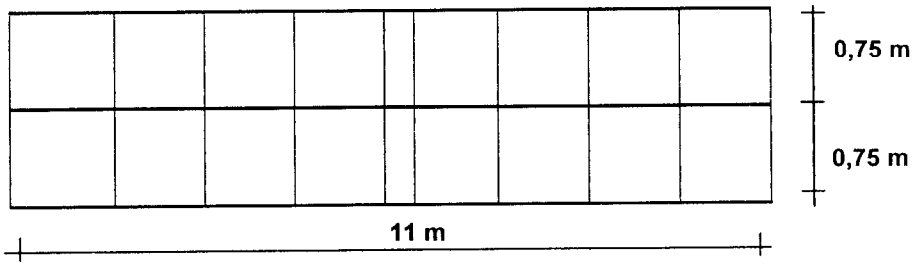


Gambar 4.4 Benda uji kuat desak

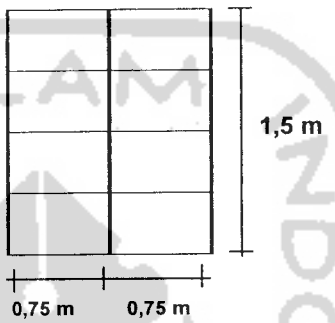
c. Dua rangka kuda-kuda dengan bentuk *Triple Fan* dan *Triple Fink.*



Gambar 4.5 Benda uji kuda-kuda Triple Fink dan Triple Fan



Gambar 4.6 Benda uji tampak atas



Gambar 4.7 Benda uji tampak samping

4.4 Pengujian Sampel

4.4.1 Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan di laboratorium. Data yang diambil pada pengujian ini adalah beban leleh, dan beban putus.

4.4.2 Pengujian Pembebanan

Pengujian ini dilakukan di lapangan. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah:

1. Memasang dukungan yang akan dipakai untuk pengujian kuat lentur, dalam hal ini dilakukan pemasangan **sendi-rol**

2. Kuda-kuda diletakkan diatas dukungan.
3. Benda uji siap diuji. Pembebanan dilakukan secara manual dan bertahap sampai maksimum. Pengujian struktur baja ringan dengan beban aksial yang dinaikkan secara bertahap dari nol sampai terjadi kerusakan dengan penambahan beban 100 kg, kemudian beban ditingkatkan sesuai dengan kondisi bahan uji. Penurunan dibaca dengan dial gauge untuk mengetahui besarnya defleksi dari struktur rangka baja tersebut.

BAB V

Hasil Penelitian

5.1 Pendahuluan

Kekakuan rangka atap baja diketahui dengan melakukan pengujian manual dengan menggunakan pembebanan merata yang berupa karung-karung pasir di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban merata pada batang tepi atas rangka atap (*truss*) berupa beban terdistribusi merata yang dilakukan secara bertahap dengan kenaikan sebesar 100 Kg. Setiap tahap pembebanan dicatat lendutan yang terjadi pada tiga titik dial dan satu dial arah lateral yang telah ditentukan. Hasil penelitian yang disertai pembahasannya akan disajikan sebagaimana berikut.

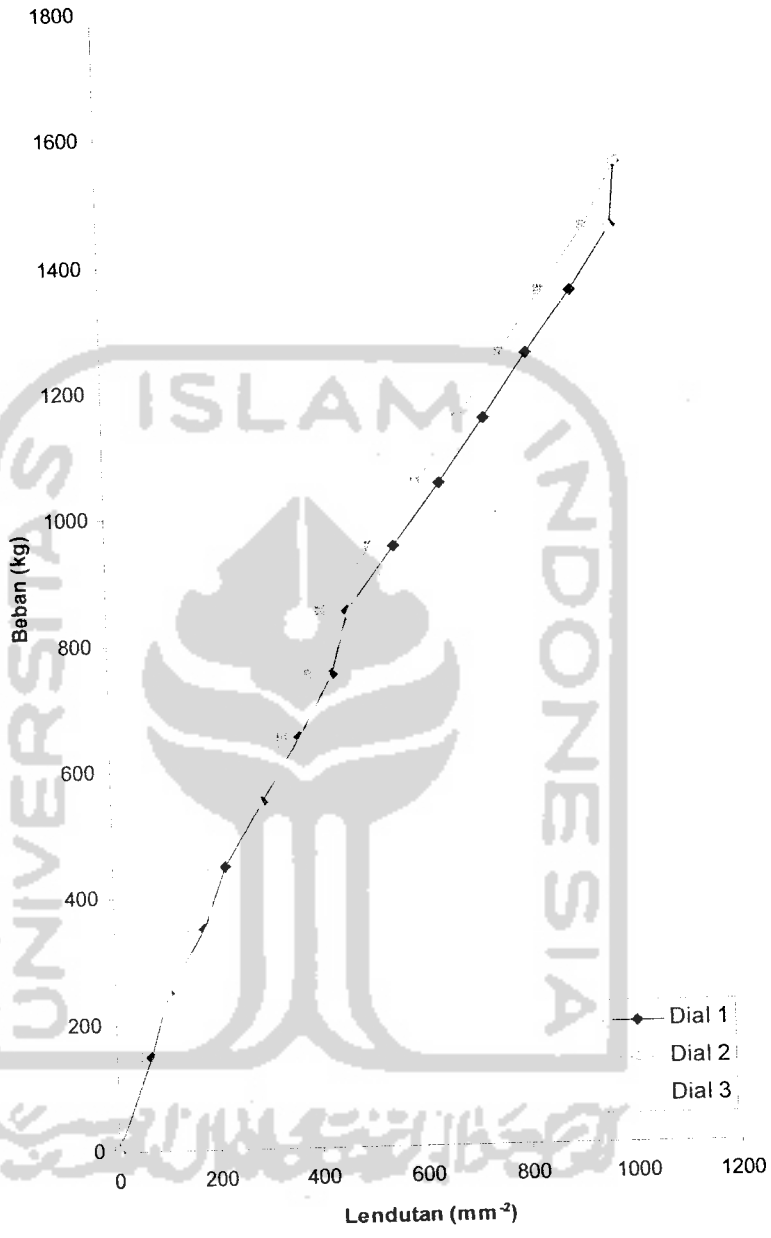
5.2 Hubungan Beban – Lendutan

a. Triple Fink

Tabel 5.1 Hubungan Beban – Lendutan kuda-kuda Triple Fink

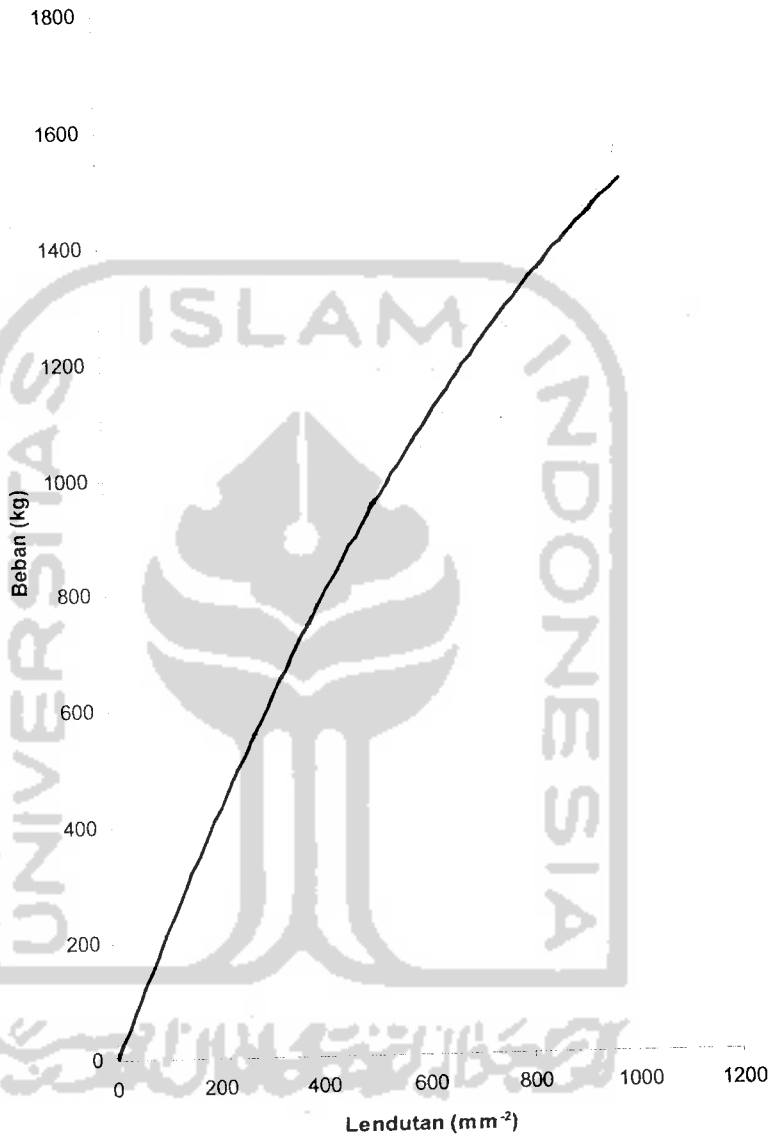
BEBAN (Kg)	DIAL 1 (10^{-2} mm)	DIAL 2 (10^{-2} mm)	DIAL 3 (10^{-2} mm)	DIAL 4 (10^{-2} mm)
0	0	0	0	0
150	70	43	80	25
250	104	103	103	140
350	178	156	184	286
450	221	198	204	340
550	298	285	291	475
650	376	340	380	685
750	441	396	428	770
850	474	423	480	840
950	564	520	526	1220
1050	654	610	606	1610
1150	740	695	695	2220
1250	824	776	790	2560
1350	911	855	888	2910
1450	991	942	988	3410
1550	1050	1005	1074	3690

Dengan menggunakan data pada table 5.1 diatas, dibuat grafik hubungan Beban – Lendutan kuda-kuda Triple Fink seperti yang disajikan pada gambar 5.1 berikut.

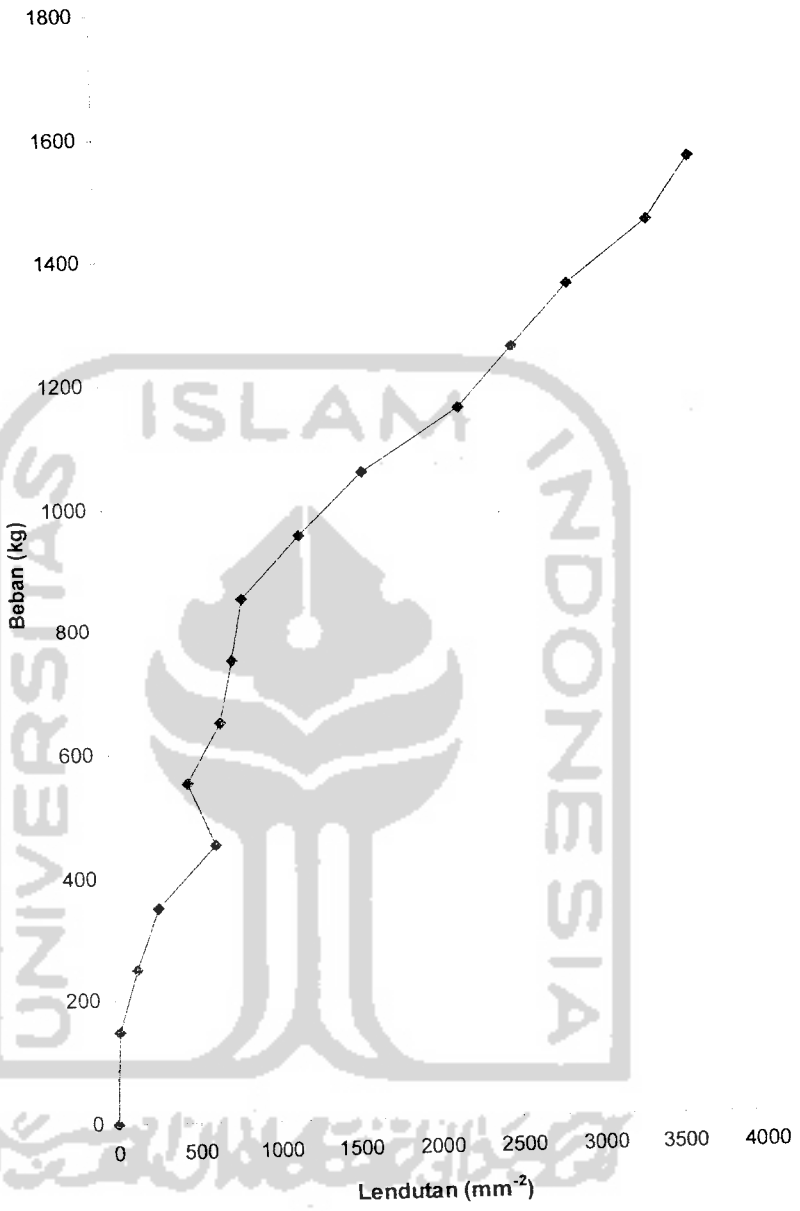


Gambar 5.1 hubungan beban–lendutan kuda-kuda Triple Fink

Dari grafik hubungan tersebut, dibuat hasil regresinya yang ditunjukan dengan gambar berikut :

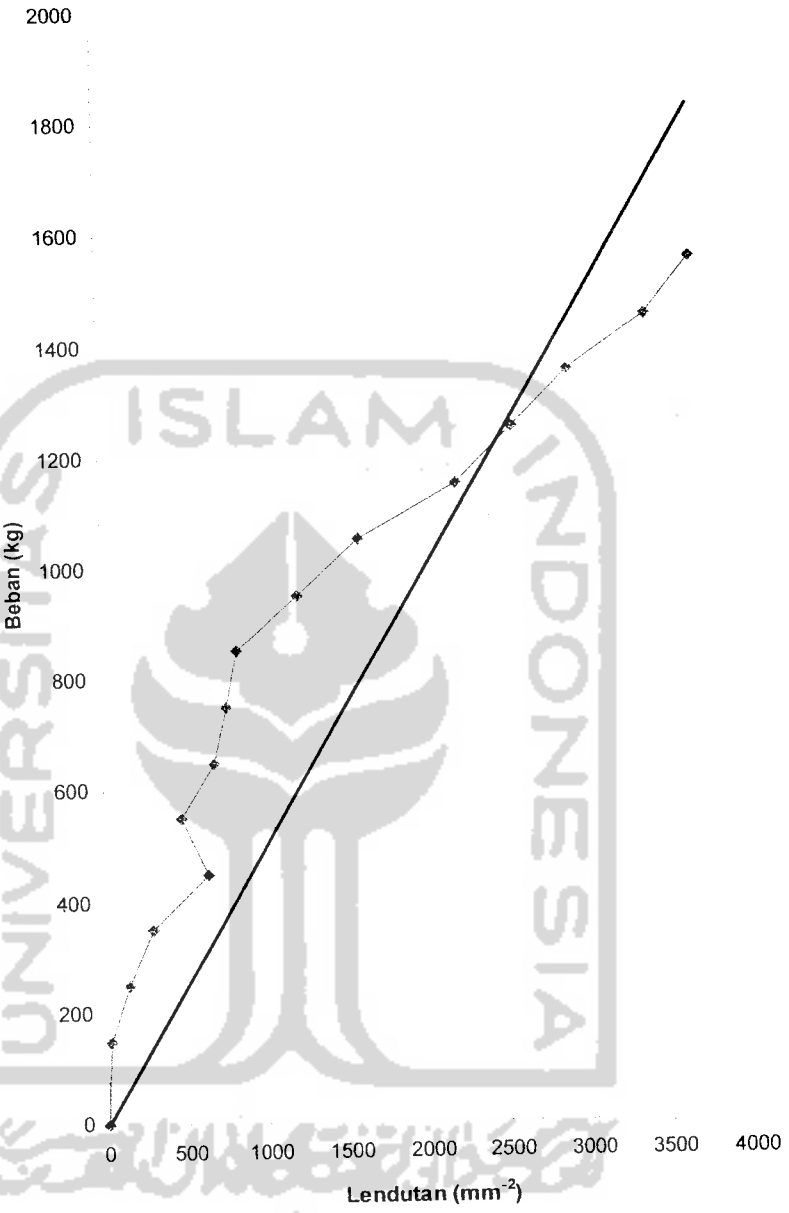


Gambar 5.2 hubungan beban-lendutan hasil regresi



Gambar 5.3 hubungan beban–lendutan arah lateral kuda-kuda Triple Fink

Dari grafik hubungan diatas, dibuat hasil regresinya yang ditunjukan dengan Gambar 5.4

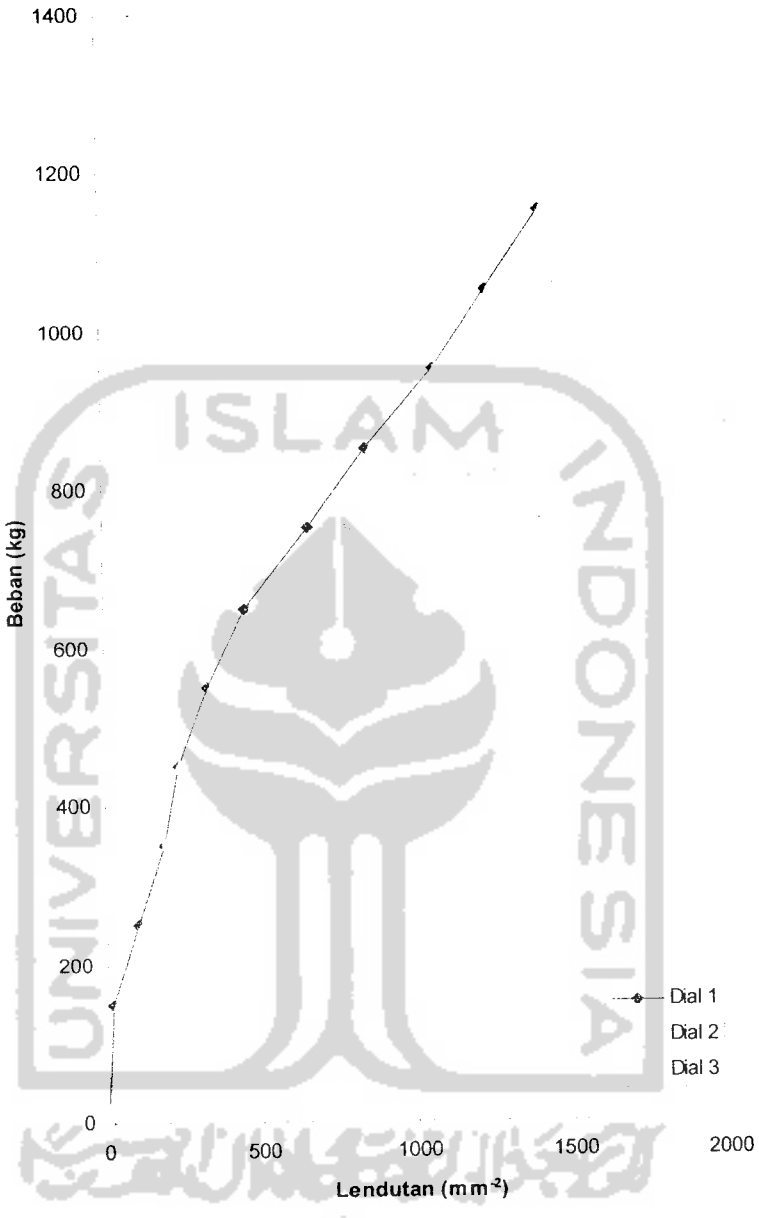


Gambar 5.4 hubungan beban-lendutan hasil regresi

b. Triple Fan

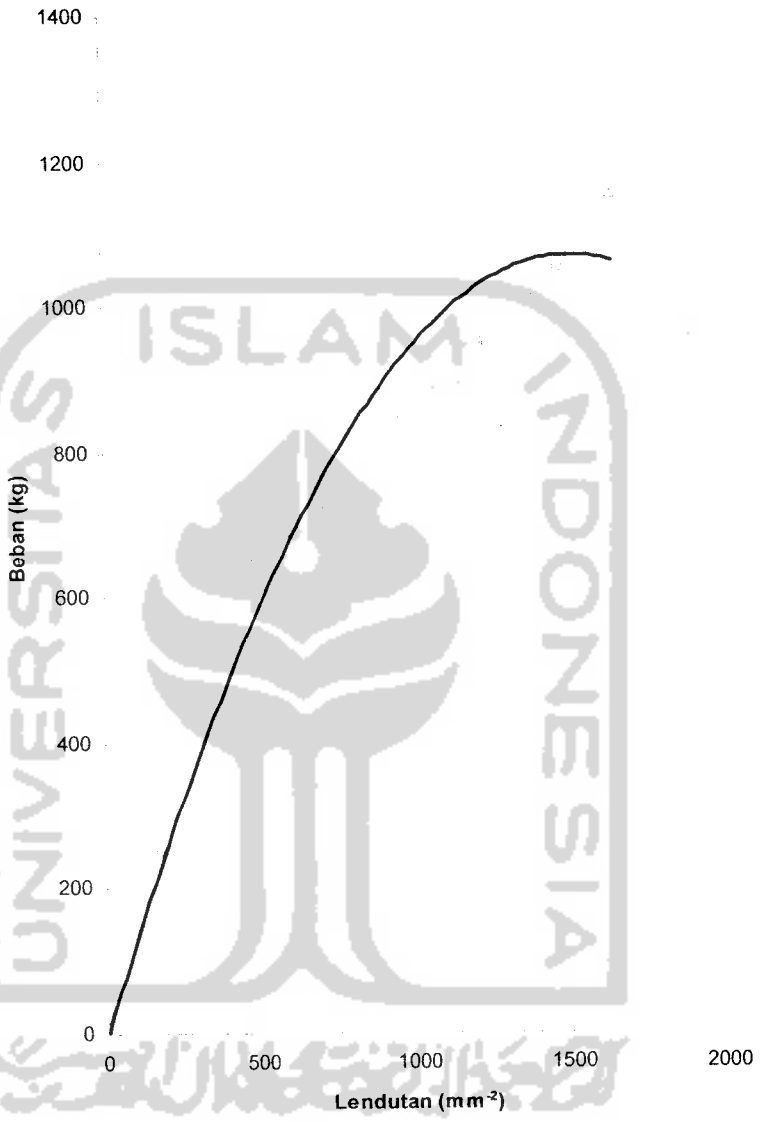
Tabel 5.2 Hubungan Beban – Lendutan Kuda-kuda Triple Fan

BEBAN (Kg)	DIAL 1 (10^{-2} mm)	DIAL 2 (10^{-2} mm)	DIAL 3 (10^{-2} mm)	DIAL 4 (10^{-2} mm)
0	0	0	0	0
150	19	57	38	15
250	106	175	121	148
350	188	200	210	260
450	240	280	245	270
550	338	380	353	280
650	456	495	486	300
750	663	790	714	380
850	854	967	875	400
950	1076	1242	1086	600
1050	1241	1475	1264	700
1150	1420	1650	1433	800

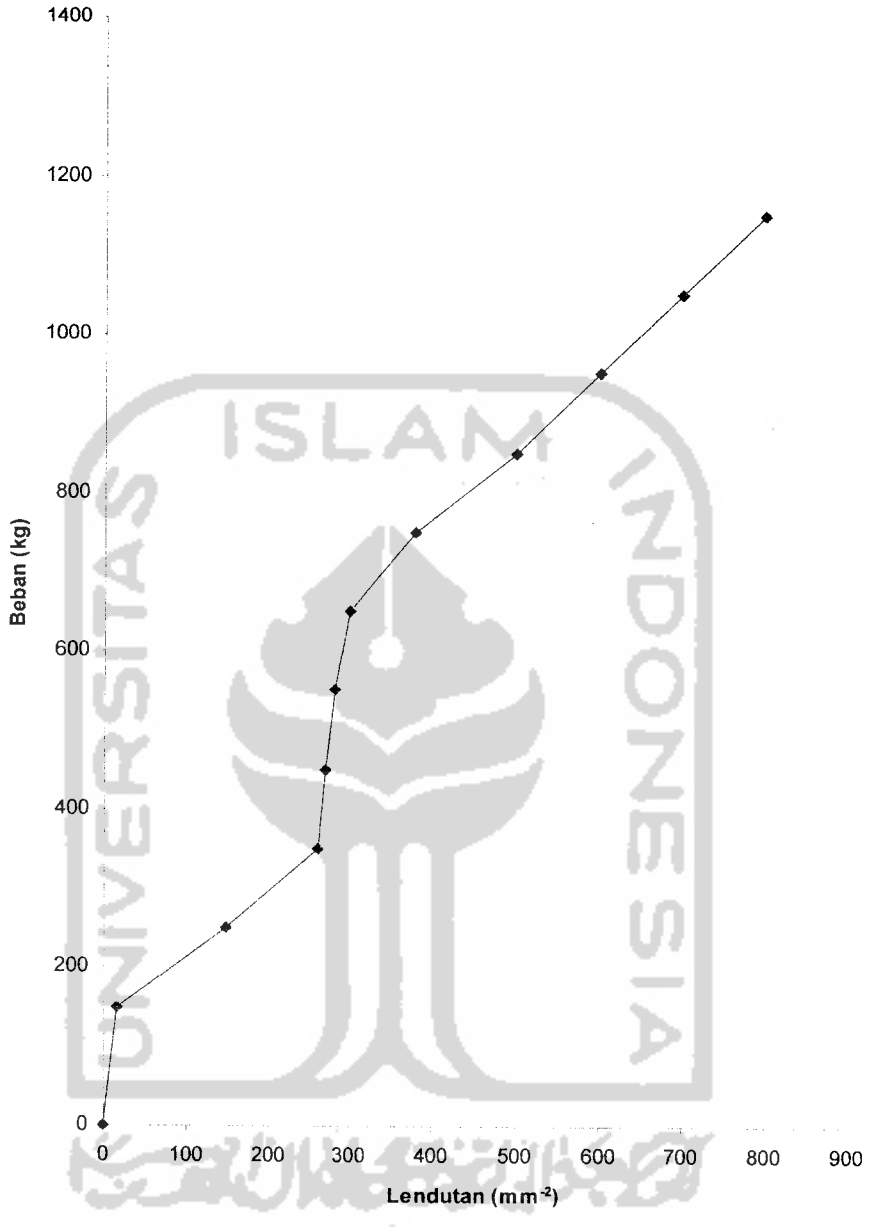


Gambar 5.5 hubungan beban-lendutan kuda-kuda Triple Fan

Dari grafik hubungan tersebut, dibuat hasil regresinya yang ditunjukan dengan gambar berikut :

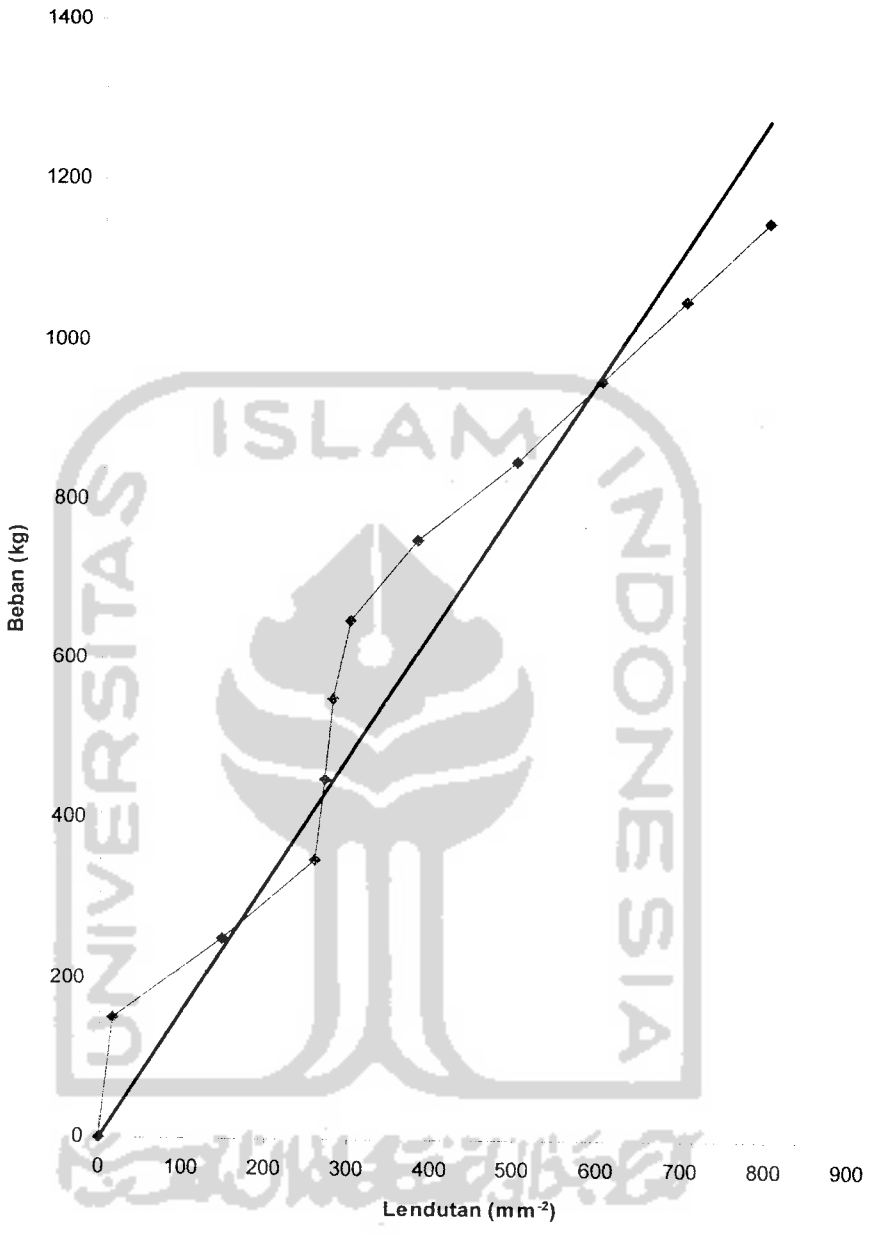


Gambar 5.6 hubungan beban-lendutan kuda-kuda Triple Fan hasil regresi

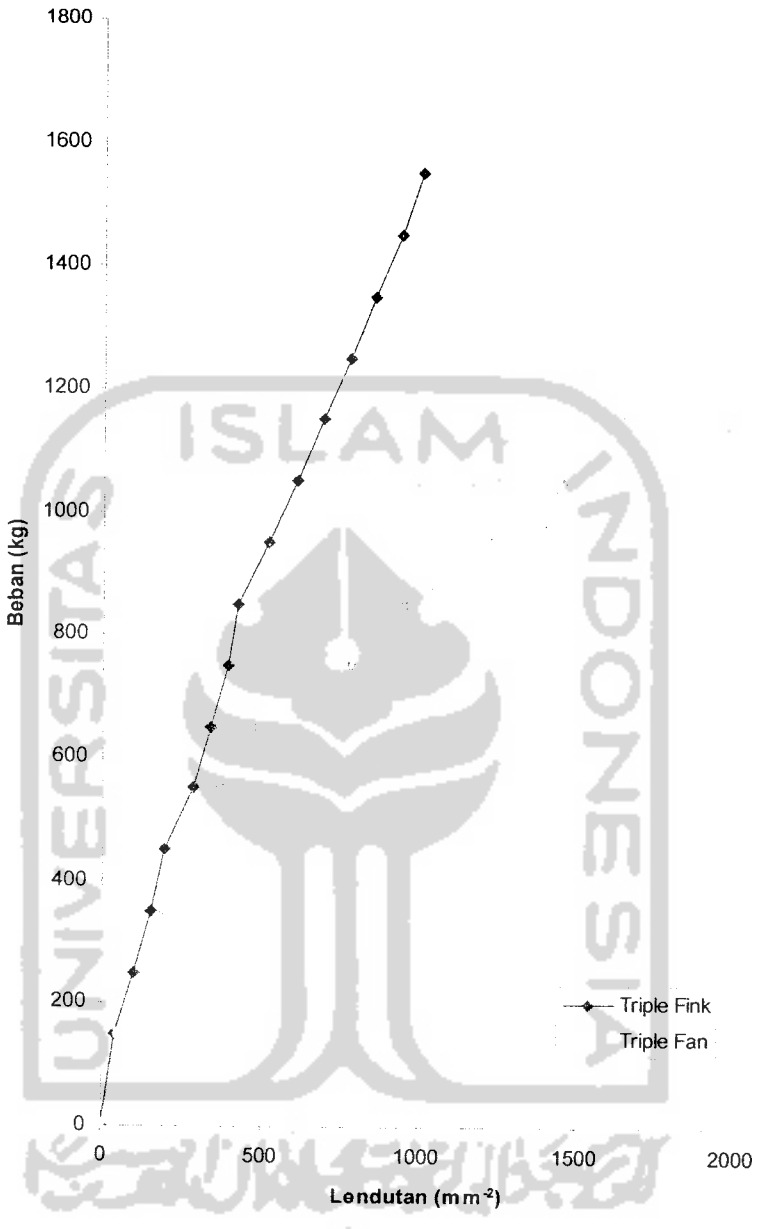


Gambar 5.7 hubungan beban-lendutan arah lateral kuda-kuda Triple Fan

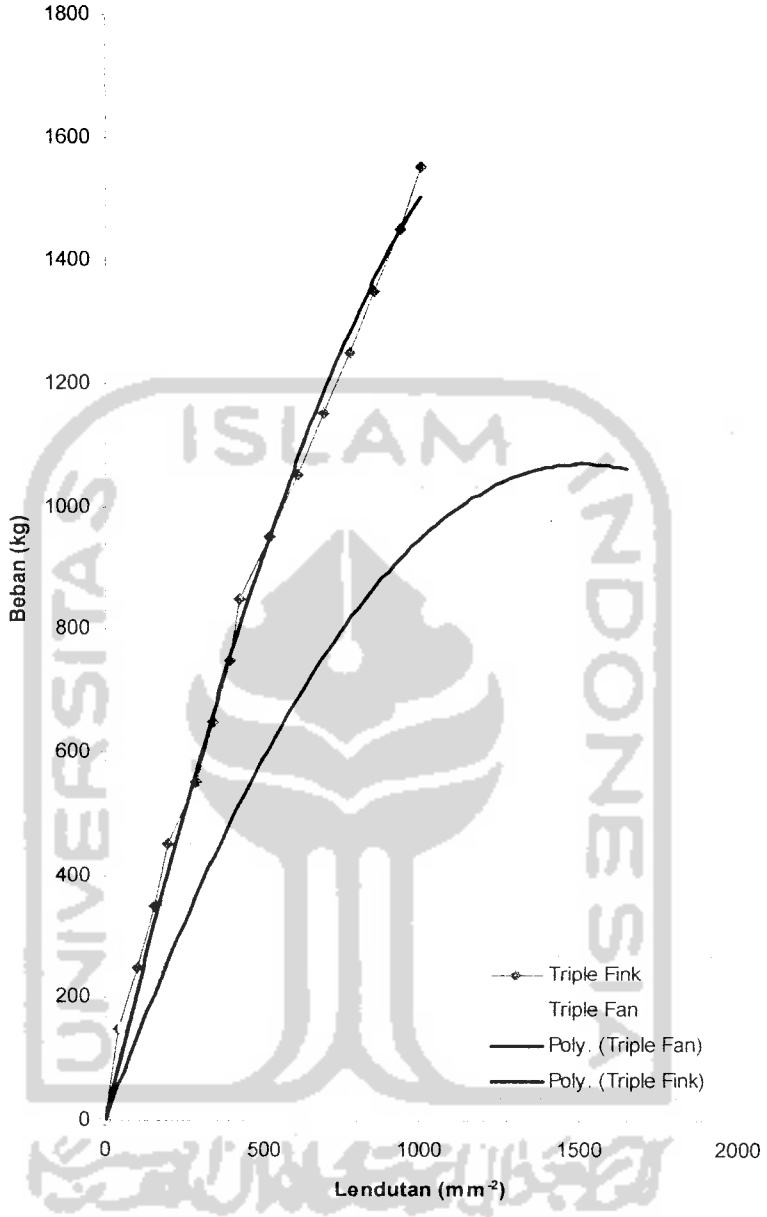
Dari grafik hubungan diatas, dibuat hasil regresinya yang ditunjukan dengan Gambar 5.8



Gambar 5.8 hubungan beban-lendutan arah lateral kuda-kuda Triple Fan hasil regresi



Gambar 5.9 grafik beban-lendutan Triple Fink dan Triple Fan



Gambar 5.10 grafik beban-lendutan Triple Fink dan Triple Fan hasil regresi

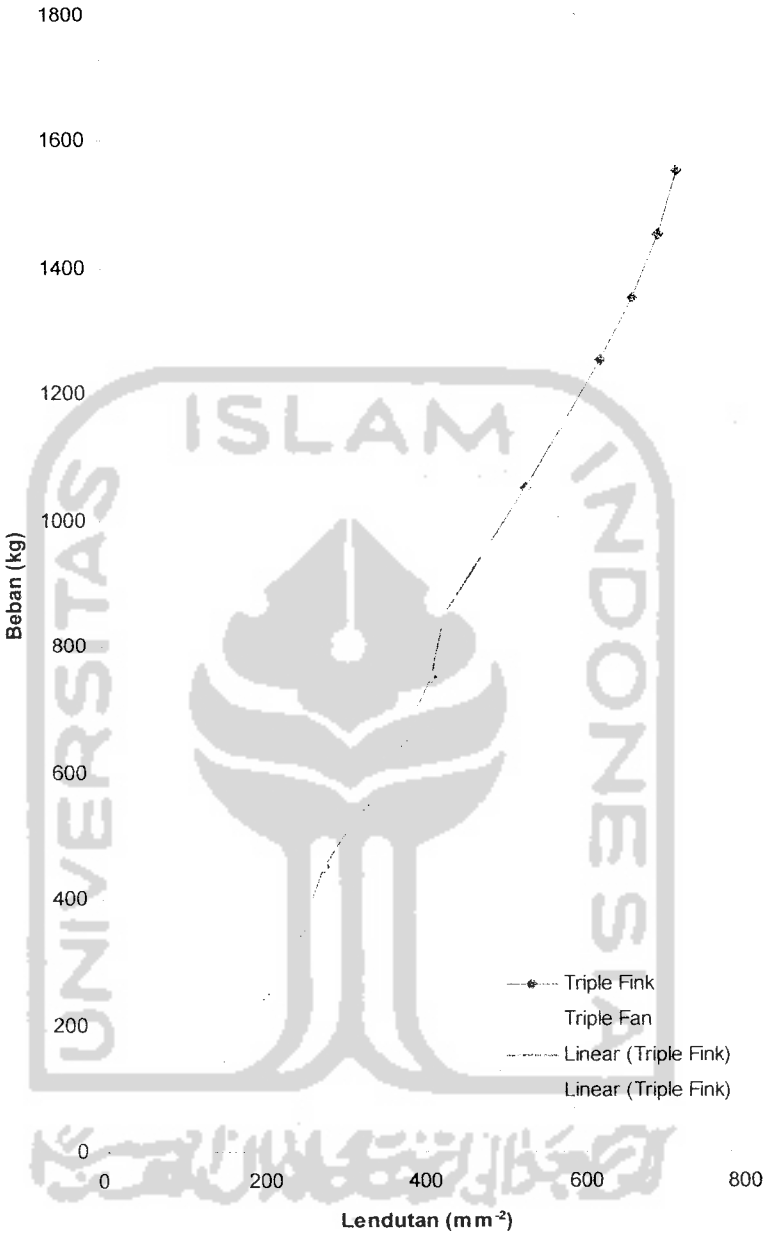
5.2.1. Grafik Beban Lendutan Hasil Analisa SAP

Tabel 5.3 Beban – Lendutan Triple Fink Hasil Analisa SAP

beban	d1	d2	d3	momen (kg.m)
0	0	0	0	0
150	150	148	150	412,5
250	199	199	199	687,5
350	245	243	245	962,5
450	276	274	276	1237,5
550	325	325	325	1512,5
650	375	372	372	1787,5
750	411	409	411	2062,5
850	427	425	426	2337,5
950	475	476	475	2612,5
1050	524	527	524	2887,5
1150	572	576	572	3162,5
1250	619	622	618	3437,5
1350	661	663	661	3712,5
1450	696	696	695	3987,5
1550	719	719	719	4262,5

Tabel 5.4 Beban – Lendutan Triple Fan hasil Analisa SAP

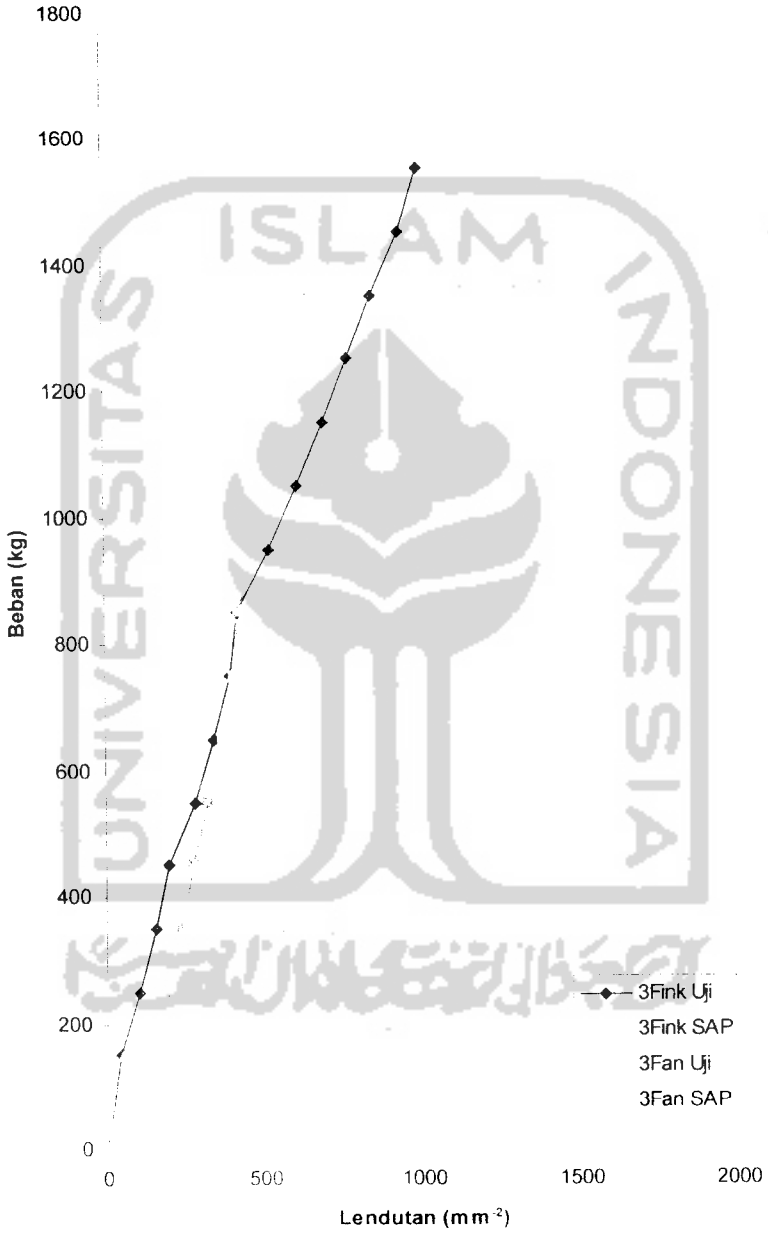
beban	d1	d2	d3	momen (kg.m)
0	0	0	0	0
150	143	149	143	412.5
250	190	199	190	687.5
350	234	243	234	962.5
450	263	273	263	1237.5
550	311	324	311	1512.5
650	357	371	357	1787.5
750	393	408	393	2062.5
850	408	423	408	2337.5
950	456	474	456	2612.5
1050	504	545	504	2887.5
1150	550	574	550	3162.5



Gambar 5.11 Grafik beban-lendutan hasil analisa SAP

5.2.2 Grafik Beban Lendutan Hasil Pengujian Dan Analisa SAP

Dari grafik gabungan hasil pengujian dan analisa SAP didapat hasil seperti gambar 5.7

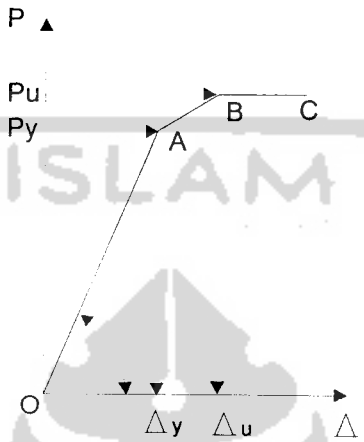


Gambar 5.12 grafik beban-lendutan pengujian dan hasil analisa SAP

5.3. Kekakuan Struktur Benda Uji

Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society for Testing and Material (ASTM)*, kekakuan suatu struktur rangka batang dinyatakan dengan :

$$\mathbf{k = tg\ \alpha = P/\Delta}$$



Gambar 5.13 Grafik hubungan beban (P) – lendutan (Δ)

Kekakuan rangka hingga beban patah dinyatakan dengan garis OA pada diagram beban-lendutan atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban maka rangka akan menjadi plastis sebagian yang ditunjukkan dengan garis AB. Jika beban ditambah lagi maka rangka akan menjadi plastis sempurna yang ditunjukkan dengan garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

5.3.1. Kekakuan Rangka Kuda-kuda Triple Fink

Dari hasil pengujian di lapangan dapat diketahui beban maksimal pada daerah elastis adalah 850 kg, yang mengakibatkan struktur mengalami lendutan sebesar 4,23 mm.

Dari data tersebut dapat dicari kekakuan dari benda uji kuda-kuda Triple Fink, yaitu :

$$k = tg\ \theta = \frac{850}{4,42} = 192,3 \text{ kg/mm}$$

$$\theta = arctg\ 192,3$$

$$\theta = 89,7^{o}$$

5.3.2. Kekakuan Rangka Kuda-kuda Triple Fan

Dari hasil pengujian di lapangan dapat diketahui beban maksimal pada daerah elastis adalah 650 kg, yang mengakibatkan struktur mengalami lendutan sebesar 4,95 mm.

Dari data tersebut dapat dicari kekakuan dari benda uji kuda-kuda Triple Fink, yaitu :

$$k = tg\ \theta = \frac{650}{4,55} = 142,8 \text{ kg/mm}$$

$$\theta = arctg\ 142,8$$

$$\theta = 89,6^{o}$$

5.3.3. Perbandingan Hasil Pengujian

Gambar 5.10 menunjukan bahwa kuda-kuda Triple Fink mempunyai kekakuan yang lebih besar dari kuda-kuda Triple Fan. Hal ini juga akan terlihat pada prosentase yang telah dilakukan perhitungannya di bawah ini.

- Kekakuan Kuda-kuda Triple Fink = 192,3 kg/mm
- Kekakuan Kuda-kuda Triple Fan = 142,8 kg/mm

Prosentase kekakuan adalah:

$$\left(\frac{192,3}{142,8}\right) \text{x } 100\ \% = 134,6\ \%$$

Dari hasil yang tersebut, dapat dikatakan bahwa kuda-kuda Triple Fink lebih kaku 134,6 % dari pada kuda-kuda Triple Fan.

5.4. Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Pengujian

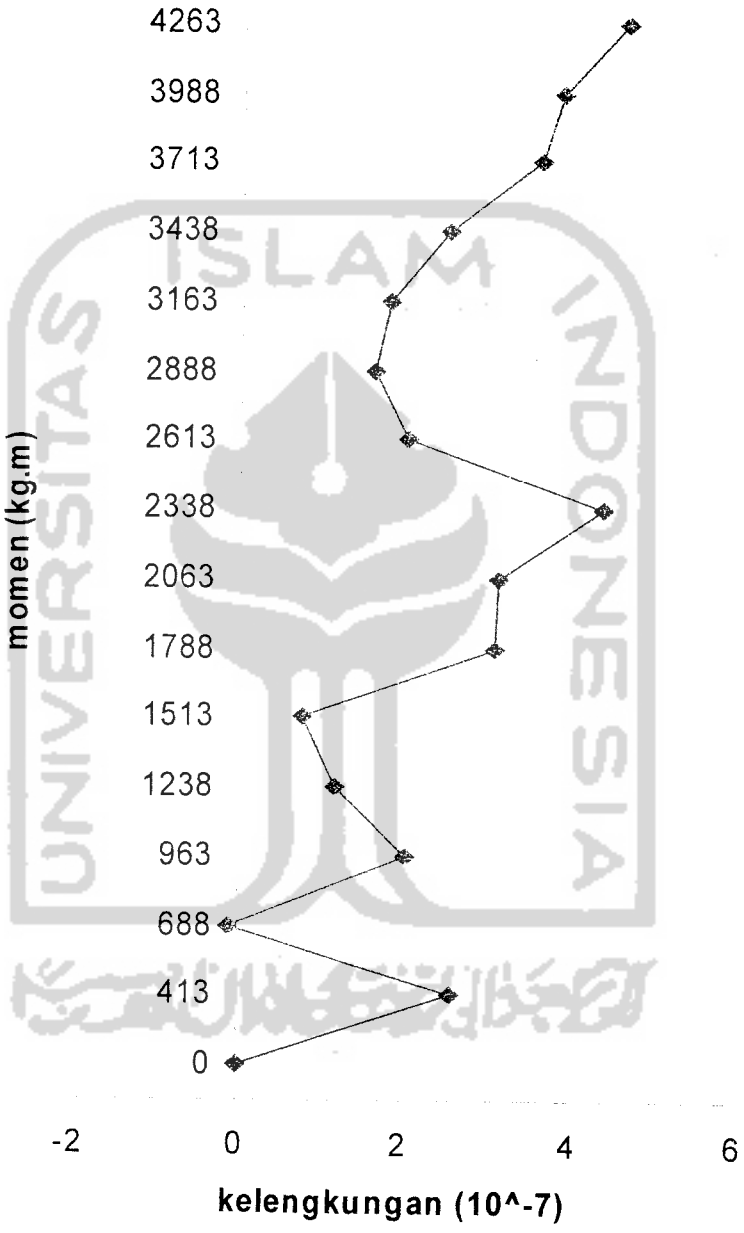
Dari hasil penelitian didapatkan data beban (P) – lendutan (Δ), sehingga dapat dicari momen (M) – Kelengkungan (ϕ), rumus yang dipakai dalam perhitungan ini adalah

Kelengkungan : $\phi = \dfrac{\Delta_1 - 2\Delta_2 + \Delta 3}{\Delta x^2}$

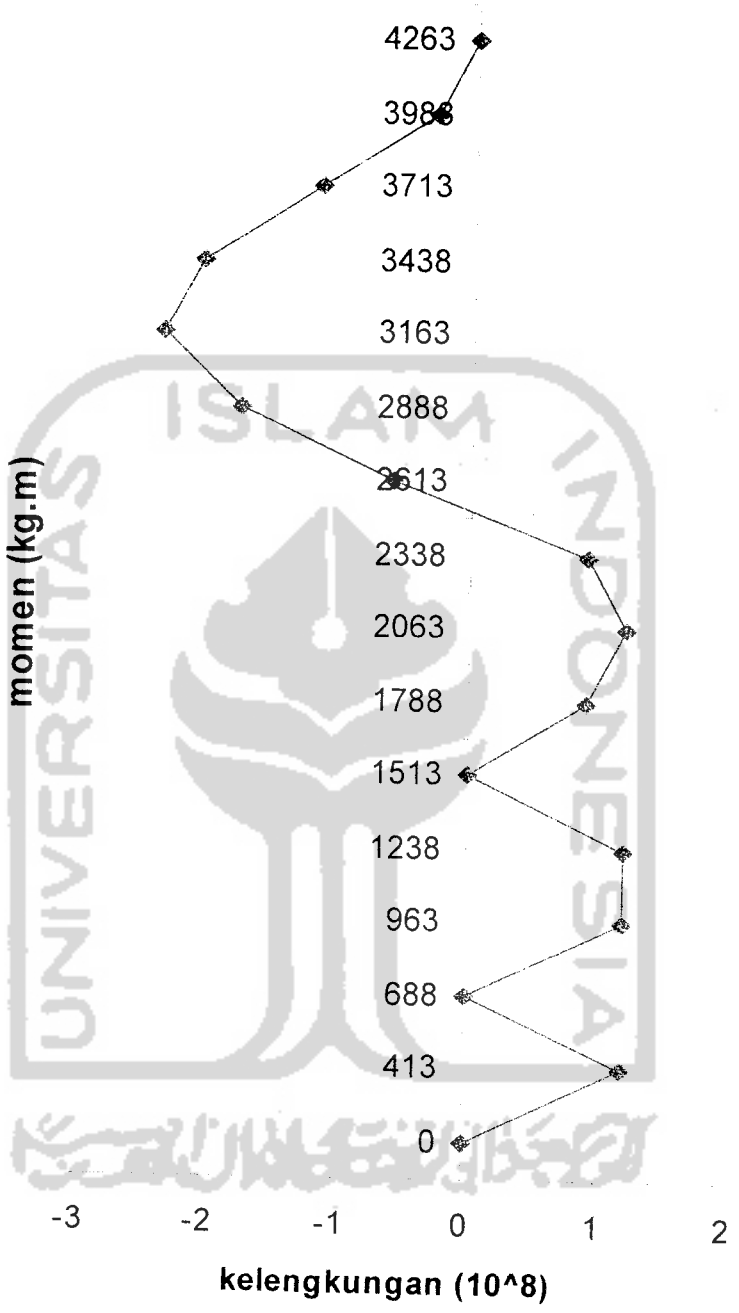
Momen = ¼ PL

Tabel 5.5 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fink

BEBAN (Kg)	DIAL 1 (10^{-2} mm)	DIAL 2 (10^{-2} mm)	DIAL 3 (10^{-2} mm)	DIAL 4 (10^{-2} mm)	MOMEN (Kg.m)	KELENGKUNGAN (10^{-7} / mm)
0	0	0	0	0	0	0
150	70	43	80	25	412,5	2,60
250	104	103	103	140	687,5	-0,08
350	178	156	184	286	962,5	2,03
450	221	198	204	340	1237,5	1,18
550	298	285	291	475	1512,5	0,77
650	376	340	380	685	1787,5	3,08
750	441	396	428	770	2062,5	3,12
850	474	423	480	840	2337,5	4,38
950	564	520	526	1220	2612,5	2,03
1050	654	610	606	1610	2887,5	1,68
1150	740	695	695	2220	3162,5	1,83
1250	824	776	790	2560	3437,5	2,52
1350	911	855	888	2910	3712,5	3,61
1450	991	942	988	3410	3987,5	3,85
1550	1050	1005	1074	3690	4262,5	4,62



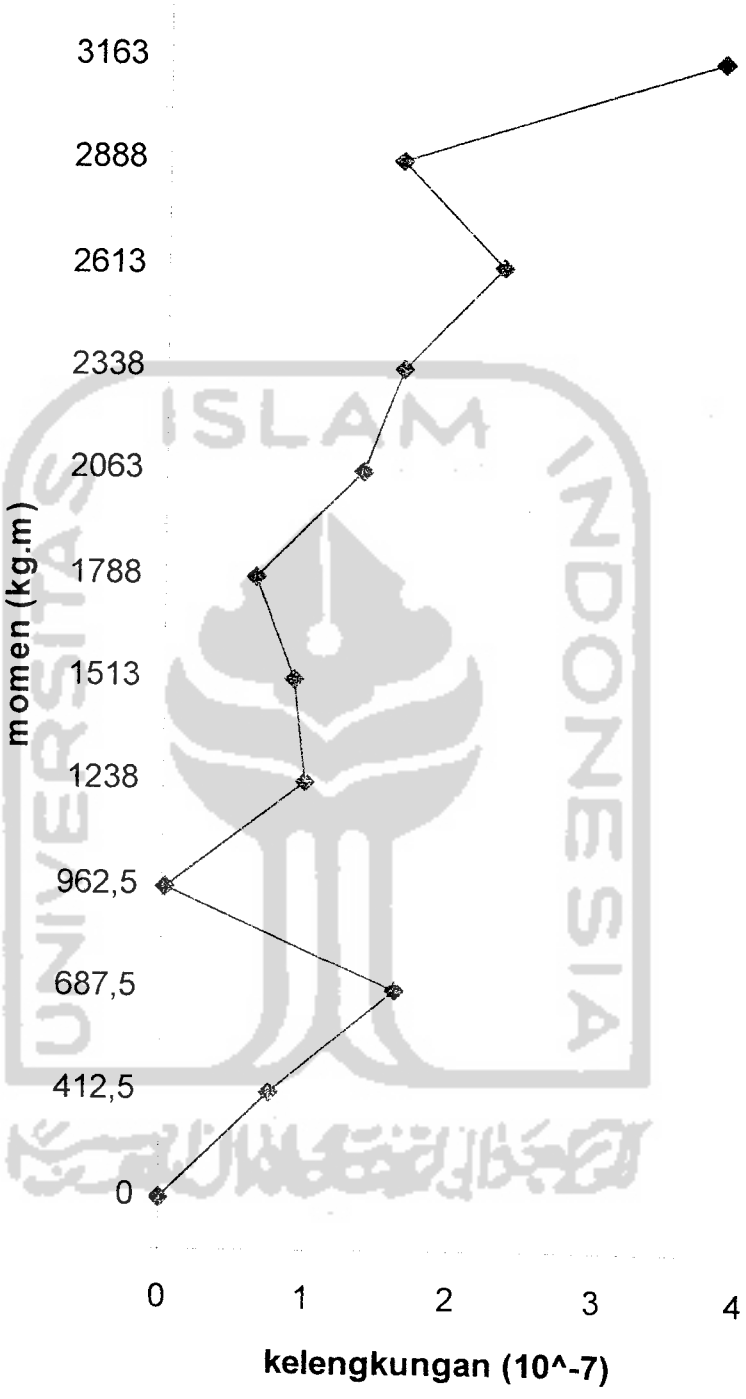
Gambar 5.14 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fink



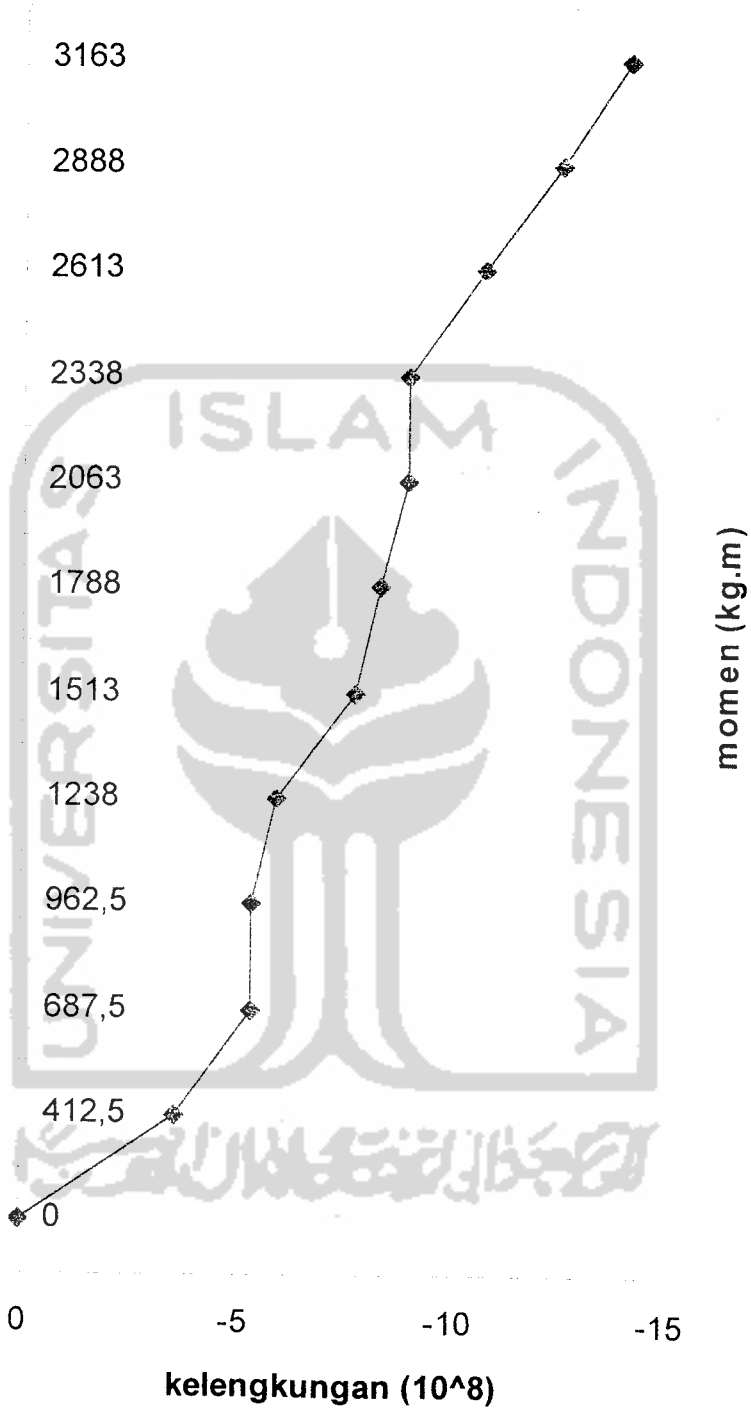
Gambar 5.15 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fink hasil analisa SAP

Tabel 5.6 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fan

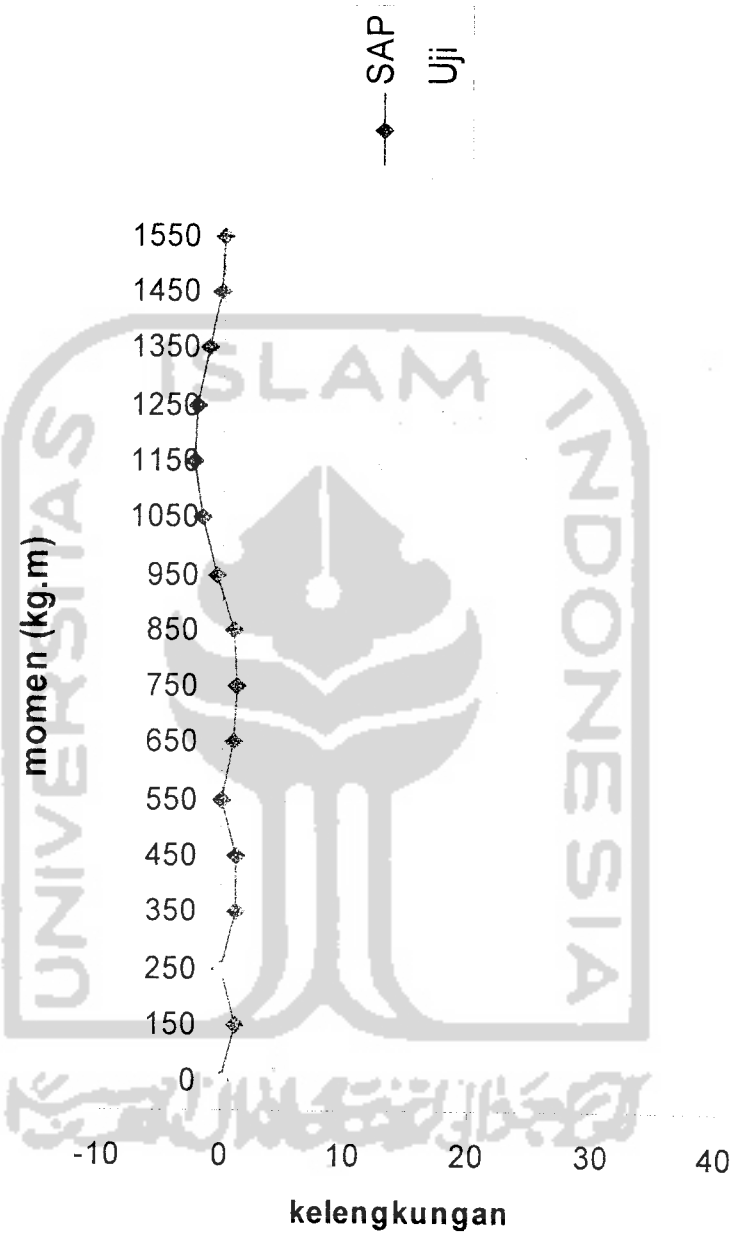
BEBAN (Kg)	DIAL 1 (10^{-2} mm)	DIAL 2 (10^{-2} mm)	DIAL 3 (10^{-2} mm)	DIAL 4 (10^{-2} mm)	MOMEN (Kg.m)	KELENGKUNGAN (10^{-8} / mm)
0	0	0	0	0	0	0
150	19	57	38	15	412,5	0,75
250	106	175	121	148	687,5	1,63
350	188	200	210	260	962,5	0,03
450	240	280	245	108	1237,5	0,99
550	338	380	353	280	1512,5	0,91
650	456	495	486	300	1787,5	0,63
750	663	790	714	380	2062,5	1,36
850	854	967	875	400	2337,5	1,64
950	1076	1242	1086	600	2612,5	2,31
1050	1241	1475	1264	700	2887,5	1,61
1150	1420	1650	1423	800	3162,5	3,78



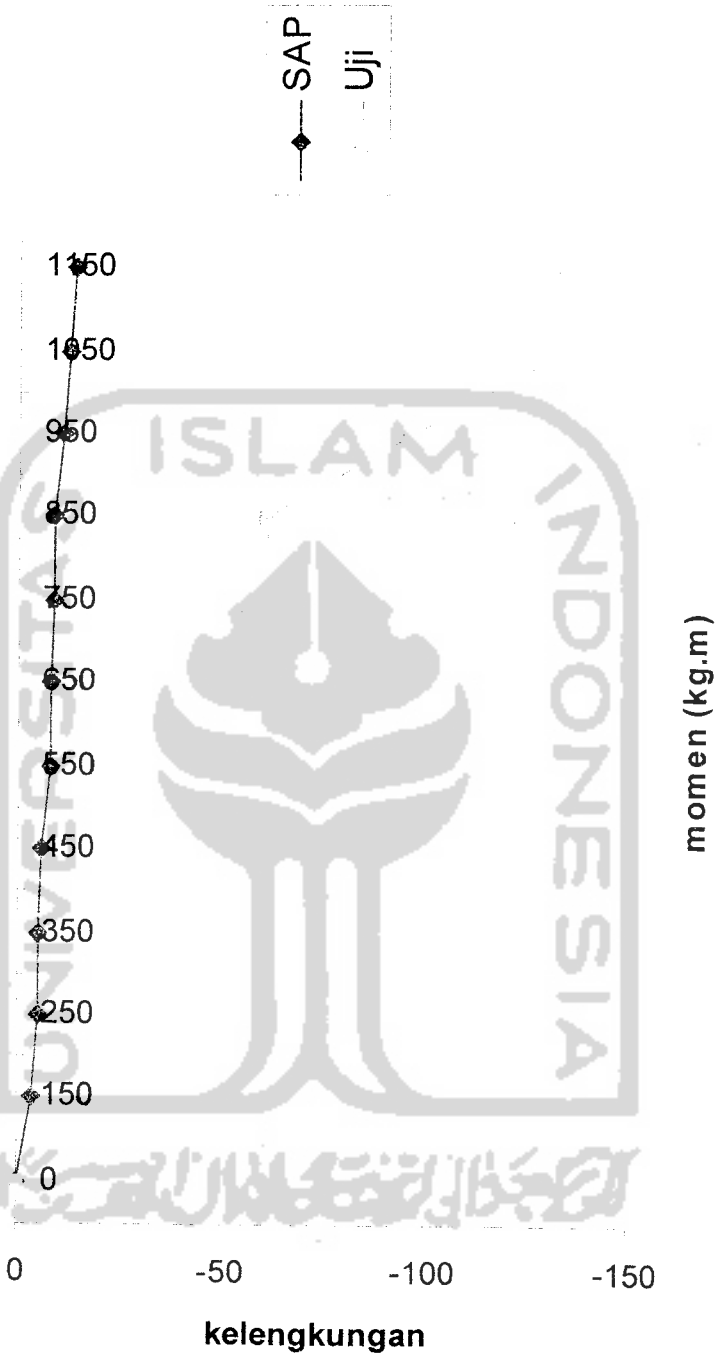
Gambar 5.16 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fan



Gambar 5.17 grafik mmen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fan hasil analisa SAP



Gambar 5.18 perbandingan grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fink hasil pengujian dan hasil analisa SAP



Gambar 5.19 perbandingan grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fan hasil pengujian dan hasil analisa SAP

5.4.1. Analisis Rangka Batang Hasil Pengujian

Seperti halnya yang terjadi pada grafik beban dan lendutan, pada grafik momen dan kelengkungan menunjukan bahwa tipe rangka yang berbeda akan berpengaruh pada faktor kekakuan rangka batang. Untuk analisis *truss* hasil pengujian, momen dan kelengkungan diambil pada beban maksimum.

a. Triple Fink

P maks = 1550 Kg

M = 4262,5 kg.m ϕ =4,62.10^{-7} mm

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{4262{,}5.10^{3}}{4{,}62.10^{-7}} = 9{,}226.10^{12}\ Kg.mm^{2}$$

b. Triple Fan

P maks = 1150 Kg.

M = 3162,5 Kgm ; ϕ = 3,78.10^{-7} mm

$$EI = \frac{M}{\phi}$$

$$EI = \frac{3162{,}5.10^{3}}{3{,}78.10^{-7}} = 8{,}366.10^{12}\ Kgmm^{2}$$

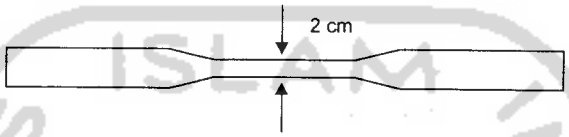
Prosentase kekakuan adalah:

$$\left(\frac{9{,}226.10^{12}}{8{,}366.10^{12}}\right) \times 100\ \% = 110{,}2\ \%$$

Dari hasil yang tersebut, dapat dikatakan bahwa kuda-kuda Triple Fink lebih kaku 110,2 % dari pada kuda-kuda Triple Fan.

5.5. Uji Tarik Profil

- Benda uji diambil dari Profil C 73,5 x 38,4 x 9 x 1,4 dengan bentuk seperti gambar berikut :



Gambar 5.20 Benda uji pada uji tarik profil

Luas (A) $= 1,4 \times 20 = 28 \text{ mm}^2$

$= 0,0434 \text{ in}^2$

Beban Leleh (P_{leleh}) = 415 kg (4067 N)

= 0,91 kip

Tegangan Leleh (F_y) $= \frac{0,91}{0,0434} = 20,96$ ksi

Beban Putus (P_{putus}) = 465 kg (4557 N)

= 1,02 kip

Tegangan (F_u) $= \frac{1,02}{0,0434} = 23,5$ ksi

5.6. Uji Geser Baut

Diameter = 0,315 in

Luas (A) = 0,078 in^2

Beban Putus (P_{putus}) = 8 KN = 1,7984 kip

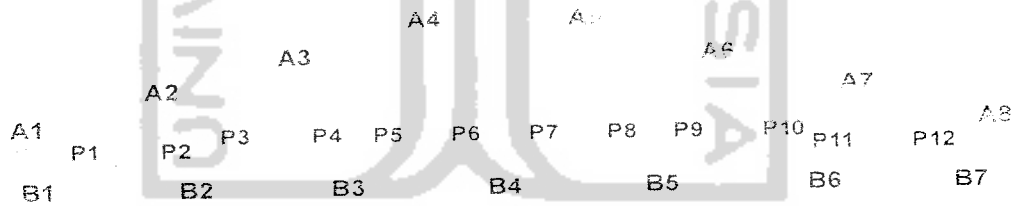
Tegangan Geser (F_v) = $\frac{1,7984}{0,078}$ = 23,05 ksi

BAB VI

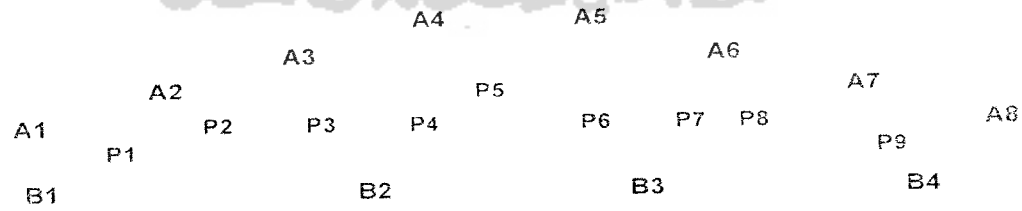
PEMBAHASAN

Pengujian pembebanan pada benda uji kuda-kuda Triple Fink dan Triple Fan dilakukan sampai kedua benda uji tersebut mengalami keruntuhan. Dari hasil pengujian itu, dibuat grafik hubungan beban-lendutan kedua kuda-kuda tersebut seperti yang dapat dilihat pada BAB V gambar 5.1 dan 5.5. Untuk mengetahui penyebab runtuhnya kedua kuda-kuda tersebut, maka dilakukan analisis dari profil yang digunakan sebagai bahan penyusun kuda-kuda tersebut.

Untuk memudahkan dalam menganalisis, maka setiap komponen penyusun rangka kuda-kuda tersebut diberi kode sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut:



Triple Fink



Triple Fan

Gambar 6.1 Kode Batang kuda-kuda Triple Fink dan Triple Fan

6.1 Analisis Batang Tekan

6.1.1 Batang A1 (Profil C 73,5 x 38,4 x 9 x 1,4)

Data Profil :

h = 73,5 mm (2,89 in)

b = 38,4 mm (1,51 in)

d = 9 mm (0,354 in)

t = 1,4 mm (0,055 in)

L = 1425 mm (56,1 in)

A = 235,62 mm^2 (0,36 in^2)

$$Ix = \frac{1}{12}(h.t^3) + \frac{1}{2}b.t.h^2 + \frac{2}{3}d^3.t + \frac{1}{2}d.t.h^2 - d^2.t.h + \frac{1}{6}b.t^3$$

Ix = 0,52 in^4

$$Iy = \frac{1}{12}(h.t^3) + \frac{2}{3}t.b^3 + \frac{1}{6}d.t^3 + 2.d.t.b^2 - (h.t + 2.b.t + 2.d.t)b^2 \frac{(b+2d)^2}{(h+2b+2d)^2}$$

Iy = 0,13102 in^4

$$rx = \sqrt{\frac{Ix}{A}} = \sqrt{\frac{0,52}{0,36}} = 1,2in$$

$$ry = \sqrt{\frac{Iy}{A}} = \sqrt{\frac{0,13102}{0,36}} = 0,6in$$ (menentukan)

Faktor Reduksi Bentuk

Untuk elemen yang tidak diperkuat:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = \frac{1{,}51}{0{,}055} = 27{,}45$$

$$\frac{76}{\sqrt{Fy}} = \frac{76}{\sqrt{20{,}96}} = 16{,}6$$

$$\frac{155}{\sqrt{Fy}} = \frac{155}{\sqrt{20{,}96}} = 33{,}856$$

$$\frac{76}{\sqrt{Fy}} < \frac{b}{t} < \frac{155}{\sqrt{Fy}}$$

$$Qs = 1{,}34 - 0{,}00447\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{Fy}$$

$$Qs = 0{,}778$$

Untuk elemen yang diperkuat:

$$\left[\frac{b}{t} = \frac{2{,}89}{0{,}055} = 52{,}55\right] < \left[\frac{253}{\sqrt{Fy}} = 55{,}262\right]$$

$$Qa = 1$$

$$Q = Qa.Qs \qquad Q = 1x0{,}788 = 0{,}788$$

$$\text{Cc} = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} = \sqrt{\frac{2x3{,}14^2 x29000}{(20{,}96)}} = 165{,}26$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1x56{,}1}{0{,}6} = 93{,}5 \qquad \text{(lebih kecil dari Cc = 165,26)}$$

$$\text{Fa} = \frac{QFy}{FS}\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2}\right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{(Kl/r)}{Cc} - \frac{1}{8}\frac{(Kl/r)^3}{(Cc)^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{(93,5)}{165,26} - \frac{1}{8}\frac{(95,3)^3}{(165,26)^3} = 1,86$$

$$Fa = \frac{0,788(20,96)}{1,86}\left[1 - \frac{(93,5)^2}{2(186,168)^2}\right] = 7,4\,ksi$$

P = Fa x A

= 7,4 x 0,36

= 2,7 kip = 1221,20 kg

6.1.2 Batang P1 (Profil C 59 x 24,5 x 9 x 1)

Data Profil :

h = 59 mm (2,32 in)

b = 24,5 mm (0,96 in)

d = 9 mm (0,354 in)

t = 1 mm (0,039 in)

L = 420 mm (16,5 in)

A = 126 mm^2 (0,19 in^2)

$$Ix = \frac{1}{12}(h^3.t) + \frac{1}{2}b.t.h^2 + \frac{2}{3}d^3.t + \frac{1}{2}d.t.h^2 - d^2.t.h + \frac{1}{6}b.t^3$$

Ix = 0,18 in^4

$$Iy = \frac{1}{12}(h.t^3) + \frac{2}{3}t.b^3 + \frac{1}{6}d.t^3 + 2.d.t.b^2 - (h.t + 2.b.t + 2.d.t)b^2\frac{(b+2d)^2}{(h+2b+2d)^2}$$

Iy = 0,0282 in^4

$$rx = \sqrt{\frac{Ix}{A}} = \sqrt{\frac{0,18}{0,19}} = 0,97in$$

$$ry = \sqrt{\frac{Iy}{A}} = \sqrt{\frac{0,0282}{0,19}} = 0,38in \quad \text{(menentukan)}$$

Faktor Reduksi Bentuk

Untuk elemen yang tidak diperkuat:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = \frac{0,96}{0,039} = 24,62$$

$$\frac{76}{\sqrt{Fy}} = \frac{76}{\sqrt{20,96}} = 16,6$$

$$\frac{155}{\sqrt{Fy}} = \frac{155}{\sqrt{20,96}} = 33,856$$

$$\frac{76}{\sqrt{Fy}} < \frac{b}{t} < \frac{155}{\sqrt{Fy}}$$

$$Qs = 1,34 - 0,00447\left(\frac{b}{t}\right)\sqrt{Fy}$$

$$Qs = 0,84$$

Untuk elemen yang diperkuat:

$$\left[\frac{b}{t} = \frac{2,32}{0,039} = 59,49\right] > \left[\frac{253}{\sqrt{Fy}} = 55,262\right]$$

$$f = 0,6FyQs = 0,6(20,96)(0,84) = 10,56384ksi$$

$$\frac{b_E}{t} = \frac{253}{\sqrt{f}}\left[1 - \frac{44,3}{(b/t)\sqrt{f}}\right] = 59,94$$

$\frac{b_E}{t} > \frac{b}{t}$ Qa = 1

$Q = Qa.Qs$

$Q = 1x0,84 = 0,84$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} = \sqrt{\frac{2x3,14^2 x29000}{(20,96)}} = 165,26$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1x16,5}{0,38} = 43,421 \quad \text{(lebih kecil dari Cc = 165,26)}$$

$$Fa = \frac{QFy}{FS}\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2}\right]$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{(Kl/r)}{Cc} - \frac{1}{8}\frac{(Kl/r)^3}{(Cc)^3}$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{(43,421)}{165,26} - \frac{1}{8}\frac{(43,421)^3}{(165,26)^3} = 1,76$$

$$Fa = \frac{0,84(20,96)}{1,76}\left[1 - \frac{(43,421)^2}{2(180,314)^2}\right] = 9,66ksi$$

P = Fa x A

= 9,66 x 0,19

= 1,8 kip = 817 kg

Besarnya kapasitas dukung dari setiap batang penyusun pada kedua kuda-kuda tersebut dapat dilihat pada tabel 6.1 dan 6.2, dan dengan menggunakan bantuan Program SAP 2000, dapat diketahui gaya aksial yang terjadi pada batang penyusun kuda-kuda Triple Fink dan Triple Fan pada setiap pembebanan. Besarnya gaya-gaya batang tersebut dapat dilihat pada table 6.3 dan 6.4

Tabel 6.1 Kapasitas dukung profil pada kuda-kuda Triple Fink

No	Batang	Profil	Gaya aksial	L (in)	r min (in)	KL/r	A (in²)	Cc	Q	FS	Fa (ksi)	P (kip)
1	A1	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
2	A2	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
3	A3	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
4	A4	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
5	A5	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
6	A6	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
7	A7	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
8	A8	C 73,5x38,4x9x1,4	tekan	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
9	B1	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					2,7
10	B2	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
11	B3	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
12	B4	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
13	B5	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
14	B6	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
15	B7	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	61,87			0,36					7,5
16	P1	C 59x24,5x9x1	tekan	16,5	0,38	43,42	0,19	165,26	0,84	1,76	9,6423	1,8
17	P2	C 59x24,5x9x1	tarik	55,1			0,19					4,0
18	P3	C 59x24,5x9x1	tekan	33,46	0,38	88,05	0,19	165,26	0,84	1,85	8,1769	1,6
19	P4	C 59x24,5x9x1	tarik	58,66			0,19					4,0
20	P5	C 59x24,5x9x1	tekan	50	0,38	131,58	0,19	165,26	0,84	1,90	6,3222	1,2
21	P6	C 59x24,5x9x1	tarik	66,53			0,19					4,0
22	P7	C 59x24,5x9x1	tarik	66,53			0,19					4,0
23	P8	C 59x24,5x9x1	tekan	50	0,38	131,58	0,19	165,26	0,84	1,90	6,3222	1,2
24	P9	C 59x24,5x9x1	tarik	58,66			0,19					4,0
25	P10	C 59x24,5x9x1	tekan	33,46	0,38	88,05	0,19	165,26	0,84	1,85	8,1769	1,6
26	P11	C 59x24,5x9x1	tarik	55,1			0,19					4,0
27	P12	C 59x24,5x9x1	tekan	16,5	0,38	43,42	0,19	165,26	0,84	1,76	9,6423	1,8

Tabel 6.2 Kapasitas dukung profil pada kuda-kuda Triple Fan

No	Batang	Profil	Gaya aksial	L (in)	r min (in)	KL/r	A (in²)	Cc	Q	FS	Fa (ksi)	P (ksi)
1	A1	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
2	A2	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
3	A3	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
4	A4	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
5	A5	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
6	A6	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
7	A7	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
8	A8	C 73,5x38,4x9x1,4	desak	56,1	0,6	93,50	0,36	165,26	0,788	1,86	7,4739	2,7
9	B1	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	108,27			0,36					7,5
10	B2	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	108,27			0,36					7,5
11	B3	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	108,27			0,36					7,5
12	B4	C 73,5x38,4x9x1,4	tarik	108,27			0,36					7,5
13	P1	C 59x24,5x9x1	desak	56,3	0,38	148,16	0,19	165,26	0,84	1,91	5,5055	1,0
14	P2	C 59x24,5x9x1	desak	29,5	0,38	77,63	0,19	165,26	0,84	1,83	8,5601	1,6
15	P3	C 59x24,5x9x1	tarik	70,1			0,19					4,0
16	P4	C 59x24,5x9x1	desak	70,1	0,38	184,47	0,19	165,26	0,84	1,91	3,4724	0,7
17	P5	C 59x24,5x9x1	tarik	59,1			0,19					4,0
18	P6	C 59x24,5x9x1	desak	70,1	0,38	184,47	0,19	165,26	0,84	1,91	3,4724	0,7
19	P7	C 59x24,5x9x1	tarik	70,1			0,19					4,0
20	P8	C 59x24,5x9x1	desak	29,5	0,38	77,63	0,19	165,26	0,84	1,83	8,5601	1,6
21	P9	C 59x24,5x9x1	desak	56,3	0,38	148,16	0,19	165,26	0,84	1,91	5,5055	1,0

Tabel 6.3 Gaya aksial yang terjadi pada setiap pembebanan kuda-kuda Triple Fink (kg)

No	Batang	Kapasitas (kg)	Beban (kg)										
			150	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150
1	A1	-1221,2	-206,06	-296,20	-386,39	-475,77	-565,92	-656,08	-745,86	-790,55	-880,70	-970,85	-1061,01
2	A2	-1221,2	-204,05	-296,16	-387,89	-465,86	-557,52	-649,21	-734,06	-773,05	-864,71	-956,37	-1048,05
3	A3	-1221,2	-185,56	-280,14	-362,50	-404,16	-498,75	-587,22	-649,22	-670,05	-764,64	-859,23	-950,75
4	A4	-1221,2	-158,86	-241,66	-296,99	-324,60	-413,39	-482,45	-523,93	-537,73	-629,51	-715,30	-791,24
5	A5	-1221,2	-158,24	-241,04	-296,37	-323,98	-412,77	-481,83	-523,31	-537,11	-628,89	-714,68	-790,62
6	A6	-1221,2	-184,94	-279,52	-361,88	-403,54	-498,12	-586,60	-648,60	-669,43	-764,02	-858,64	-950,13
7	A7	-1221,2	-203,88	-295,54	-387,27	-465,24	-557,90	-648,59	-733,44	-772,43	-864,09	-955,75	-1047,43
8	A8	-1221,2	-205,44	-295,58	-385,77	-475,15	-565,30	-655,46	-745,24	-789,93	-880,08	-970,56	-1060,39
9	B1	3424,78	198,11	284,88	371,70	457,70	544,48	631,27	717,68	760,68	847,45	934,23	1021,01
10	B2	3424,78	186,33	277,60	368,59	414,82	506,08	597,21	665,82	688,94	780,19	871,45	962,65
11	B3	3424,78	163,52	254,73	315,73	345,18	437,47	513,58	559,30	574,52	665,86	757,11	840,77
12	B4	3424,78	140,71	209,60	255,50	278,47	358,69	416,08	450,51	462,00	547,88	622,44	685,58
13	B5	3424,78	163,52	254,73	315,73	346,18	437,47	513,58	559,32	574,52	665,86	757,11	840,77
14	B6	3424,78	186,33	277,60	389,59	414,82	506,08	597,21	665,82	688,94	780,19	871,45	962,65
15	B7	3424,78	198,11	284,88	371,70	457,70	544,48	631,27	717,68	760,68	847,45	934,23	1021,01
16	P1	-831,52	-5,40	-3,90	-2,53	-25,34	-23,85	-22,41	-33,13	-44,53	-43,05	-41,55	-40,08
17	P2	1807,52	12,84	9,69	6,88	41,67	38,53	35,54	51,54	68,94	65,80	62,65	59,58
18	P3	-705,15	-14,73	-14,51	-38,56	-50,53	-50,22	-62,14	-80,15	-86,12	-85,78	-85,52	-91,37
19	P4	1807,52	22,54	22,48	50,62	65,33	65,20	79,24	100,66	108,02	107,86	107,77	114,75
20	P5	-545,21	-21,70	-45,69	-61,72	-69,77	-81,67	-101,68	-113,72	-117,74	-123,59	-141,53	-163,53
21	P6	1807,52	26,09	50,13	66,36	74,39	86,31	106,44	118,57	122,59	128,46	146,44	168,52
22	P7	1807,52	27,39	51,42	67,65	75,68	87,60	107,74	119,87	12,89	129,76	147,74	169,82
23	P8	-545,21	-22,68	-46,66	-62,70	-70,75	-82,64	-102,65	-114,69	-118,72	-124,56	-142,50	-164,50
24	P9	1807,52	23,52	23,45	51,59	66,30	66,17	80,24	101,64	108,99	108,84	108,74	115,73
25	P10	-705,15	-15,38	-15,16	-39,21	-51,18	-50,87	-62,79	-80,79	-86,78	-86,43	-86,17	-92,02
26	P11	1807,52	13,49	10,34	7,52	42,32	39,18	36,19	54,19	69,58	66,45	63,30	60,23
27	P12	-831,52	-5,73	-4,22	-2,85	-25,66	-24,17	-22,73	-33,45	-44,86	-43,37	-41,88	-40,40

Tabel 6.3 Gaya aksial yang terjadi pada setiap pembebanan kuda-kuda Triple Fink (kg)

No	Batang	Kapasitas (kg)	Beban (kg)				
			1250	1350	1450	1550	1650
1	A1	-1221,2	-1151,18	**-1241,16**	**-1330,75**	**-1397,78**	**-1420,13**
2	A2	-1221,2	-1139,76	**-1228,05**	**-1309,46**	**-1367,94**	**-1387,43**
3	A3	-1221,2	-1036,17	-1108,35	-1160,18	-1191,42	-1201,83
4	A4	-1221,2	-853,44	-901,84	-936,38	-957,09	-964,00
5	A5	-1221,2	-852,81	-901,22	-935,76	-956,47	-963,37
6	A6	-1221,2	-1035,55	-1107,73	-1159,56	-1190,80	-1201,21
7	A7	-1221,2	-1139,14	**-1227,43**	**-1308,84**	**-1367,31**	**-1386,81**
8	A8	-1221,2	-1150,56	**-1240,54**	**-1331,13**	**-1397,16**	**-1419,50**
9	B1	3424,78	1107,82	1194,43	1280,63	1345,13	1366,63
10	B2	3424,78	1053,71	1133,51	1191,93	1225,60	1237,16
11	B3	3424,78	909,32	962,68	1000,77	1023,61	1031,22
12	B4	3424,78	737,23	777,40	806,09	823,32	829,06
13	B5	3424,78	909,32	962,68	4000,77	1023,61	1031,22
14	B6	3424,78	1053,71	1133,51	1191,93	1225,60	1237,16
15	B7	3424,78	1107,82	1194,43	1280,63	1345,13	1366,63
16	P1	-831,52	-38,67	-43,35	-60,11	-77,22	-82,92
17	P2	1807,52	56,68	63,27	88,66	114,76	123,46
18	P3	-705,15	-409,35	-130,38	-475,36	-154,34	-157,33
19	P4	1807,52	135,84	160,62	178,69	189,72	193,40
20	P5	-545,21	-181,55	-195,59	-205,63	-211,67	-213,68
21	P6	1807,52	-186,74	200,88	210,96	216,99	218,99
22	P7	1807,52	188,00	202,18	212,26	218,28	220,29
23	P8	-545,21	-182,52	-196,56	-206,61	-212,65	-214,66
24	P9	1807,52	136,81	161,60	179,66	190,70	194,38
25	P10	-705,15	-110,00	-131,03	-146,01	-154,99	-157,98
26	P11	1807,52	57,33	63,92	89,31	115,41	124,11
27	P12	-831,52	-39,00	-43,67	-60,43	-77,54	-83,25

Tabel 6.4 Gaya aksial yang terjadi pada setiap pembebanan kuda-kuda Triple Fan (kg)

No	Batang	Kapasitas	Beban (kg)										
		(kg)	150	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150
1	A1	-1221,2	-192,06	-283,01	-374,08	-463,98	-554,94	-645,95	-736,43	-781,38	-848,81	-939,01	-1029,78
2	A2	-1221,2	-181,58	-275,80	-369,74	-417,26	-551,48	-605,56	-676,29	-700,04	-735,68	-794,80	-877,14
3	A3	-1221,2	-181,00	-275,27	-368,59	-415,65	-509,87	-603,67	-673,86	-697,39	-732,68	-791,30	-873,06
57	A4	-1221,2	-138,49	-209,80	-257,42	-281,22	-365,32	-423,78	-459,49	-471,39	-489,25	-519,01	-560,67
5	A5	-1221,2	-138,02	-203,33	-256,94	-280,75	-363,84	-423,30	-459,01	-470,92	-488,77	-518,53	-560,19
6	A6	-1221,2	-180,53	-274,80	-368,12	-415,17	-509,40	-603,19	-673,38	-696,91	-732,20	-790,83	-872,58
7	A7	-1221,2	-181,10	-275,33	-369,27	-416,78	-511,00	-605,08	-678,81	-699,57	-735,20	-794,33	-876,66
8	A8	-1221,2	-191,59	-282,54	-373,60	-763,51	-554,46	-645,47	-735,95	-780,91	-848,34	-938,53	-1029,30
9	B1	3424,78	184,61	272,08	359,67	446,02	533,49	621,02	707,99	751,17	815,93	902,59	989,88
10	B2	3424,78	153,08	244,21	305,21	335,66	426,90	502,97	548,69	563,92	586,75	624,84	678,20
11	B3	3424,78	153,08	244,21	305,21	335,66	426,90	502,97	548,69	563,92	586,75	624,84	678,20
12	B4	3424,78	184,61	272,08	359,67	446,02	533,49	621,02	707,99	751,17	815,93	902,59	989,88
13	P1	-474,78	-9,71	-6,07	-2,91	-44,78	-41,16	-37,76	-57,11	-78,05	-109,45	-140,06	-148,15
14	P2	-738,19	-9,52	-10,18	-34,98	-35,78	-36,34	-49,07	-61,86	-62,27	-62,87	-69,67	-88,47
15	P3	1807,52	27,15	26,85	64,56	83,91	83,47	102,18	130,71	140,39	154,90	178,84	211,96
16	P4	-299,45	-24,73	-53,10	-72,78	-82,39	-96,59	120,62	-135,11	-139,91	-147,12	-159,17	-176,11
17	P5	1807,52	37,56	74,12	98,99	111,33	129,50	160,22	178,82	184,99	194,24	209,71	231,45
18	P6	-299,45	-25,78	-54,46	-73,84	-83,45	-97,64	-121,67	-136,16	-140,97	-148,18	-160,23	-177,16
19	P7	1807,52	28,20	27,90	65,61	84,97	84,53	103,23	131,76	141,44	155,95	179,90	213,02
20	P8	-738,19	-9,52	-10,18	-34,98	-35,78	-36,34	-49,07	-61,86	-62,27	-62,87	-69,67	-88,47
21	P9	-474,78	-10,06	-6,42	-3,26	-45,13	-41,51	-38,11	-57,46	-78,40	-109,80	-140,41	-148,51

6.2 Tinjauan Tekuk Lokal

Prosedur perencanaan AISC menetapkan bahwa tekuk setempat pada komponen desak secara logis dibatasi, sehingga tekuk setempat tidak terjadi sebelum kekuatan desak berdasarkan angka kelangsingan keseluruhan tercapai. Jadi syarat penampilannya adalah; *Fcr elemen komponen, atau pelat harus lebih besar atau sama dengan Fcr kolom keseluruhan.*

Untuk menyeerhanakan prosedur perencanaan, syarat dasar AISC juga menetapkan bahwa tegangan tekuk kritis tidak boleh lebih kecil dari tegangan leleh pada elemen pelat. Dengan kata lain, tekuk dicegah sebelum tegangan rata-rata sebesar *Fy* tercapai dengan menerapkan batasan dasar.

Batasan dasar untuk mencegah tekuk adalah:

$$Fcr = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{t}\right)^2} \leq Fy$$

Dengan $\mu = 0{,}3$ untuk baja, dan $E = 29000$ ksi serta *Fy* dalam ksi

Berdasarkan hasil uji tarik, tegangan leleh (*Fy*) dari elemen pelat adalah sebesar 20,96 ksi

Berikut akan dianalisis tinjauan tekuk lokal dari profil yang digunakan :

Batang A1 (Profil C 73,5 x 38,4 x 9 x 1,4)

Pada badan : $\left(\frac{h}{t}\right) = \left(\frac{2,89}{0,055}\right) = 52,55$

$$Fcr_badan = \frac{5\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(52,55)^2} = 47,46ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Pada sayap : $\left(\frac{b}{t}\right) = \left(\frac{1,51}{0,055}\right) = 27,45$

$$Fcr_sayap = \frac{0,7\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(27,45)^2} = 24,35ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Pada Lip : $\left(\frac{d}{t}\right) = \left(\frac{0,354}{0,055}\right) = 6,44$

rasio segi : $\left(\frac{a}{b}\right) = \left(\frac{56,1}{0,354}\right) = 158,47$

dengan menggunakan grafik koefisien tekuk elastis, maka didapat nilai k pada sayap = 0,425

$$Fcr_lip = \frac{0,7\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(6,44)^2} = 442,4ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Dari perhitungan diatas didapat *Fcr* pada masing-masing bagian adalah lebih besar dari *Fy* yang berarti tidak terjadi tekuk lokal.

Batang P1 (Profil C 59 x 24,5 x 9 x 1)

Pada badan : $\left(\frac{h}{t}\right) = \left(\frac{2,32}{0,039}\right) = 59,487$

$$Fcr_badan = \frac{5\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(59,487)^2} = 37ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Pada sayap : $\left(\frac{b}{t}\right) = \left(\frac{0,96}{0,039}\right) = 24,62$

$$Fcr_sayap = \frac{0,7\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(24,62)^2} = 30,3ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Pada Lip : $\left(\frac{d}{t}\right) = \left(\frac{0,354}{0,039}\right) = 9,1$

$$Fcr_lip = \frac{0,7\pi^2 29000}{12(1-0,3^2)(9,1)^2} = 221,6ksi \qquad > Fy = 20,96 \text{ ksi}$$

Dari perhitungan diatas didapat *Fcr* pada masing-masing bagian adalah lebih besar dari *Fy* yang berarti tidak terjadi tekuk lokal.

Analisis hitungan yang dilakukan pada profil yang digunakan menunjukkan tidak ada kemungkinan untuk terjadinya tekuk lokal. Ini berarti bahwa keruntuhan yang terjadi adalah disebabkan karena terlampauinya kapasitas desak dari profil tersebut.

1. Kondisi benda uji harus benar-benar vertikal sebelum dilakukan pembebanan, bila perlu dapat dipasang suatu sistim penahan dikedua sisinya untuk mencegah terjadinya kemiringan dari benda uji.
2. Model benda uji dibuat dengan dimensi yang tidak terlalu besar untuk memudahkan dalam pengujian pembebanan.
3. Peletakan beban harus dilakukan dengan hati-hati, terutama jika proses pembebanannya dilakukan secara manual.
4. Peningkatan beban dibuat dengan interval kecil agar data yang didapat bisa lebih teliti lagi.

Volume material yang digunakan pada kuda-kuda Triple Fink relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan material yang digunakan pada kuda-kuda Triple Fan. Untuk batang pengisi, rasio penggunaan material pada desain kuda-kuda Triple Fink terhadap Triple Fan mencapai 1,956. Walaupun hasil pengujian menunjukkan bahwa desain rangka kuda-kuda Triple Fink dapat menahan beban yang lebih besar namun untuk pembebanan sampai dengan batas tertentu, penggunaan rangka kuda-kuda Triple Fan merupakan pilihan yang lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Struktur Baja, Erlangga, Jakarta, 1994
2. C S Reddy, Basic Structural Analysis, Tata McGraw-Hill, New Delhi, India, 1996
3. C K Wang, Intermediate Structural Analysis, McGraw-Hill, 1983
4. Boris Bresler, T.Y. Lin dan John B, Scalzi, Design Of Steel Structure, John Wiley and Sons, Inc, 1967
5. Timoshenko and Mac Cullough, *Elements of Strenght of Materials*, D. Van Nostrand Company, Inc, Princeton, New Jersey, 1949