

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.

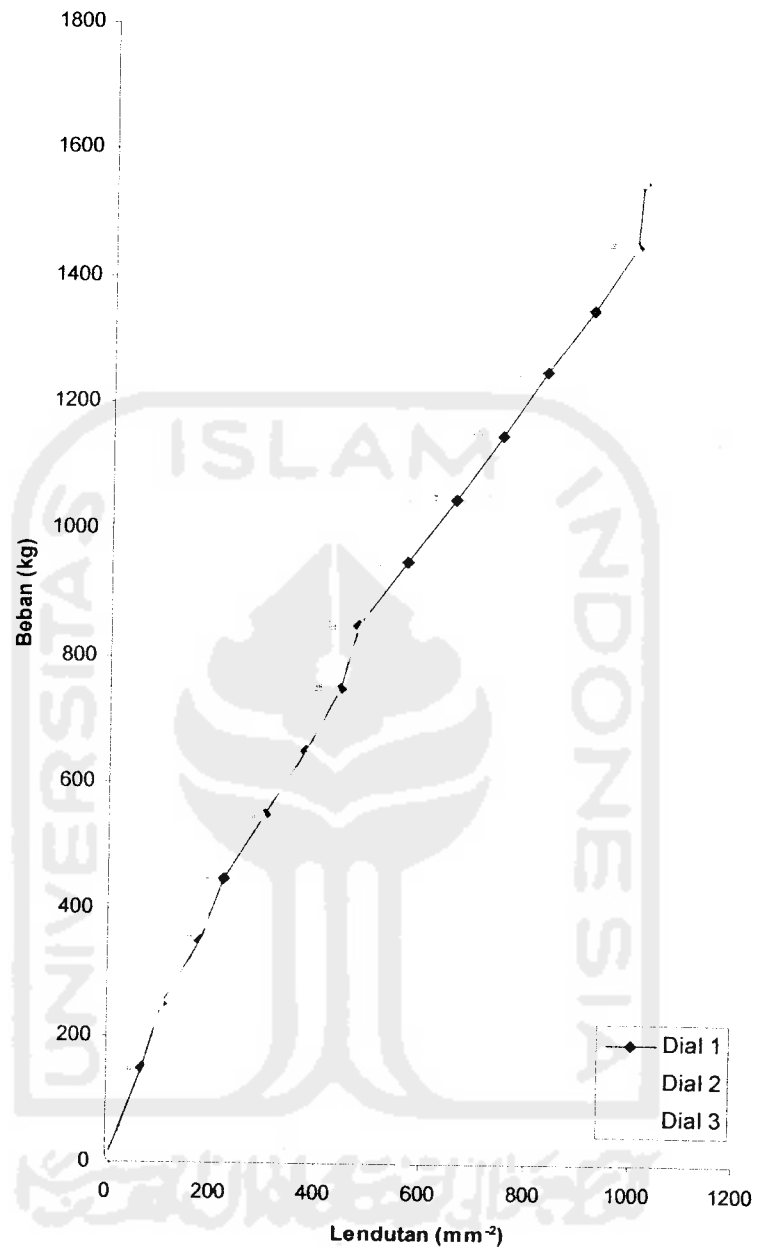
5.2 Hubungan Beban – Lendutan

a. Triple Fink

Tabel 5.1 Hubungan Beban – Lendutan kuda-kuda Triple Fink

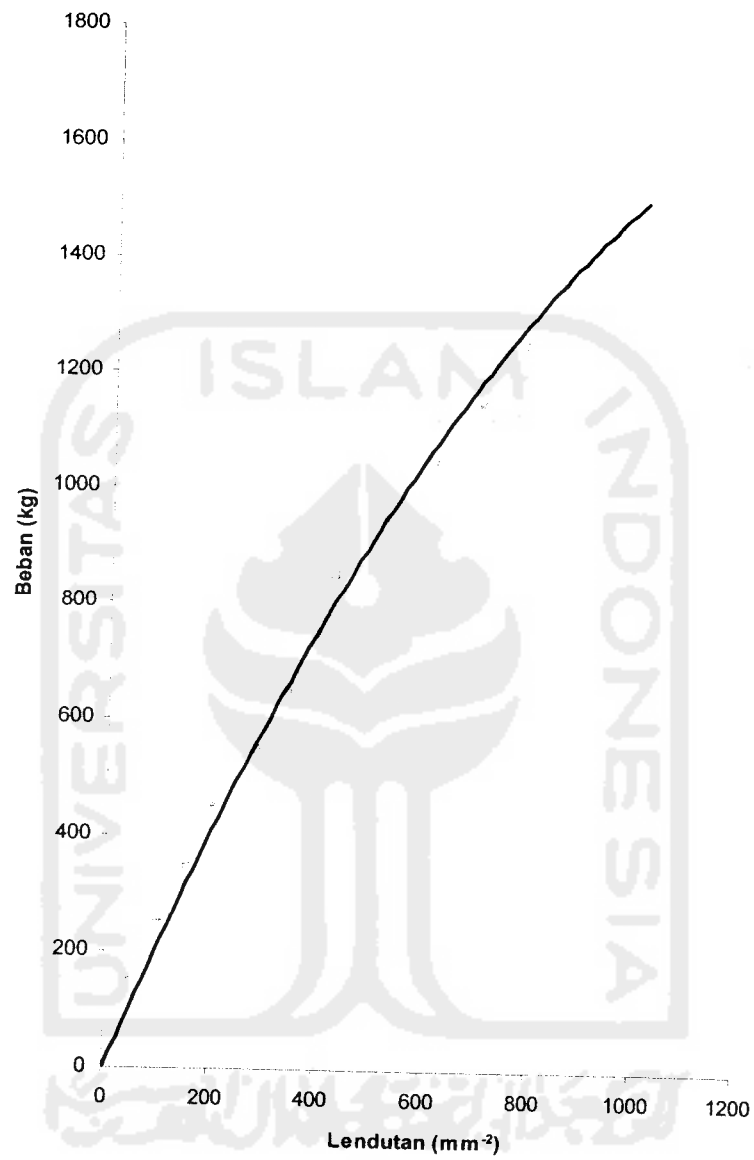
| BEBAN (Kg) | DIAL 1 (10^{-2} mm) | DIAL 2 (10^{-2} mm) | DIAL 3 (10^{-2} mm) | DIAL 4 (10^{-2} mm) |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 150 | 70 | 43 | 80 | 25 |
| 250 | 104 | 103 | 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.

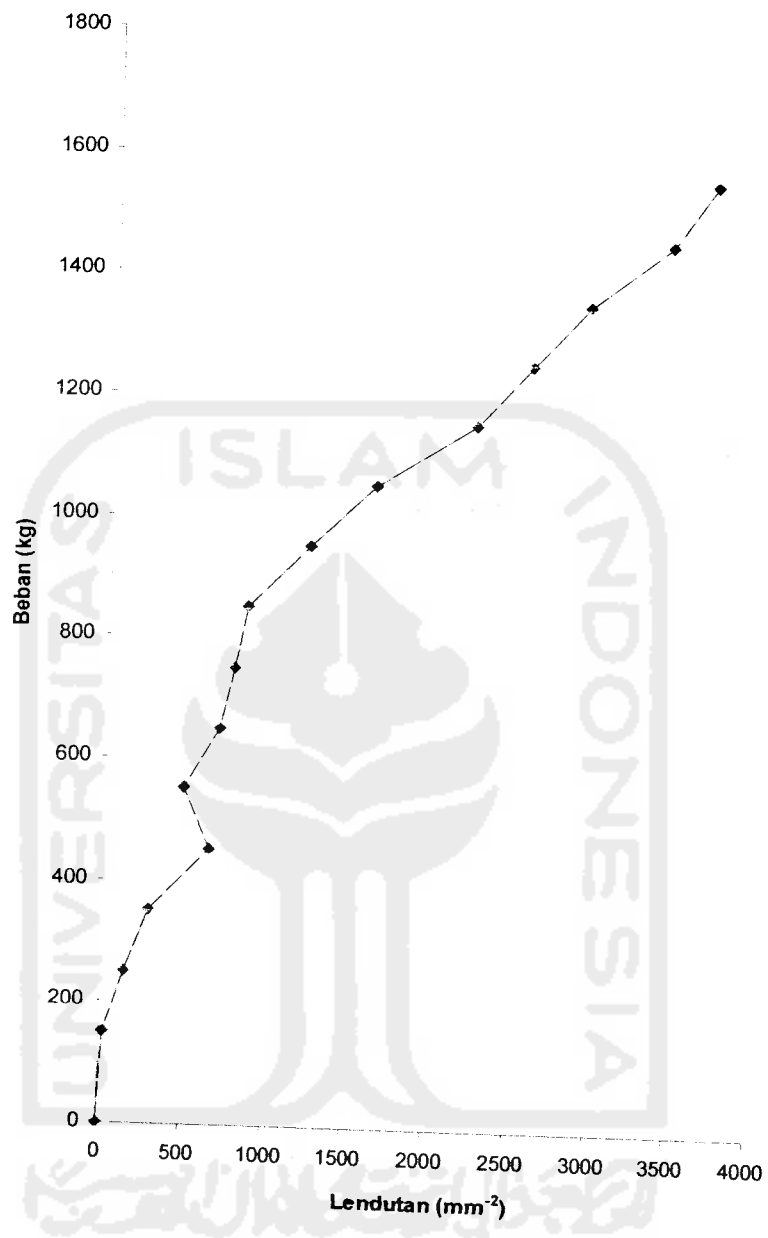


Gambar 5.1 hubungan beban–lendutan kuda-kuda Triple Fink

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

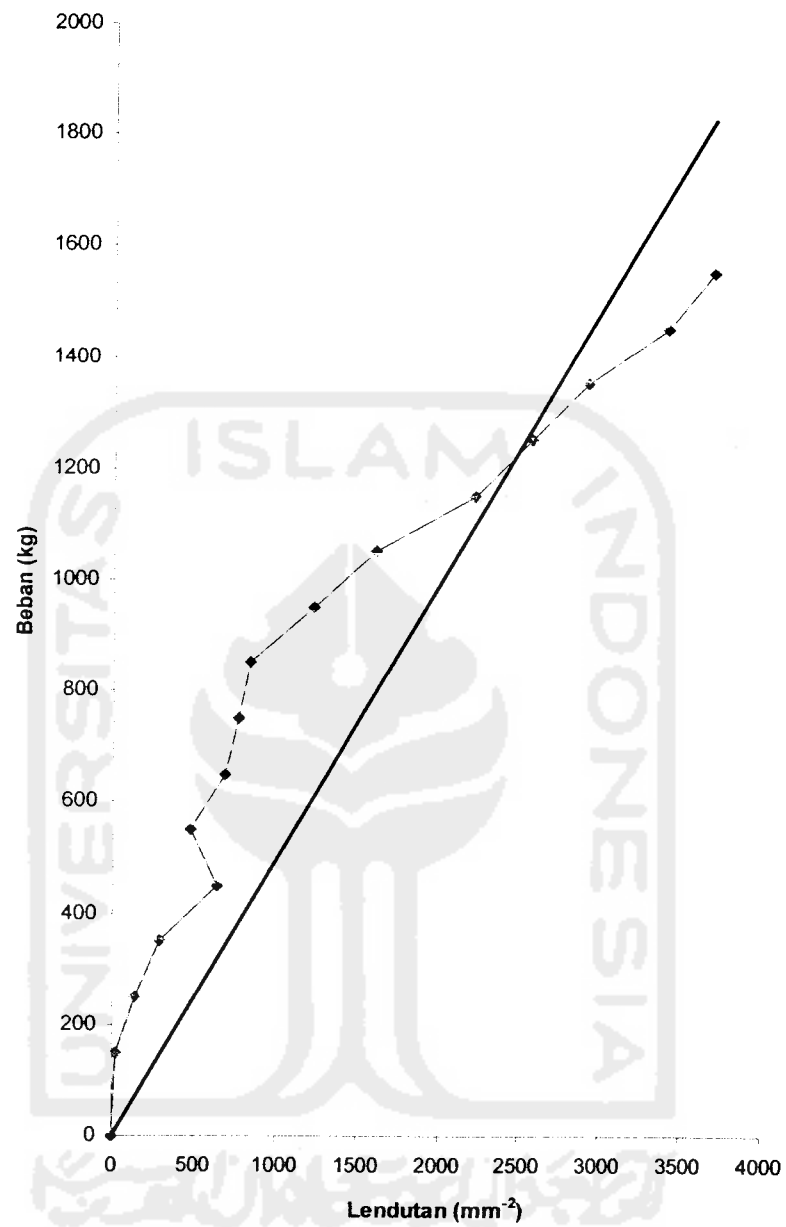


Gambar 5.2 hubungan beban-lendutan hasil regresi



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

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

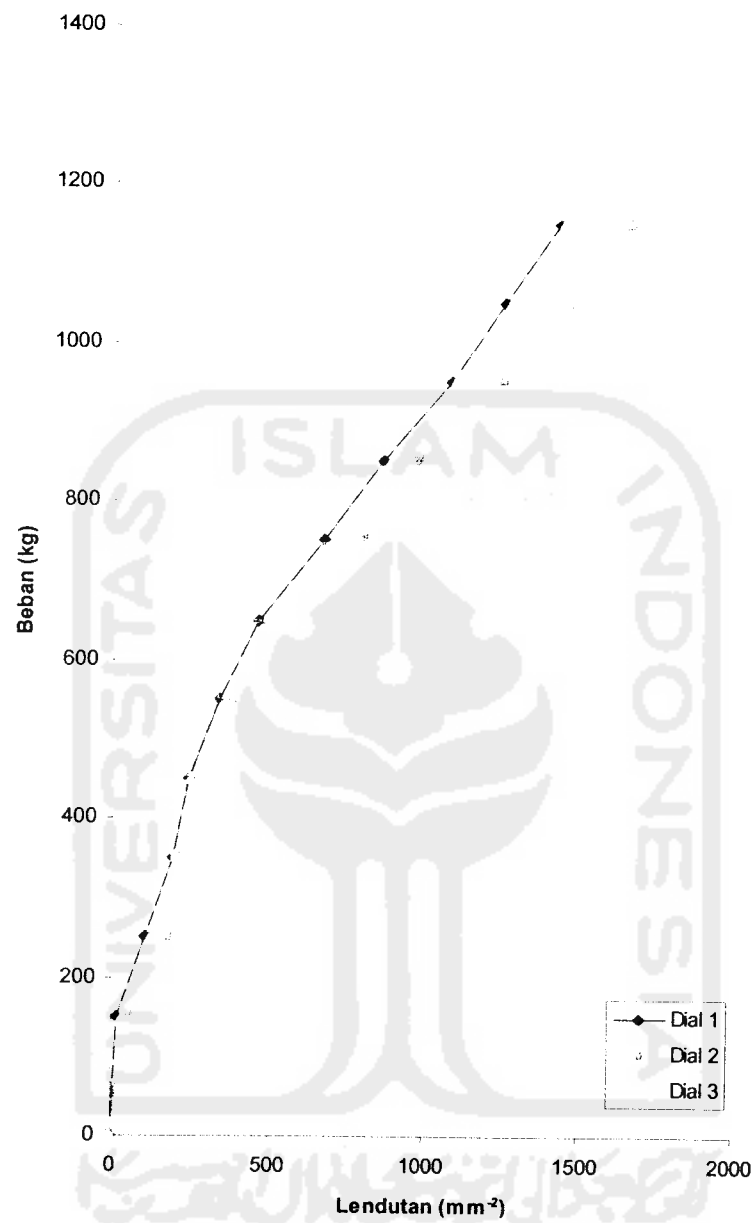


Gambar 5.4 hubungan beban-lendutan hasil regresi

b. Triple Fan

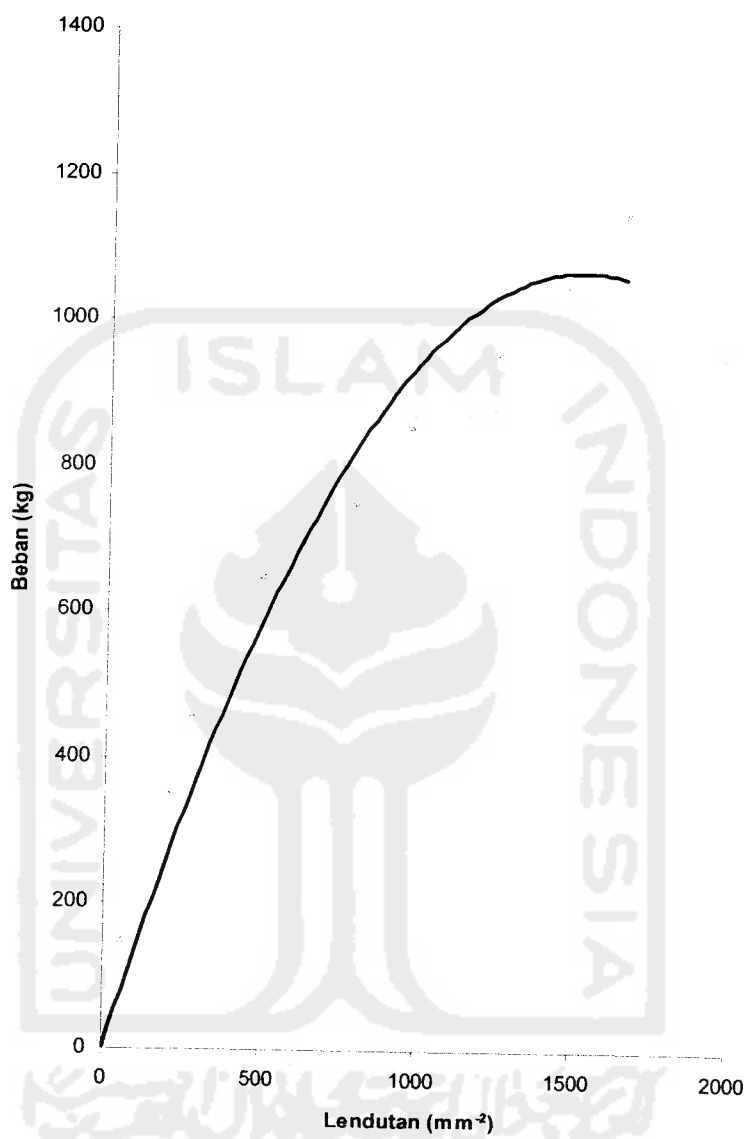
Tabel 5.2 Hubungan Beban – Lendutan Kuda-kuda Triple Fan

| 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 |



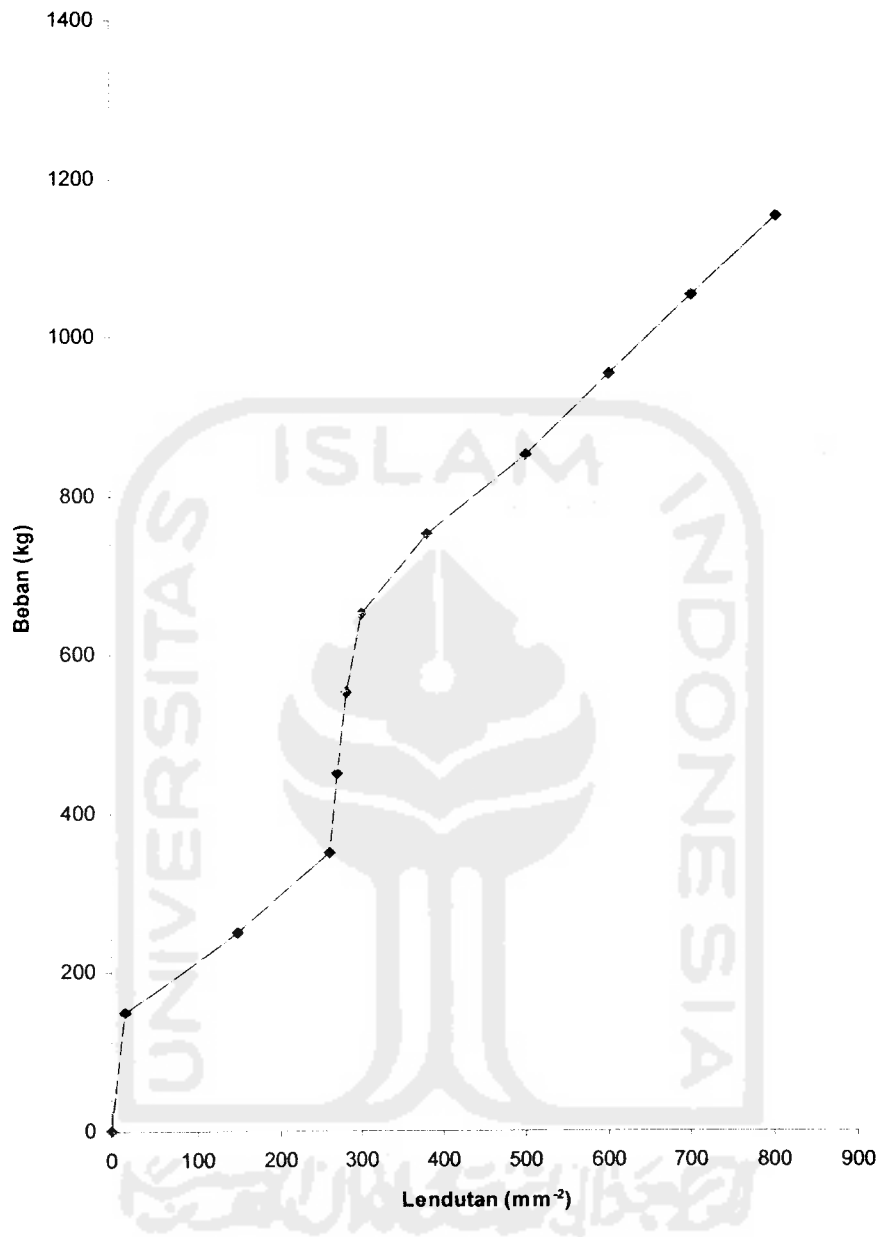
Gambar 5.5 hubungan beban-lendutan kuda-kuda Triple Fan

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



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

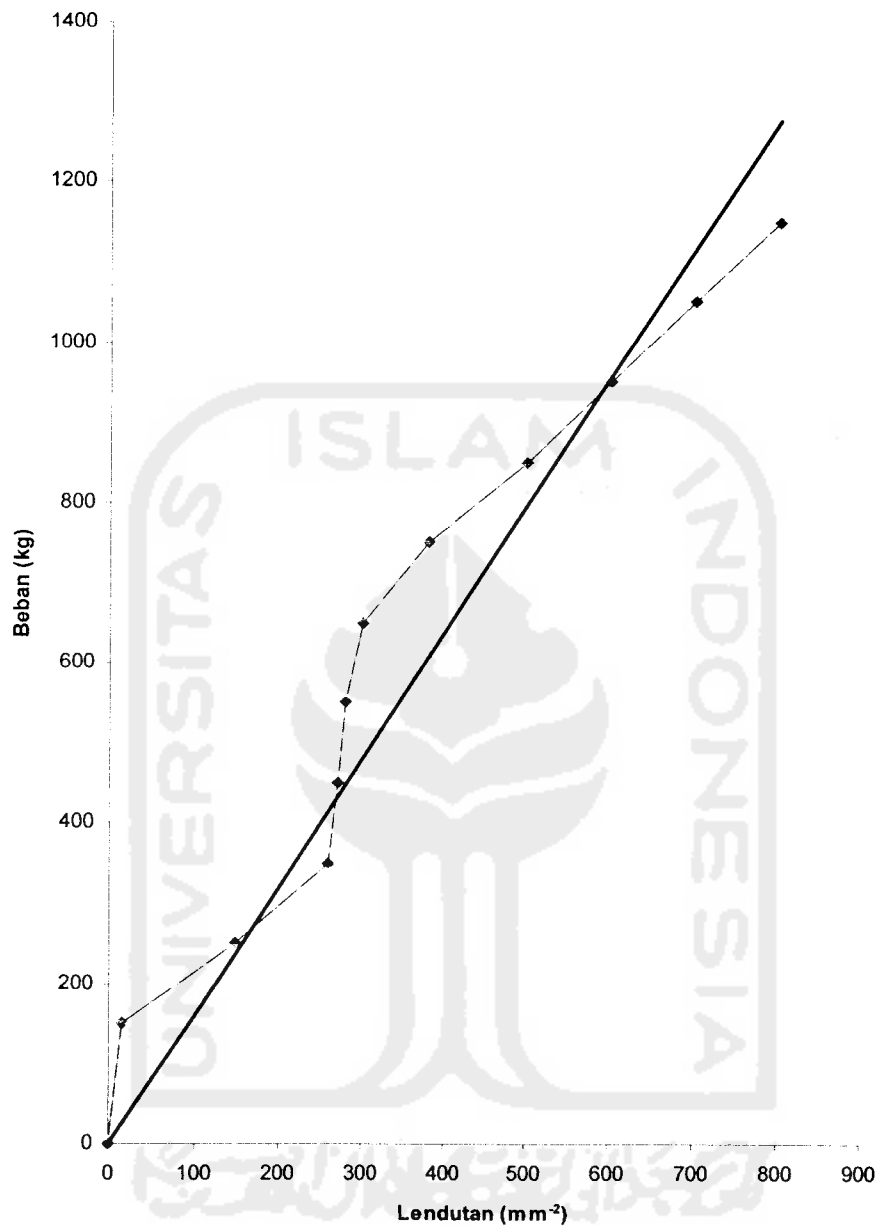




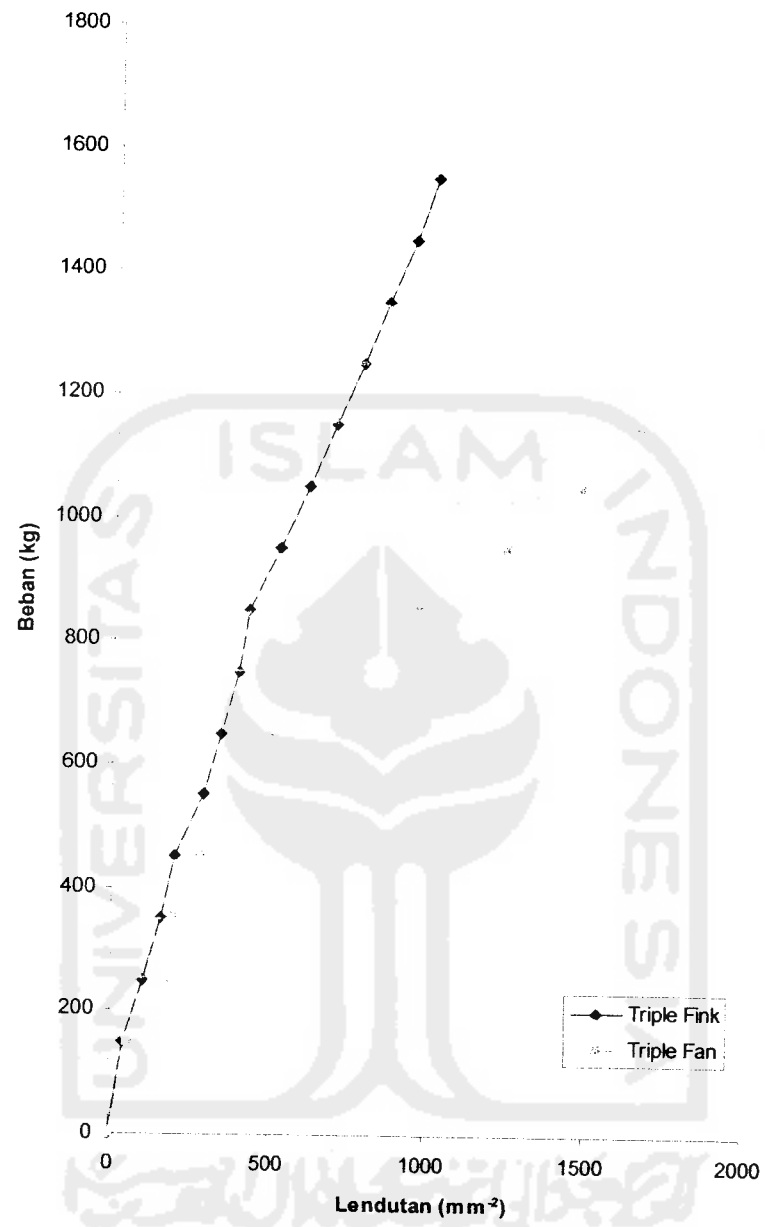
Gambar 5.7 hubungan beban-lendutan arah lateral kuda-kuda Triple Fan

Dari grafik hubungan diatas, dibuat hasil regresinya yang ditunjukkan dengan

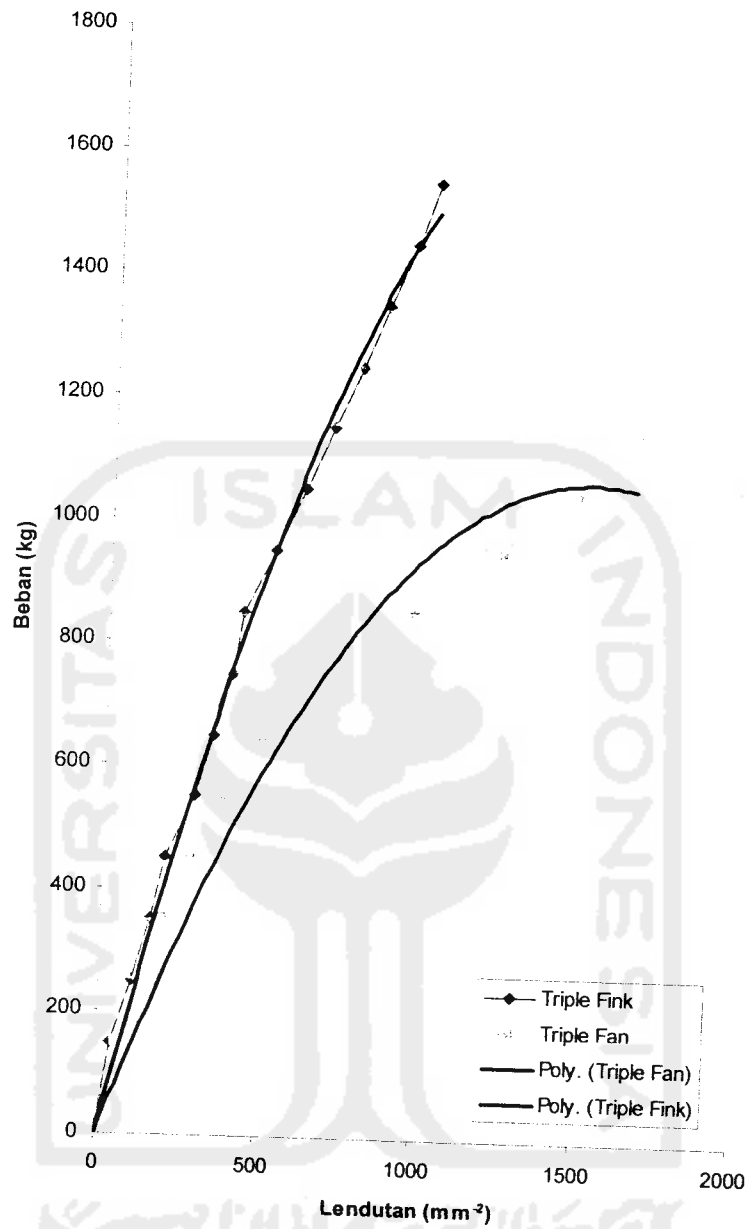
Gambar 5.8



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

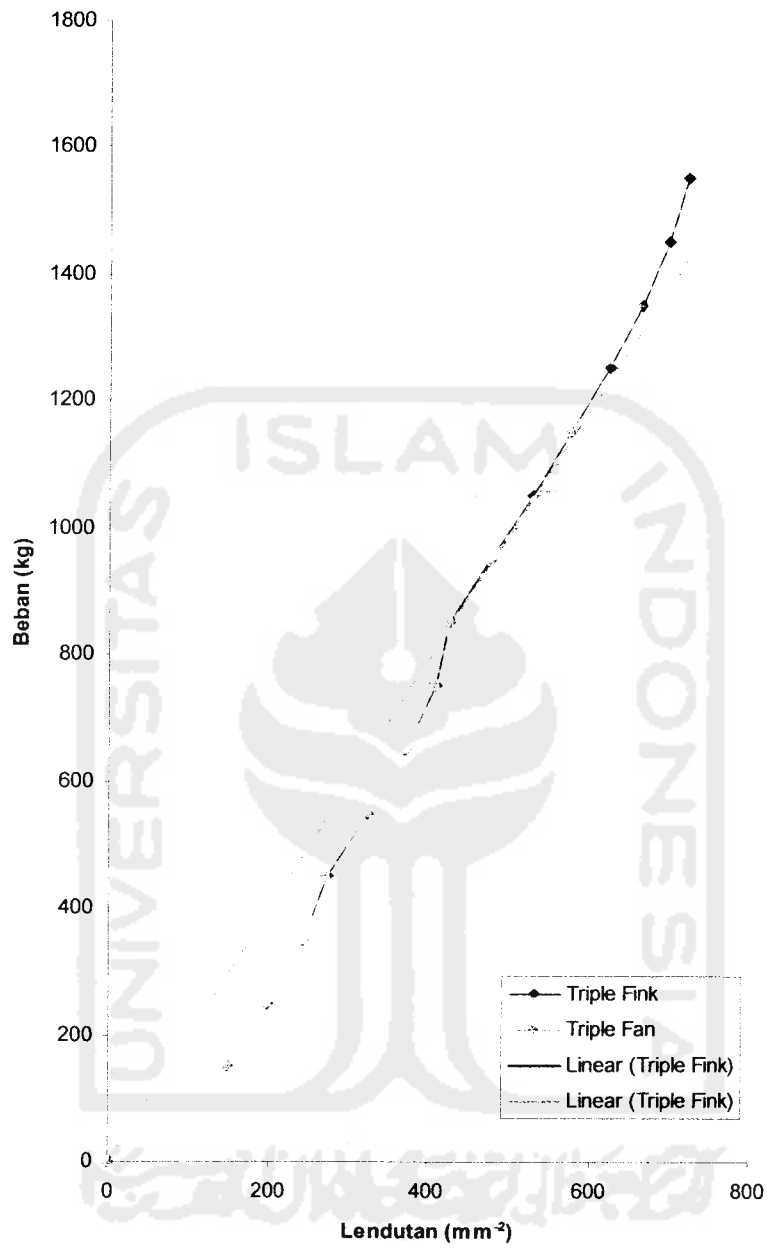
5.2.1 Grafik Beban Lendutan Hasil Analisa SAP

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

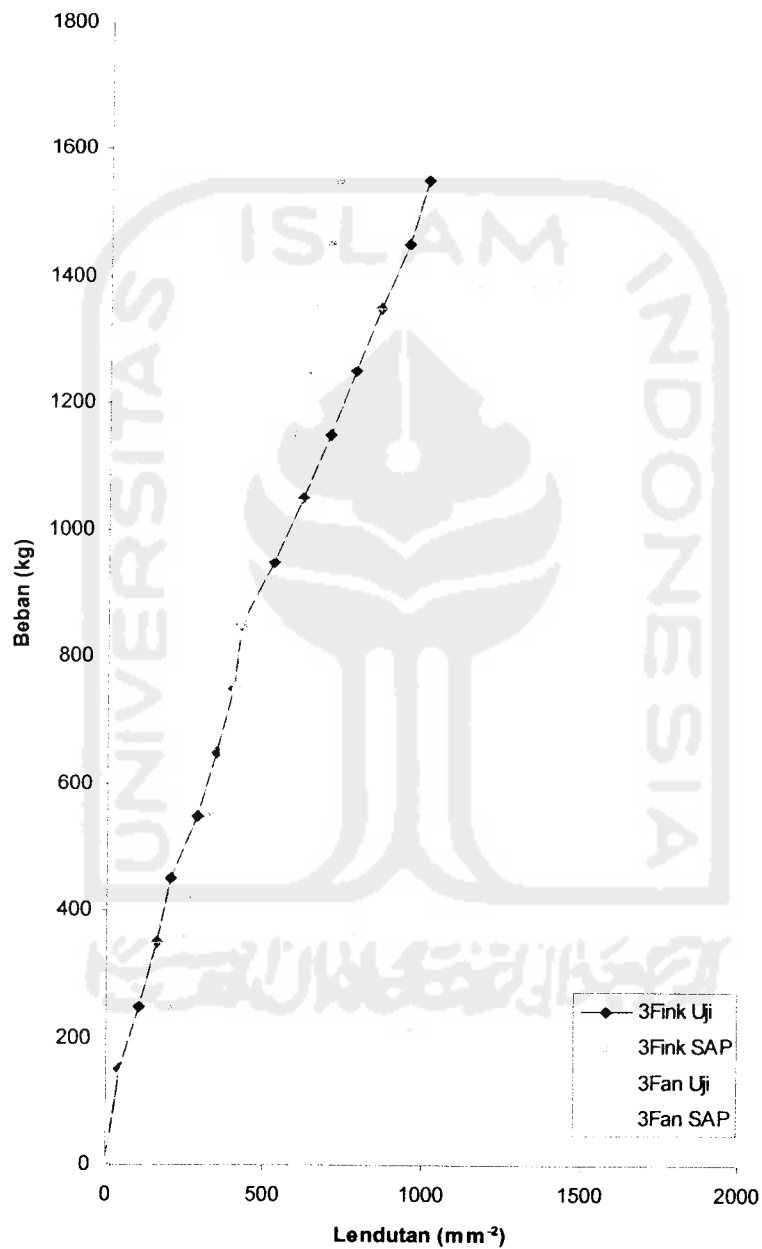
| beban | d1 | d2 | d3 | momen (kg.m) |
|-------|-----|-----|-----|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 150 | 143 | 149 | 143 | 412.5 |
| 250 | 190 | 199 | 190 | 687.5 |
| 350 | 234 | 243 | 234 | 962.5 |
| 450 | 263 | 273 | 263 | 1237.5 |
| 550 | 311 | 324 | 311 | 1512.5 |
| 650 | 357 | 371 | 357 | 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

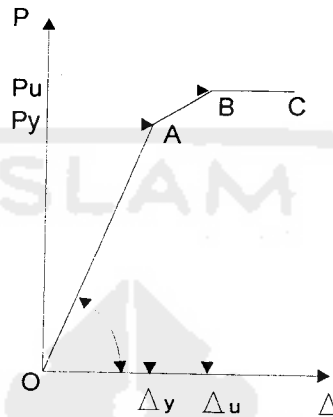


Gambar 5.12 grafik beban-lendutan pengujian dan hasil analisa SAP

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 :

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



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 :

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

$$\theta = \operatorname{arctg} 192,3$$

$$\theta = 89,7^\circ$$

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 :

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

$$\theta = \operatorname{arctg} 142,8$$

$$\theta = 89,6^\circ$$

5.3.3 Perbandingan Hasil Pengujian

Gambar 5.10 menunjukkan 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:

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

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

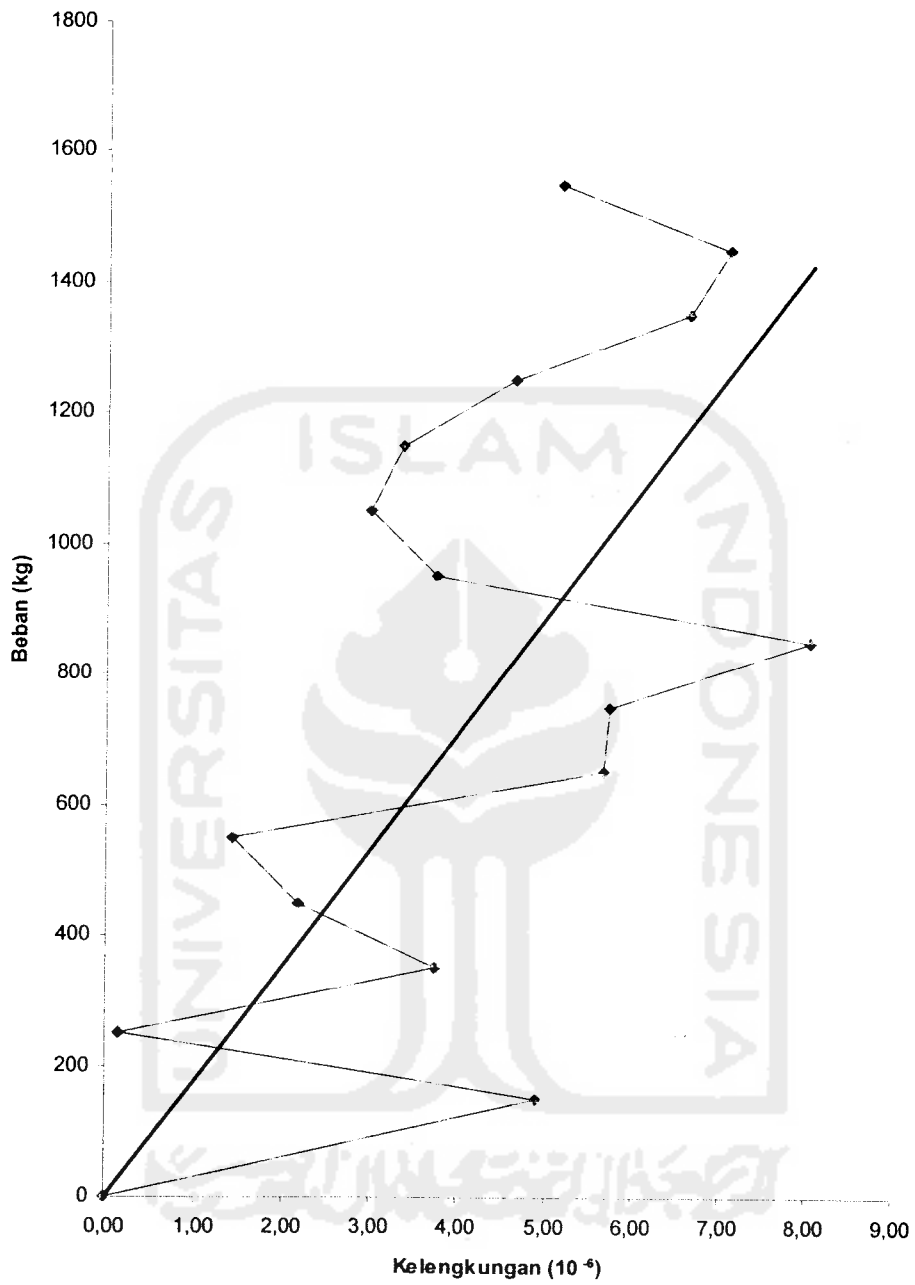
Dari hasil penelitian didapatkan data beban (P) – lendutan (Δ), sehingga dapat dicari momen (M) – Kelengkungan (ϕ), rumus yang dipakai dalam perhitungan ini adalah

$$\text{Kelengkungan} : \phi = \frac{\Delta_1 - 2\Delta_2 + \Delta_3}{\Delta x^2}$$

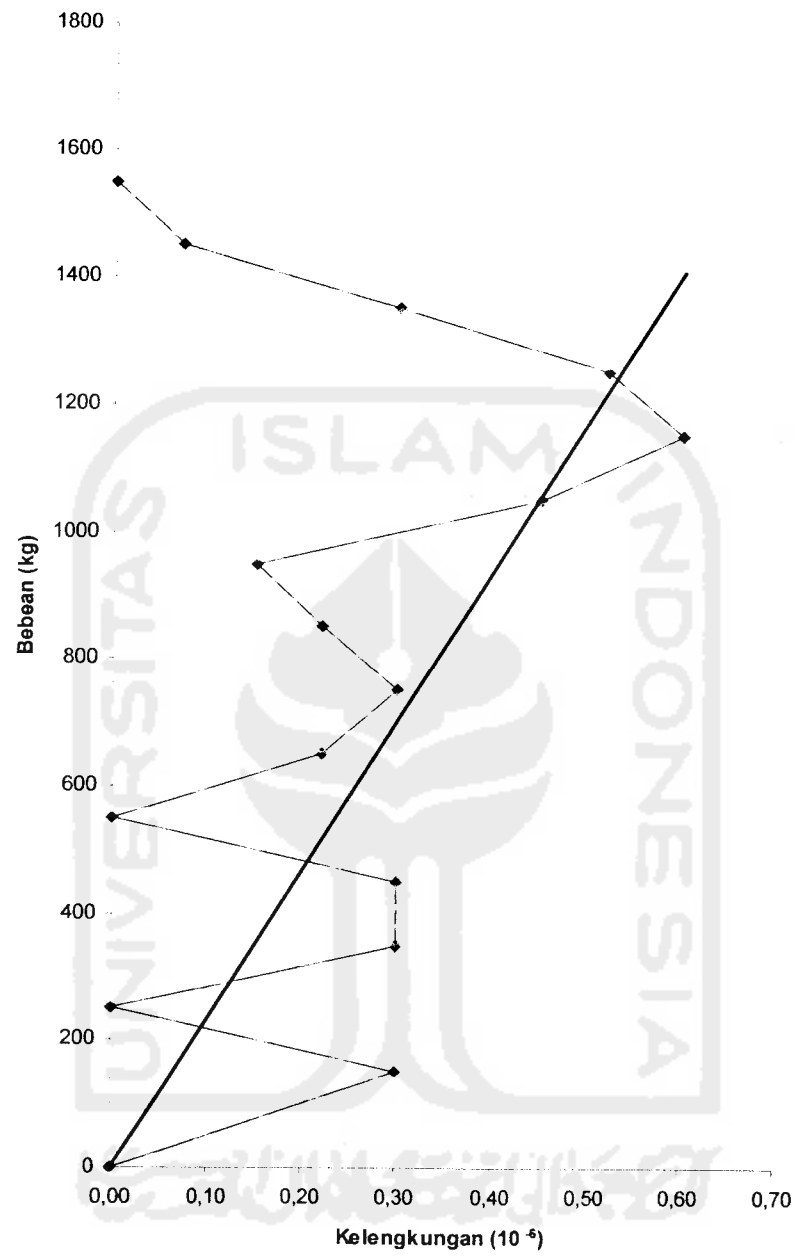
$$\text{Momen} = \frac{1}{4} PL$$

Tabel 5.5 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fink

| Beban (kg) | d1 | d2 | d3 | d4 | momen (kgm) | Φ (10^{-6}) |
|------------|------|------|------|------|-------------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 150 | 70 | 42 | 80 | 25 | 206,25 | 4,91 |
| 250 | 104 | 103 | 100 | 140 | 343,75 | 0,15 |
| 350 | 178 | 156 | 184 | 286 | 481,25 | 3,72 |
| 450 | 221 | 198 | 204 | 640 | 618,75 | 2,16 |
| 550 | 298 | 285 | 291 | 475 | 756,25 | 1,41 |
| 650 | 376 | 340 | 380 | 685 | 893,75 | 5,65 |
| 750 | 441 | 396 | 428 | 770 | 1031,25 | 5,73 |
| 850 | 474 | 423 | 480 | 840 | 1168,75 | 8,03 |
| 950 | 564 | 520 | 526 | 1220 | 1306,25 | 3,72 |
| 1050 | 654 | 610 | 606 | 1610 | 1443,75 | 2,98 |
| 1150 | 740 | 695 | 695 | 2220 | 1581,25 | 3,35 |
| 1250 | 824 | 776 | 790 | 2560 | 1718,75 | 4,61 |
| 1350 | 911 | 855 | 888 | 2910 | 1856,25 | 6,62 |
| 1450 | 991 | 942 | 988 | 3410 | 1993,75 | 7,07 |
| 1550 | 1005 | 1005 | 1074 | 3690 | 2131,25 | 5,13 |



Gambar 5.14 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fink

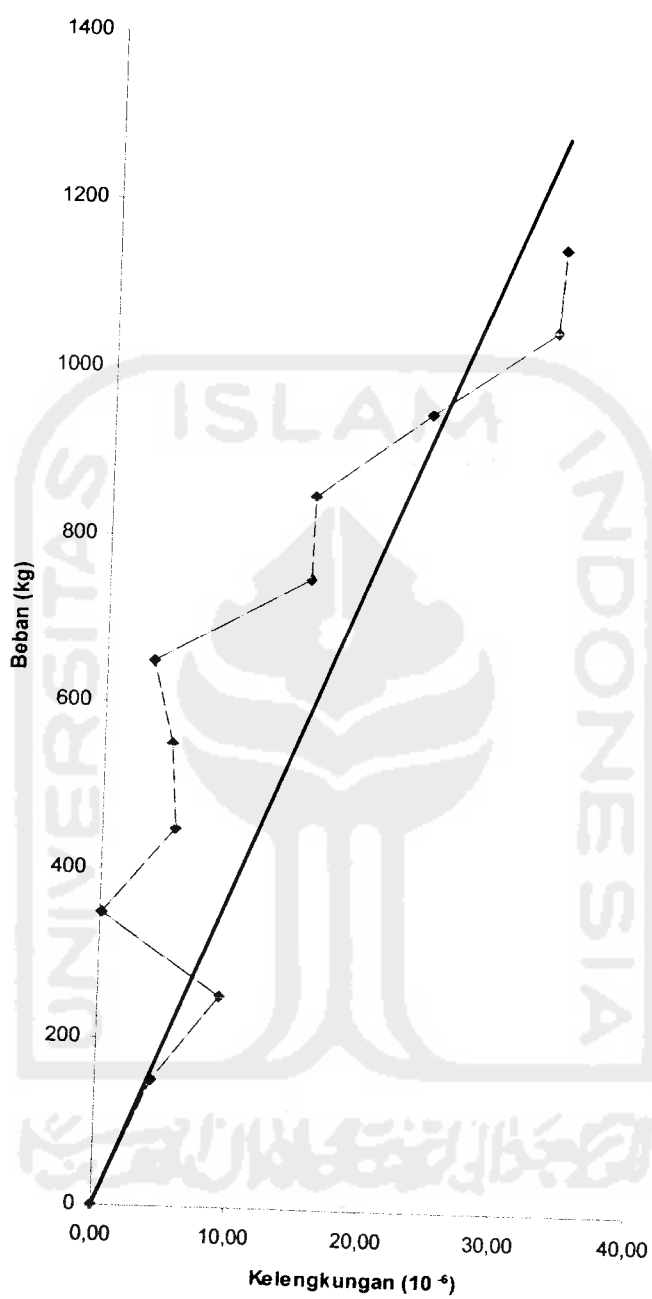


Gambar 5.15 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fink hasil analisa

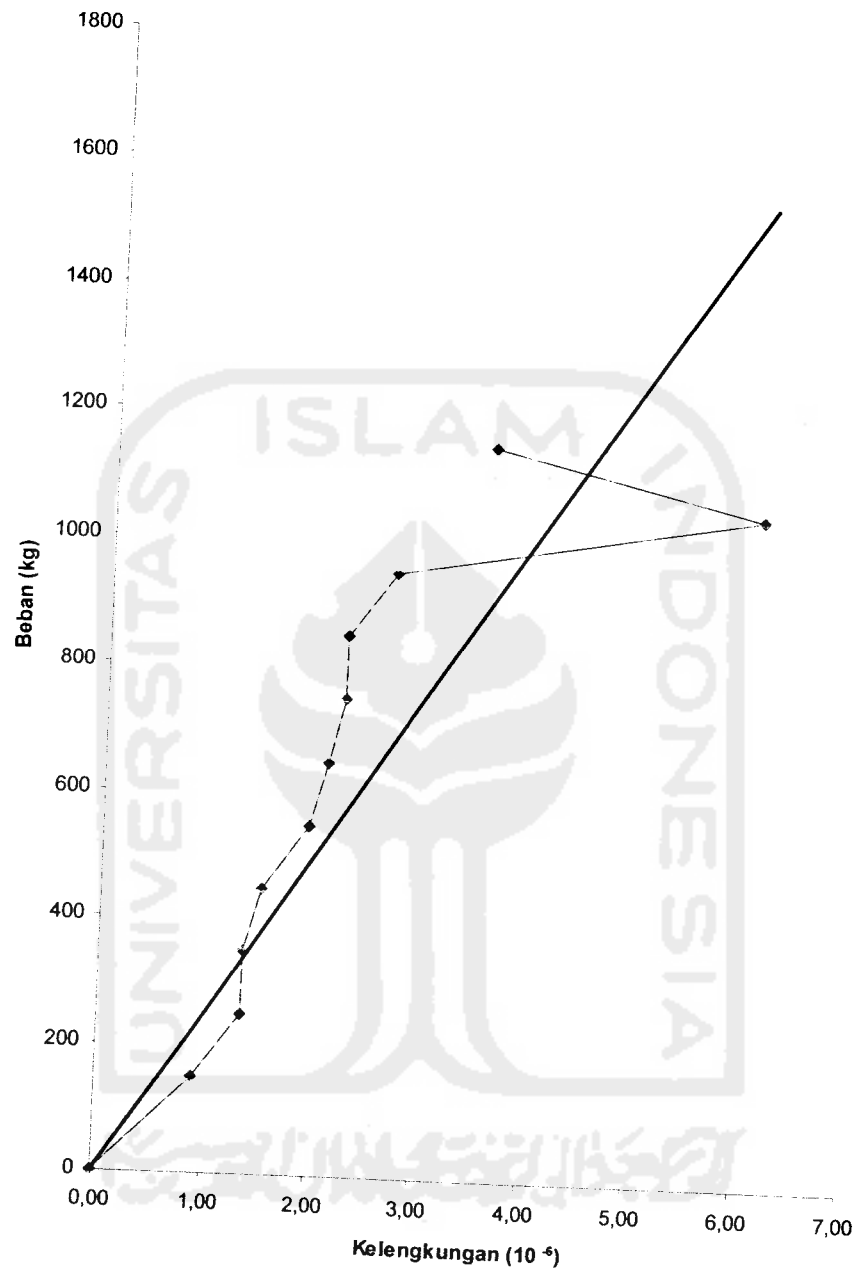
SAP

Tabel 5.6 Hubungan Momen – Kelengkungan Triple Fan

| beban (kg) | d1 | d2 | d3 | d4 | momen (kgm) | Φ (10^{-6}) |
|------------|------|------|------|-----|-------------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 150 | 19 | 57 | 38 | 15 | 206,25 | 4,24 |
| 250 | 106 | 175 | 121 | 148 | 343,75 | 9,15 |
| 350 | 188 | 200 | 210 | 260 | 481,25 | 0,15 |
| 450 | 240 | 280 | 245 | 270 | 618,75 | 5,58 |
| 550 | 338 | 380 | 353 | 280 | 756,25 | 5,13 |
| 650 | 456 | 495 | 486 | 300 | 893,75 | 3,57 |
| 750 | 663 | 790 | 714 | 380 | 1031,25 | 15,10 |
| 850 | 854 | 967 | 875 | 500 | 1168,75 | 15,25 |
| 950 | 1076 | 1242 | 1086 | 600 | 1306,25 | 23,95 |
| 1050 | 1241 | 1475 | 1264 | 700 | 1443,75 | 33,10 |
| 1150 | 1420 | 1650 | 1430 | 800 | 1581,25 | 33,47 |

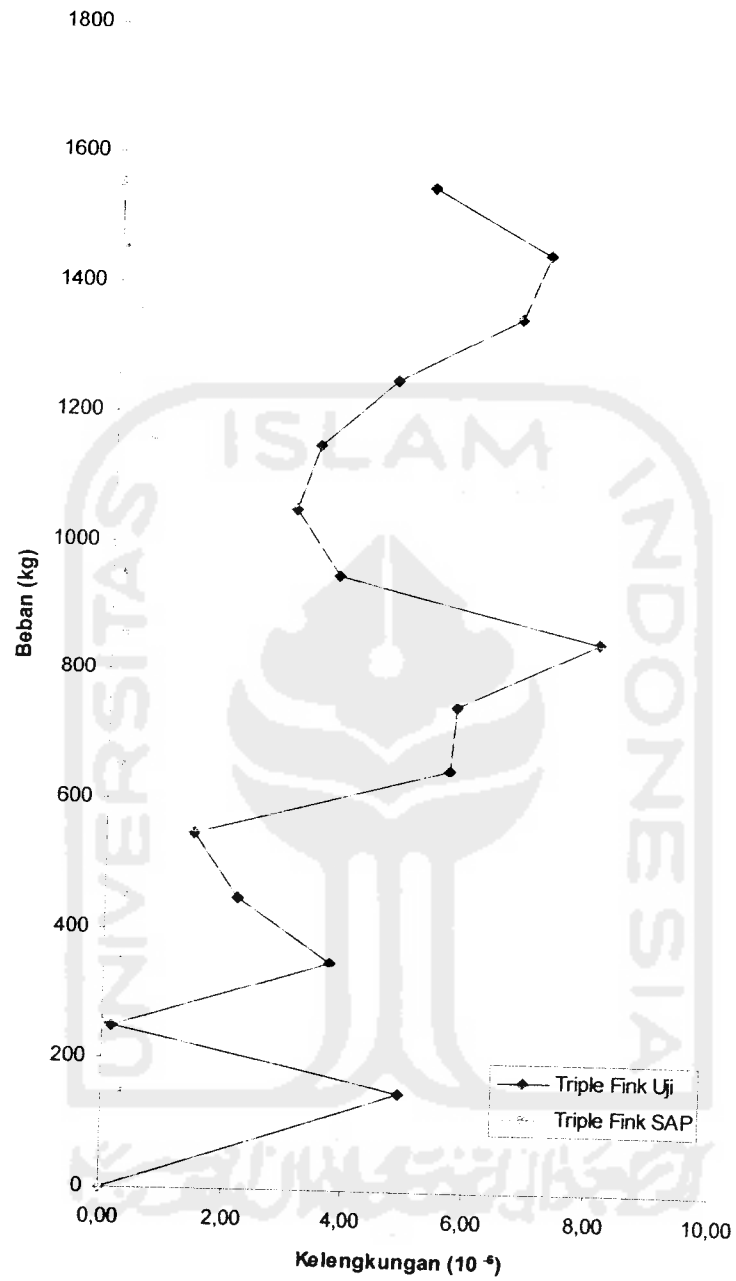


Gambar 5.16 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fan

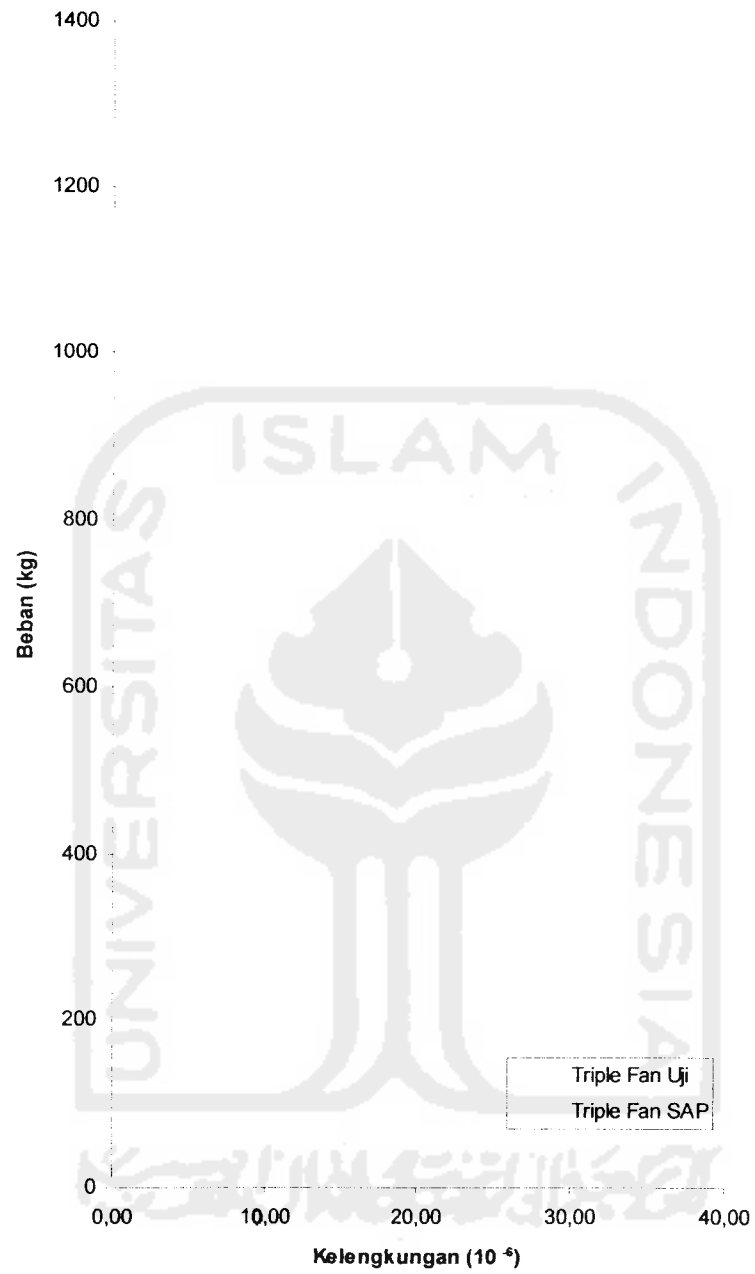


Gambar 5.17 grafik momen-kelengkungan kuda-kuda Triple Fan hasil analisa

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 menunjukkan 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

$$P \text{ maks} = 1550 \text{ Kg}$$

$$M = 2131,25 \text{ kg.m } \phi = 8,73 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$$

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

$$EI = \frac{2131,25 \cdot 10^3}{8,73 \cdot 10^{-6}} = 2,44 \cdot 10^{11} \text{ Kg.mm}^2$$

b. Triple Fan

$$P \text{ maks} = 1150 \text{ Kg.}$$

$$M = 1581,25 \text{ Kgm ; } \phi = 30,06 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$$

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

$$EI = \frac{1581,25 \cdot 10^3}{30,06 \cdot 10^{-6}} = 5,26 \cdot 10^{10} \text{ Kgmm}^2$$

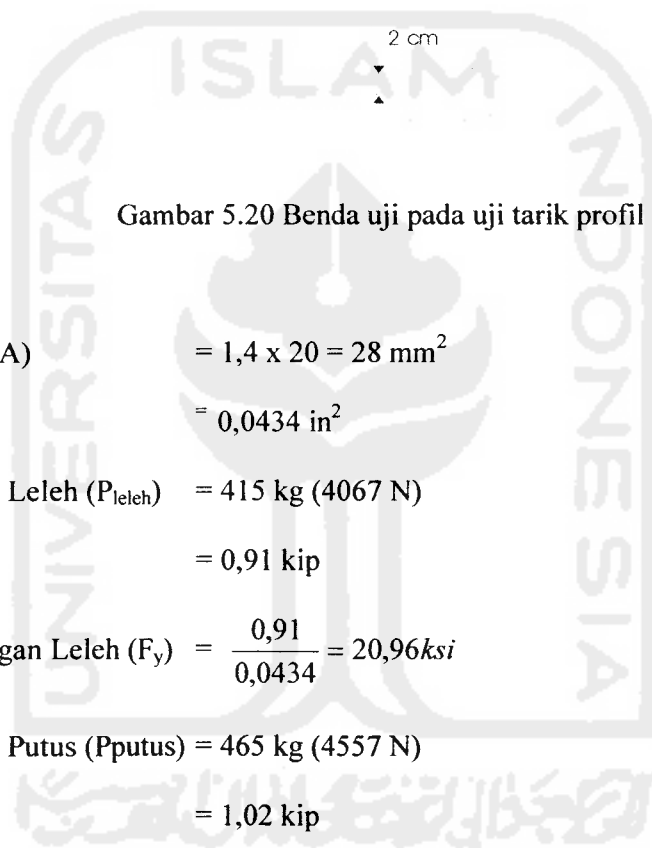
Prosentase kekakuan kuda-kuda Triple Fink terhadap Triple Fan adalah:

$$\left(\frac{2,44 \cdot 10^{11}}{5,26 \cdot 10^{10}} \right) \times 100\% = 4,64$$

Dari hasil yang tersebut, dapat dikatakan bahwa kuda-kuda Triple Fink 4,64 kali lebih kaku 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:



$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= 1,4 \times 20 = 28 \text{ mm}^2 \\ &= 0,0434 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Leleh (P}_{\text{leleh}}) &= 415 \text{ kg (4067 N)} \\ &= 0,91 \text{ kip} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Beban Putus (P}_{\text{putus}}) &= 465 \text{ kg (4557 N)} \\ &= 1,02 \text{ kip} \end{aligned}$$

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

5.6 Uji Geser Baut

Diameter = 0,315 in

Luas (A) = 0,078 in²

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

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

