



STUDI PERILAKU STRUKTUR BAJA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM MRF DAN SISTEM SCMRF

ANUGRAH BAGUS RAMADHAN
NRP 3110 100 003

DOSEN PEMBIMBING
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



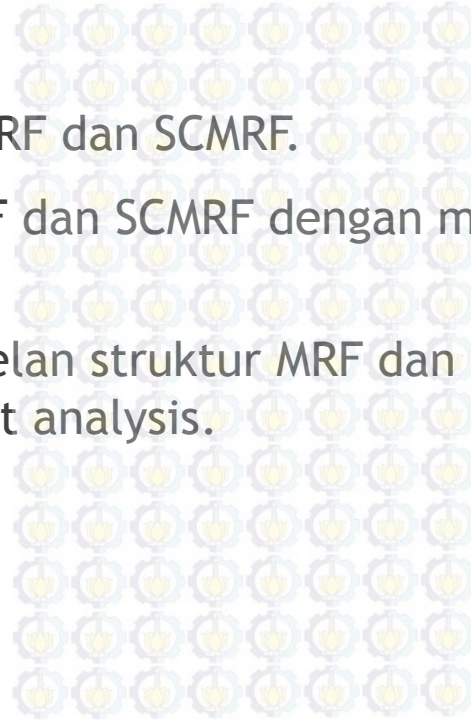
PENDAHULUAN

Perencanaan bangunan gedung menggunakan sistem self centering adalah sesuatu yang baru di dunia ke teknik sipil kita . Karena sistem ini masih bersifat skala laboratorium .Dalam konsep desain struktur tahan gempa tersebut struktur diharapkan mampu bertahan ketika terjadi gempa ringan, sedang hingga gempa kuat, walaupun diijinkan terjadinya kerusakan

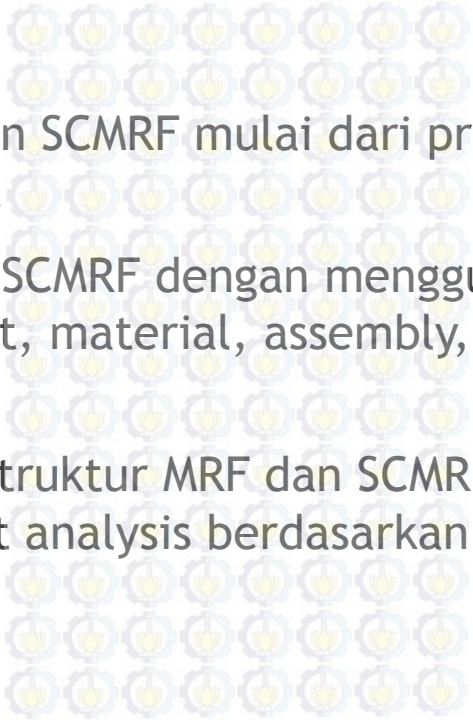
Keunggulan sistem self centering dibandingkan dengan sistem ketahanan gempa biasa adalah baja pada saat terjadi pelelehan atau tekuk di saat gempa bisa akan kembali ke bentuk kondisi semula yaitu tegak lurus sehingga bangunan tidak hancur rata dengan tanah jika terjadi gempa berskala besar lagi, Sistem struktur konvensional ini memberikan jaminan keamanan /*life safety* yang bisa diterima bahwa struktur tidak akan mengalami kegagalan tiba-tiba (getas) namun kerugian akibat dampak ekonomi dari deformasi inelastis struktur ini menjadi sangat signifikan.

Perumusan Masalah

- ▶ Bagaimana merencanakan struktur MRF dan SCMRF.
- ▶ Bagaimana memodelkan struktur MRF dan SCMRF dengan menggunakan software finite element analysis.
- ▶ Bagaimana menganalisa hasil pemodelan struktur MRF dan SCMRF dengan menggunakan software finite element analysis.

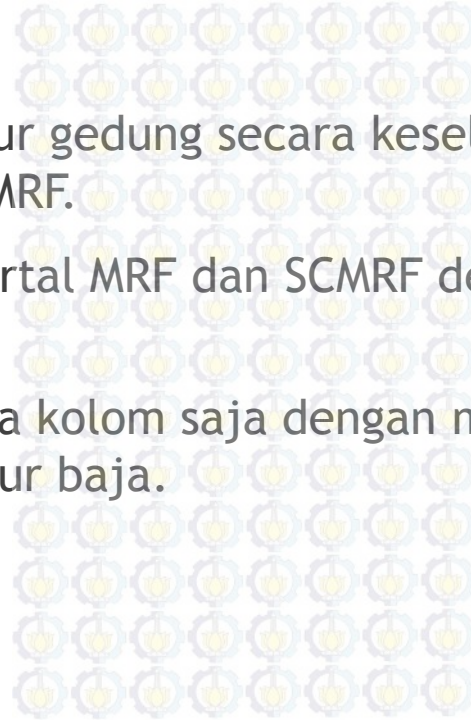


Tujuan

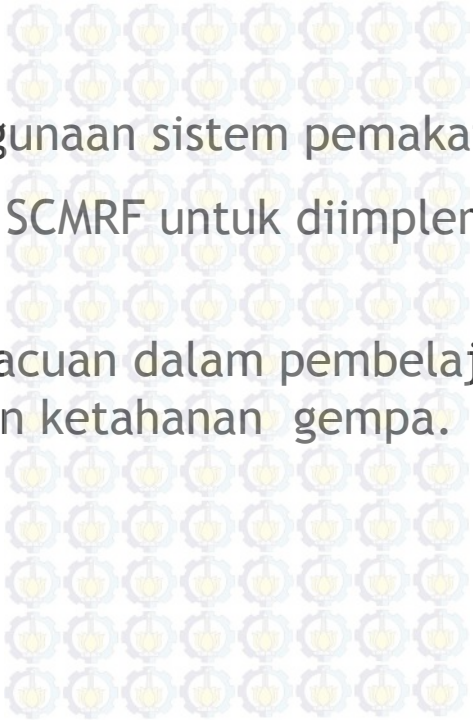
- 
- ▶ Untuk merencanakan struktur MRF dan SCMRF mulai dari preliminary design, pembebanan dan kontrol penampang.
 - ▶ Untuk memodelkan struktur MRF dan SCMRF dengan menggunakan software finite element analysis mulai dari part, material, assembly, interaction, step, load, mesh, dan job.
 - ▶ Untuk menganalisa hasil pemodelan struktur MRF dan SCMRF dengan menggunakan software finite element analysis berdasarkan tegangan dan regangan yang terjadi.

Batasan Masalah

- ▶ Tidak membahas perencanaan struktur gedung secara keseluruhan, hanya memodelkan satu portal MRF dan SCMRF.
- ▶ Tidak membandingkan pemodelan portal MRF dan SCMRF dengan hasil eksperimental.
- ▶ Sistem pratekan hanya diberikan pada kolom saja dengan menggunakan eksternal post tensioning pada struktur baja.



MANFAAT

- 
- ▶ Memahami cara mendesain dan penggunaan sistem pemakaian baja SCMRF.
 - ▶ Memahami perilaku struktur MRF dan SCMRF untuk diimplementasikan pada perencanaan struktur di lapangan.
 - ▶ Diharapkan dapat menjadi referensi/acuan dalam pembelajaran mengenai perencanaan bangunan gedung dengan ketahanan gempa.

BAB 4

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Pelat Lantai

4.1.1 Pelat Lantai Atap

1. Beban finishing

Berat aspal 2 m x 14 kg/m² = 28 kg/m²

Berat plafon + penggantung (11+7) kg/m² = 18 kg/m²

Berat ducting AC = 40 kg/m²

Total beban finishing = 86.2 kg/m²

2. Beban hidup = 97.86 kg/m²

Beban berguna = finishing + hidup

= 86.2 + 97.86

= 184.06 kg/m²

Jadi beban berguna yang di pakai yaitu 200 kg/m²

Data-data perencanaan pelat bondex

Bentang = 2 m

Beban berguna = 200 kg/m²

Untuk Pelat Atap Dengan Bentang Menerus :

Tebal pelat = 9 cm

tulangan negatif = 1.07 cm²/m

Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm²)

Jumlah tulangan yang di butuhkan tiap 1 meter adalah :

$n = \frac{1.07}{0.503} = 2.12 = 3$ buah

Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3} = 333$ mm

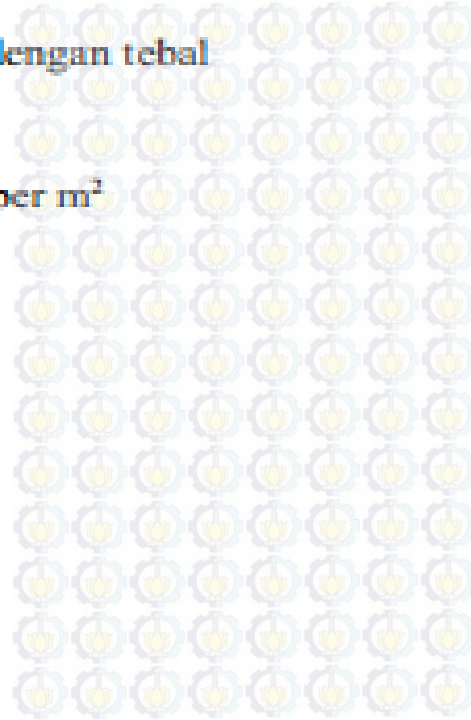
Jadi dipasang tulangan negative Ø 8-333

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck* 0.75 MM		BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SINGLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT						RENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT												BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL	TEBAL	TUL		
		PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.	PELAT	NEG.		
		SLAB	SLAB	SLAB	SLAB	SLAB	SLAB	SLAB	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.	SLAB	NEG.		
		DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.	DEPTH	REINF.		
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M	CM	CM ² /M		
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.30	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95						
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58								

RANGKUMAN
Peraturan Pembebanan Indonesia
untuk Gedung - 1983

Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14	kg/m ²
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11	kg/m ²
- - Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40	kg/m ²



4.2 Pembebanan Pelat Lantai

Beban hidup :

❖ Lantai perkantoran = 250 kg/m²

Beban mati :

❖ Berat spesi (t = 2 cm) = 0.02 x 2200 = 44 kg/m²

❖ Berat keramik (1 cm) = 0.01 x 2400 = 24 kg/m²

❖ Berat plafon + penggantung (11+7) kg/m² = 18 kg/m²

❖ Berat ducting AC + pipa = 40 kg/m²

Total beban finishing = 126 kg/m²

beban berguna = finishing + hidup

= 126 + 250 = 376 kg/m²

Jadi dipakai yaitu 400 kg/m²

❖ Berat plat beton 0.09 m x 2 m x 2400 = 432 kg/m²

❖ Berat bondek 10.1 kg/m² x 2 m = 20.1 kg/m²

qD = 538.1 kg/m²

Data-data perencanaan berdasarkan brosur BONDEX:

❖ Beban berguna = 400 kg/m².

❖ Bentang (span) = 2 m

Untuk Pelat Lantai Dengan Bentang Menerus :

❖ Tebal pelat = 9 cm dan tulangan negatif = 1.55 cm²/m

❖ Dipakai tulangan ϕ 10 mm , As = 0,7854 cm²

❖ Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 m :

❖ $n = 1.55 / 0,503 = 3.08 \approx 4$ buah

❖ Jarak antar tulangan = 1000 / 4 = 250 mm

❖ Jadi dipasang tulangan negatif D 10 – 250.

Beban Hidup pada lantai gedung, sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ringan ($q \leq 100 \text{ kg/m}^2$). Beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan tersendiri.

BEBAN HIDUP PADA LANTAI GEDUNG			
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200	kg/m ²
b.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125	kg/m ²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250	kg/m ²

Beton (1)

Beton bertulang (2)

2.200 kg/m³

2.400 kg/m³

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG *Super Floor Deck*® PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat mm	Berat per satuan luas kg / m ²	Luas penampang mm ²	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			I _e 10 ⁸ x mm ⁴	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Y _c mm	Y _t mm	I _p 10 ⁶ x mm ⁴	Z _{pc} 10 ³ x mm ³	Z _{pt} 10 ³ x mm ³	I _n 10 ⁸ x mm ⁴	Z _{nc} 10 ³ x mm ³	Z _{nt} 10 ³ x mm ³		10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Increm, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Increm, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Notes I_n = idem untuk daerah momen negatif

Z_{nt} = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z_{nc} = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Z_{pc} = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Z_{pt} = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

I_e = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

= I_p (1.26 - 0.26 I_p/I_n)

Pembebanan pada balok anak lantai atap:

-Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 20.2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat beton } 0.09 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 648 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sendiri profil WF} &= 66 \text{ kg/m} \\ \text{qD} &= 820.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup

$$qL = 2 \text{ m} \times 376 \text{ kg/m}^2 = 752 \text{ kg/m}$$

-Beban berfaktor

$$\begin{aligned} qU &= (1.2 \times qD) + (1.6 \times qL) \\ &= 1.2 \times 820.4 + 1.6 \times 752 \\ &= 984.48 + 1203.2 \\ &= 2187 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi (terbagi rata)

$$\begin{aligned} Mu &= 1/8 \times qU \times L^2 = 1/8 \times 2187.68 \times 6^2 \\ &= 9844.56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} Vu &= 1/2 \times qU \times L = 1/2 \times 2187.68 \times 6 \\ &= 6563.04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin: (pemakaian rumus ini di karenakan tidak memakai stiffner)

$$L = 600 \text{ cm}$$

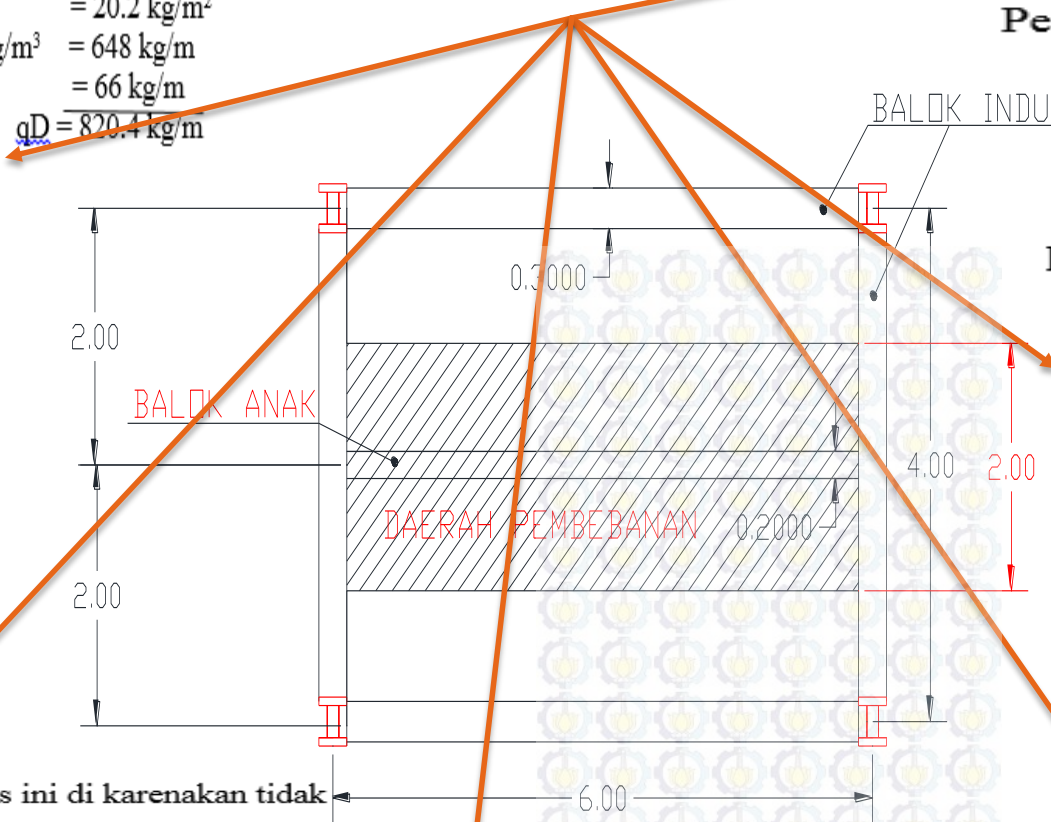
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1.667 \text{ cm}$$

$$q = qD + qL = 820.2 + 752 = 1592.4 \text{ kg/m} = 15.924 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{15.924 \times 600^4}{2000000 \times 23700} = 0.56 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0.56 \text{ cm} < 1.01 \text{ cm (OK)}$$

*Pemakaian I_x karena posisi profil WF adalah tegak dan beban mengarah atas ke bawah alias menekan ke arah profil dan bagian terkuatnya adalah bagian arah x



Menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42.75 \quad \frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69.57$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \rightarrow 42.75 < 69.57 \dots \text{ Geser plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w = 0.6 \cdot f_y \cdot d \cdot t_w \\ &= 0.6 \times 2500 \times (400 \cdot 8) = 4800000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Vu < \phi V_n \rightarrow 11040 \text{ kg} < 0.9 \cdot 4800000 \text{ kg}$$

$$11040 \text{ kg} < 4320000 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{maka penampang kompak}$$

$$\text{Pelat badan} \quad \lambda = \frac{h}{tw} \quad \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \quad \lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{maka penampang kompak}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Karena tidak di pasang shear connector pada balok anak sejarak $L_b = 600 \text{ cm}$

$$L_p = 1.76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (bentang menengah)}$$

$$L_B \leq L_P \text{ Kecil/Pendek} \times$$

$$L_R \rightarrow L_B > L_R \text{ Panjang/Besar} \times$$

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r > L_b > L_p$, kuat nominal komponen struktur adalah :

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L_b)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Jarak Penahan Lateral $L_b = 200$ cm

Berdasarkan tabel untuk BJ 41 profil WF 500x300x11x8 didapatkan :

$$L_p = 350,453 \text{ m}$$

$$L_r = 1050,71 \text{ cm}$$

Jadi, $L_p > L_b \rightarrow$ bentang pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_b < L_p$, kuat nominal komponen struktur adalah : $M_n = M_p$

$$M_y = S_x \cdot f_y$$

$$= 2910 \cdot 2500 = 7275000 \text{ kg.cm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 3100 \cdot 2500 = 7750000 \text{ kg.cm} < 1.5 M_y$$

$$\text{Syarat : } \Phi M_n \geq M_u \quad (\Phi = 0.9)$$

$$0.9 \times 7750000 \geq 5074960$$

$$6975000 \geq 5074960 \quad (\text{OK...!})$$

5.5 Kolom

5.5.1 Kolom Lantai 1-3

Kontrol Penampang (Kelangsingan elemen penampang

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42.06$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{407}{2 \times 36} = 5.628$$

$$h = d - 2(tf + r) = 428 - 2(35 + 22) = 314$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{314}{20} = 15.7$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{250}} = 42.06$$

$$\lambda < \lambda_x$$

$$\lambda < \lambda_y$$

Jadi Penampang Tidak Langsing !!

Momen nominal :

Kontrol Tekuk Lokal :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{407}{2 \times 35} = 5.81$$

$$\lambda_p = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15.811$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{407}{20} = 15.7$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,253$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ Kompak}$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ Kompak}$$

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[\frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2 \left(\frac{298000}{300} \right)}{2 \left(\frac{71000}{600} \right)} = \frac{1986.667}{236.667} = 8.39$$

$G_B = 10.00$ (Ujung kolom dianggap sendi/tidak kaku)

Diperoleh : $k_c = 3$ (bergoyang)

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{3 \times 400}{19.7} = 60.91$$

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[\frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2 \left(\frac{94400}{300} \right)}{2 \left(\frac{71000}{600} \right)} = \frac{629.33}{236.667} = 2.65$$

$G_B = 10.00$ (Ujung kolom dianggap sendi/tidak kaku)

Diperoleh : $k_c = 2.3$ (bergoyang)

Bila $\frac{P_u}{\phi_t P_n} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ry}} \right) \leq 1,0$ ✓

Bila $\frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0,20 \rightarrow \frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ry}} \right) \leq 1,0$

$0.6 \leq 1$ Kolom kuat memikul beban tekan dan momen lentur ✓

$$\lambda_{\text{terbesar}} = \lambda_y = 62.16$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{62.16}{3.14} \times \sqrt{\frac{250}{2000000}} = 19.79 \times 0.035 = 0.69$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \times 0,69)} = 1,25$$

$$P_n = A_g \cdot f_{ex} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 770.1 \times \frac{2500}{1.25} = 1540200 \text{ kg}$$

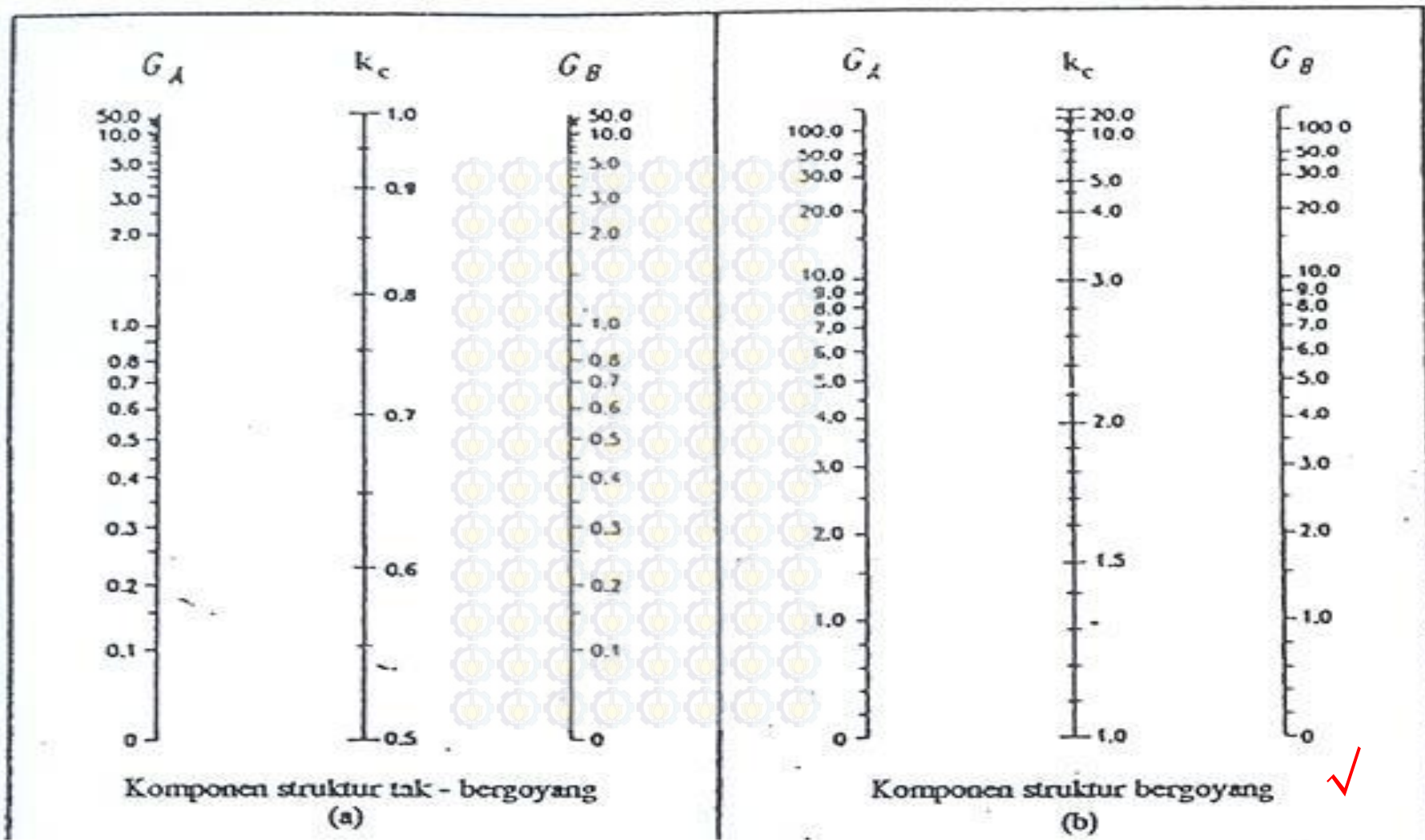
$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} = \frac{824142.65}{0.85 \times 1540200} = \frac{824142.65}{1309170} = 0.34 > 0.2$$

$$= 0,62 \geq 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$

ω = factor tekuk

P_u = gaya tekan akibat beban beraktor

P_n = Kekuatan tekan nominal batang



- (a) Nilai k_c untuk komponen struktur tak bergoyang, dan
 (b) untuk komponen struktur bergoyang

Desain Sambungan

Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak dan balok induk direncanakan dengan baut **simple connection** terletak pada dua tumpuan sederhana yang disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sendi .

a. Sambungan Pelat Siku dengan Balok Anak

Direncanakan : profil siku L 60 x 60 x 6 BJ 41

Baut HTB A 325 ($f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Baut ϕ 16 mm ($A_{baut} = 2,01 \text{ cm}^2$)

❖ Kuat geser

$$\phi V_n = \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_{baut} \times m$$

Dimana :

$$r_1 = 0,4 \text{ (ada ulir di bidang geser baut)}$$

m = jumlah bidang geser

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_{baut} = luas bruto penampang baut

❖ Kuat tumpu

$\phi V_n = \phi_f 2,4 d_b t_p f_u$ berlaku untuk semua jenis lubang baut

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat tertipis

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut

b. Sambungan Pelat Siku dengan Balok Induk

Direncanakan : profil siku L 60 x 60 x 6 BJ 41

Baut HTB A 325 ($f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Baut ϕ 16 mm ($A_{baut} = 2,01 \text{ cm}^2$)

Kontrol pelat siku

Direncanakan : profil siku L 60 x 60 x 6 BJ 41

Baut HTB A 325 ($f_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Baut ϕ 16 mm

$$A_g = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2$$

Diameter perlemahan (dengan bor)

$$= \phi \text{ baut} + 1,5$$

$$= 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_p$$

$$= (36 - 2 \times 1,75) \times 0,9 = 32,85 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana :

$$\phi R_{nv} = \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

Dimana :

f_u = tegangan Tarik putus terkecil antara baut dan pelat

$$\phi R_{nv} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4100 \times 32,85 = 60608,25 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku ,sehingga :

$$2 \times \phi R_{nv} = 2 \times 60608,25 = 121216,5 \text{ kg}$$

$$\text{Persyaratan : } V_u \leq \phi R_n$$

$$2536,48 \text{ kg} \leq \phi V_n$$

$$2536,48 \text{ kg} \leq 121216,5 \text{ kg} \dots\dots \text{ok}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak ke tepi = $1,5 d_b$ s/d $(4t_p + 100)$ atau 200 mm

t_p = tebal plat tertipis

$$1,5 d_b = 1,5 \times 16 = 24 \text{ mm}$$

$$(4 t_p + 100) = (4 \times 0,9 + 100) = 104 \text{ mm}$$

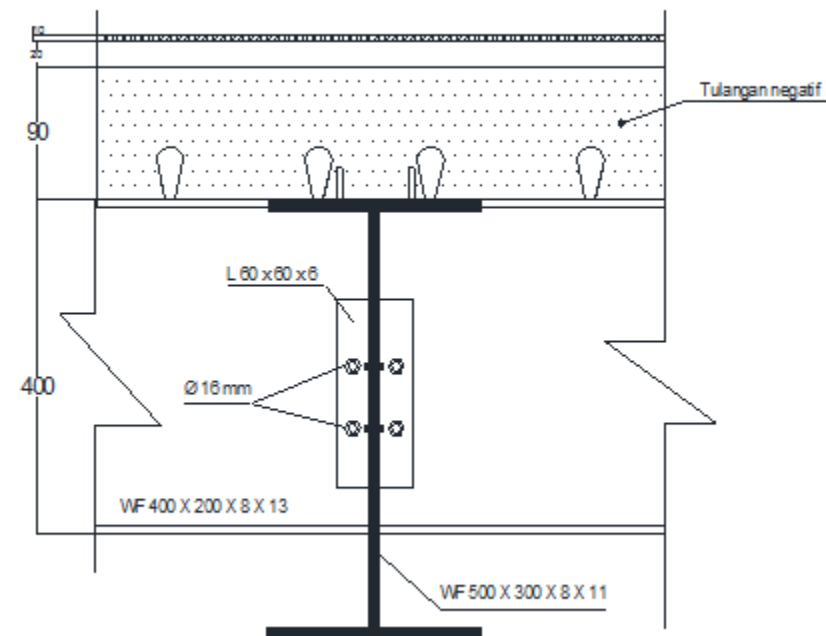
Dipasang 80 mm

Jarak antar baut = $3d_b$ s/d $15 t_p$ atau 200 mm

$$3d_b = 3 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 4 = 60 \text{ mm}$$

Dipasang 50 mm



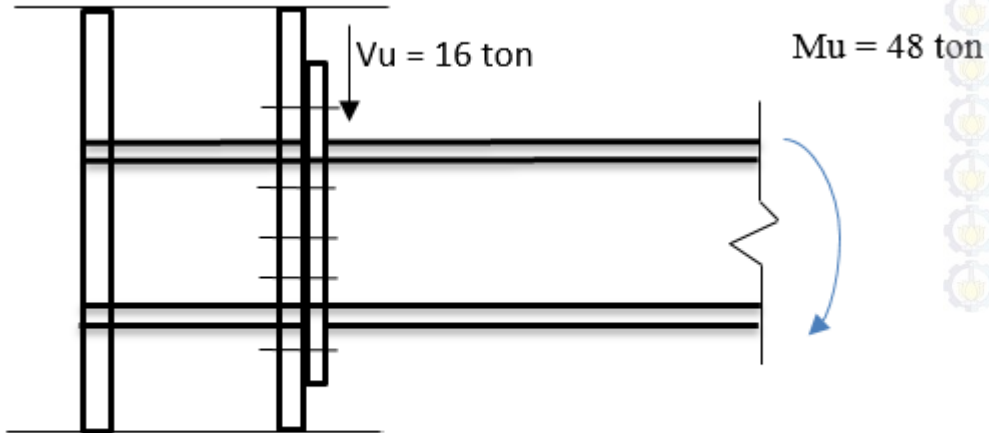
Sambungan Balok – Kolom

Profil balok induk menggunakan WF 500 x 300 x 11 x 18 dan kolom dengan profil WF 400 x 400 x 45 x 70 . Sambungan direncanakan dengan metode rigid connection .

Momen ultimate = 48 t.m

V_u = 16 t.m

Gaya geser yang berasal dari M_u :

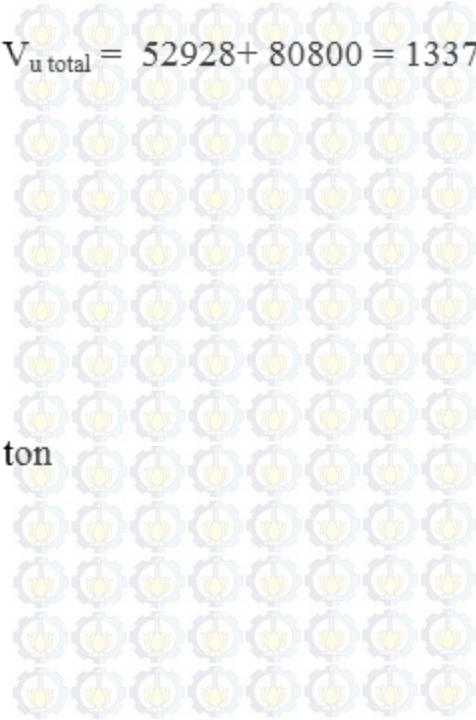


Gambar 5.4 Gaya pada balok - kolom

$$V_u = \frac{M_A + M_B}{L} = \frac{4800000 + 4800000}{600} = 80800 \text{ kg}$$

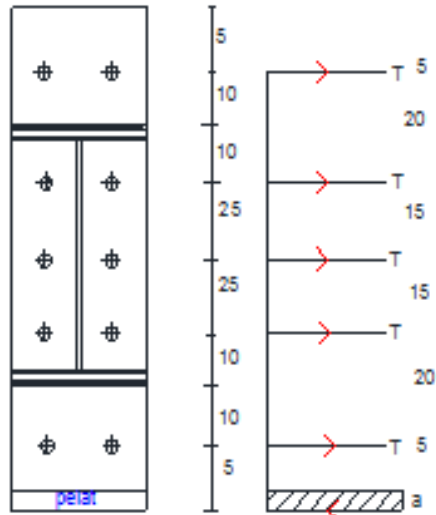
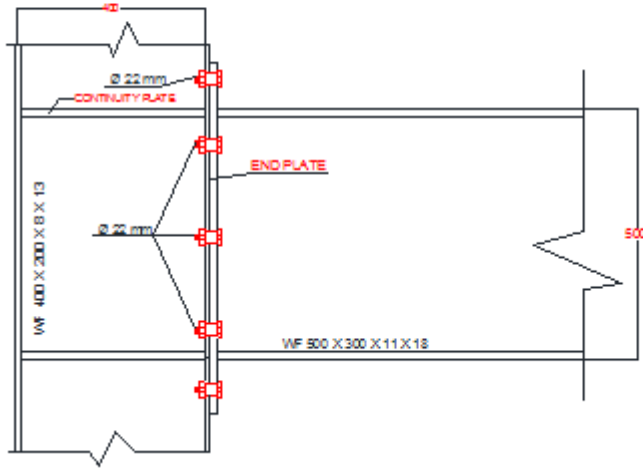
Maka , besarnya V_u total adalah :

$$V_{u \text{ total}} = 52928 + 80800 = 133728 \text{ kg}$$



Sambungan end plate ke flens kolom menggunakan cara
di baut cara ultimate eksentris tidak sebidang

ncari garis netral → anggap dibawah baut terbawah



$$f_y a b = \sum T \quad a = \frac{\sum T}{b f_y} = \frac{10 \times 17634.375}{30 \times 2500}$$

$$= 2.35 \text{ cm} < S = 5 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

(anggapan benar)

Momen Rencana yang dapat dipikul sambungan :

$$\phi M_n = \frac{0,9 f_y \cdot a^2 b}{2} + \sum T \cdot d$$

$$= \frac{0,9 \times 2500 \times (2.35)^2 \times 30}{2} + 2 \times 17634.375 (2.65 + 22.65 + 42.65 + 57.65 + 72.65)$$

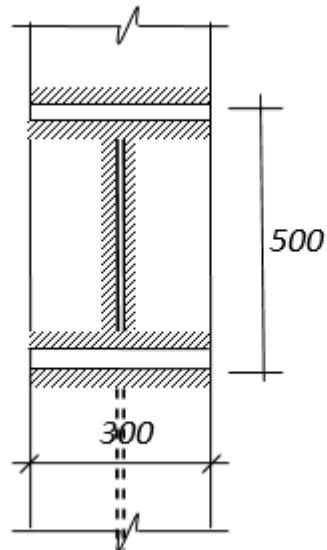
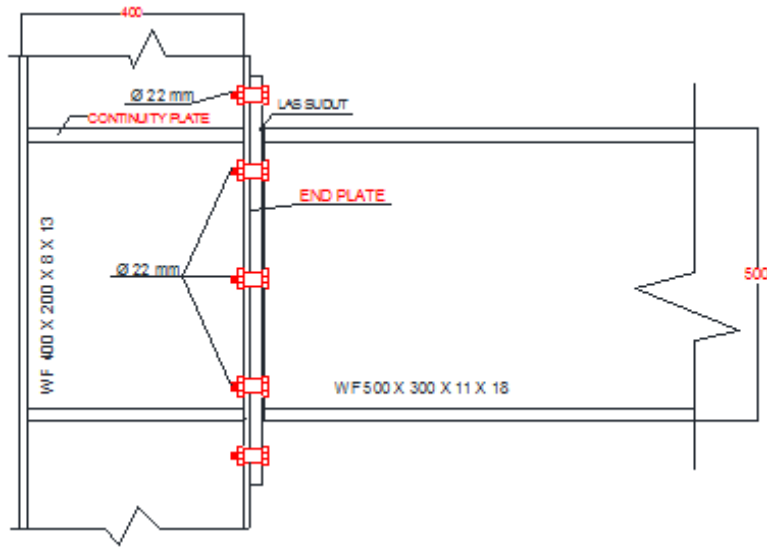
$$= 186384.37 + 6991881$$

$$\phi M_n = 71782653 \text{ kg cm}$$

$$M_u = 8600000 \text{ kg cm} < \phi M_n \quad \text{ok}$$

Sambungan cukup kuat menerima beban momen

Sambungan end plate ke kolom menggunakan cara di las



LAS : E E70xx

Baja BJ 41

500

300

$$A = 2 \times 30 + 4 (30 - 1.1) + 2 \times (50 - 2 \times 1.8) = 268.4 \text{ cm}^2$$

$$S = (30 \cdot 50) + (30 \cdot 1,1) \times (50 - (2 \cdot 1,8)) + (50^3 / 3) = 44967 \text{ cm}^2$$

$$P_u = \frac{Mu \times 2}{6} = \frac{48 \times 2}{6} = 16 \text{ ton}$$

$$M_u = 1,1 \times 1,5 \times Mp$$

$$= 1,1 \times 1,5 \times 2937768 = 4847317.2 \text{ kg cm}$$

$$\phi f_n = \phi \cdot 0,6 \cdot E70 = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3$$

$$= 2214 \text{ kg/cm}^2$$

u :

$$f_{vp} = \frac{16000}{268.4} = 59.61 \text{ kg/cm}^2$$

akibat M_u :

$$f_{HM} = \frac{4847317.2}{44967}$$

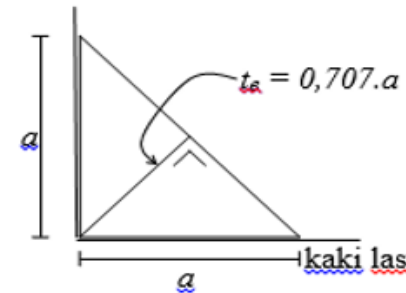
$$= 107.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi f_n} = \frac{123.18}{2214} \times 1 \text{ cm} = 0.05 \text{ cm}$$

$$f_{total} = \sqrt{f_{rp}^2 + f_{hm}^2}$$

$$= \sqrt{(59.61)^2 + (107.79)^2}$$

$$f_{total} = 123.18 \text{ kg/cm}^2$$



$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0.05}{0,707} = 0.07 \text{ cm}$$

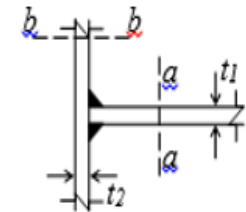
Syarat : $a_{min} \geq 4 \text{ mm} < a_{efmax} = 17.62 \text{ mm}$

Karena tidak ada pembatasan dari maksimal tebal, jadi a_{tmax} di ganti menjadi a_{efmax}

$$= 1,41 \times \frac{fu}{F_{EXX}} \cdot t_2$$

$$= 1,41 \times \frac{4100}{70 \times 70,3} \cdot 15$$

$$= 17.62 \text{ mm}$$



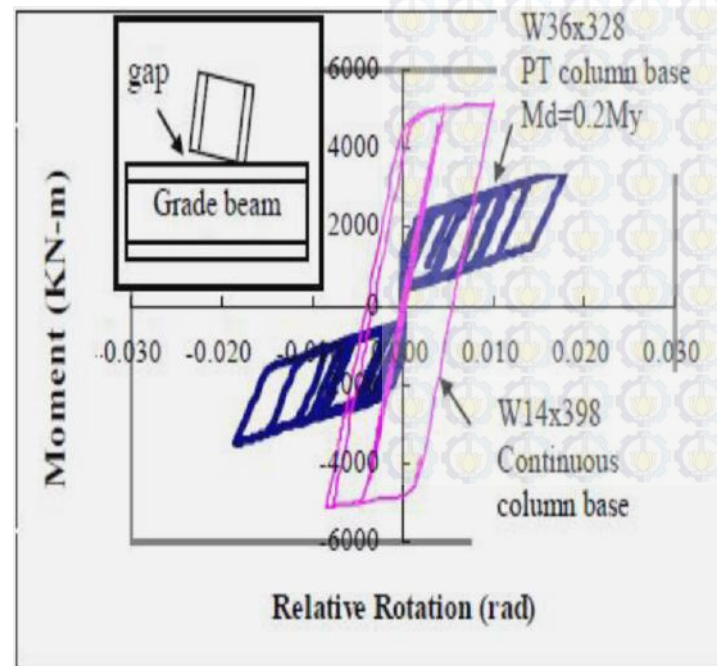
F_{EXX} – tegangan putus las

$$a_{mak} \leq 17.62 - 1,6 = 16.02 \text{ mm} > a$$

jadi $a = 15 \text{ mm}$

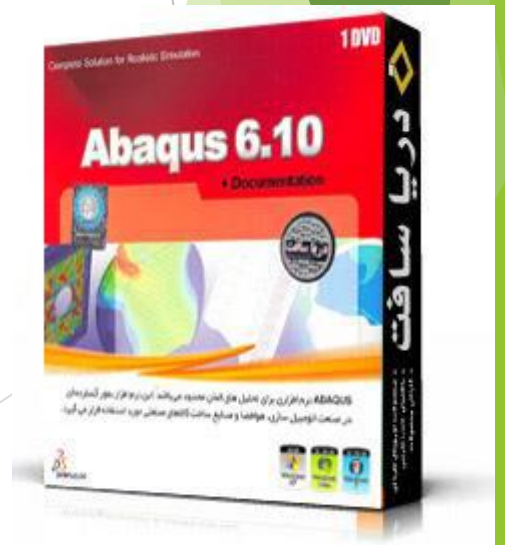
SCMRF

Di katakan SCMRF kalau memenuhi persyaratan seperti gambar di bawah ini



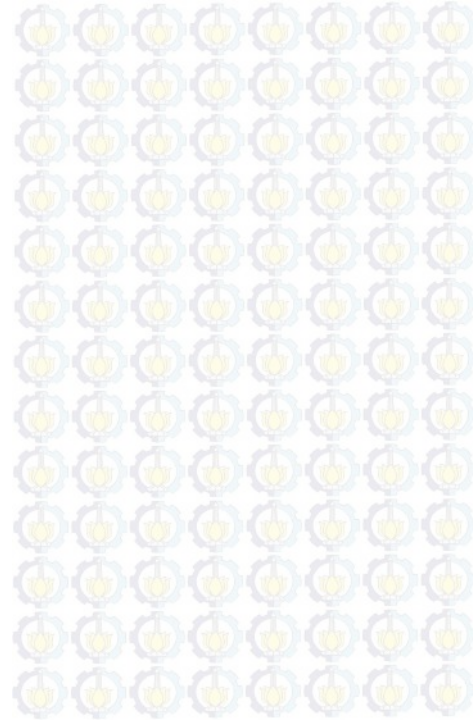
JENIS SOFTWARE FINITE ELEMENT ANALYSIS YANG DI PAKAI ADALAH

ABAQUS 6.10

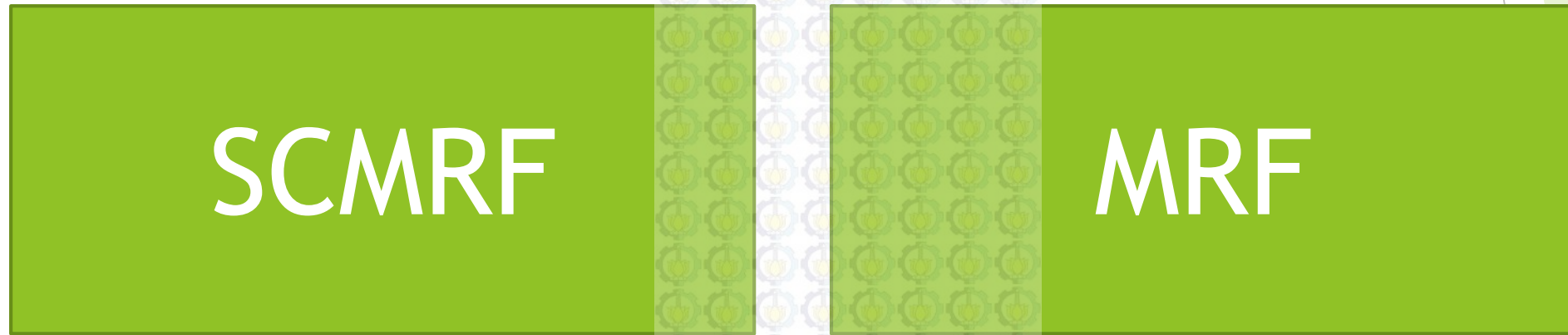


STEP ABAQUS

- ▶ Part
- ▶ Property
- ▶ Assembly
- ▶ Step
- ▶ Interaction
- ▶ Load
- ▶ Mesh
- ▶ Job

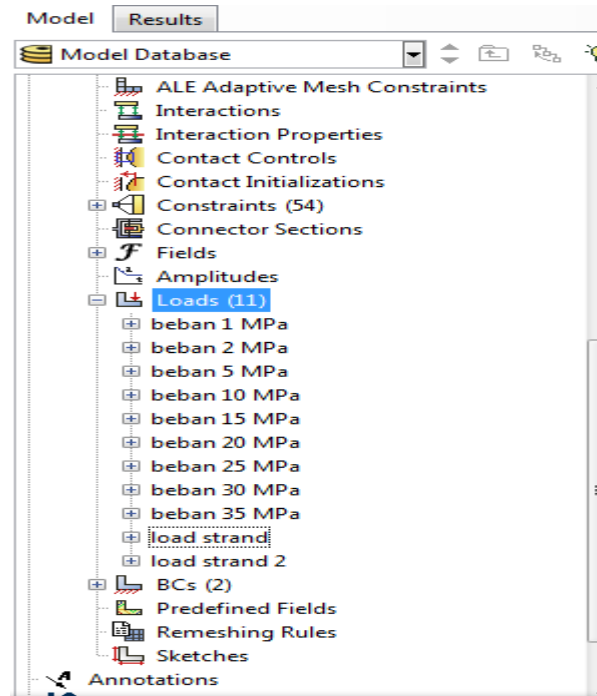


Di sini penulis membahas 2 keadaan perbandingan



SCMRF-Load

KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH
GEMPA



KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI
KEMBALI SEPERTI AWAL

The screenshot shows the Abaqus Step Manager dialog box. It contains a table with columns for Name, Procedure, Nlgeom, and Time. The 'beban 5 MPa 2' step is selected and highlighted in blue. The table lists various load steps, all with a 'Static, General' procedure and 'OFF' for Nlgeom.

Name	Procedure	Nlgeom	Time
✓ Initial	(Initial)	N/A	N/A
✓ beban 1 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 2 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 5 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 10 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 15 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 20 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 25 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 30 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 35 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 30 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 25 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 20 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 15 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 5 MPa 2	Static, General	OFF	1

SCMRF-Tegangan Regangan

KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH GEMPA

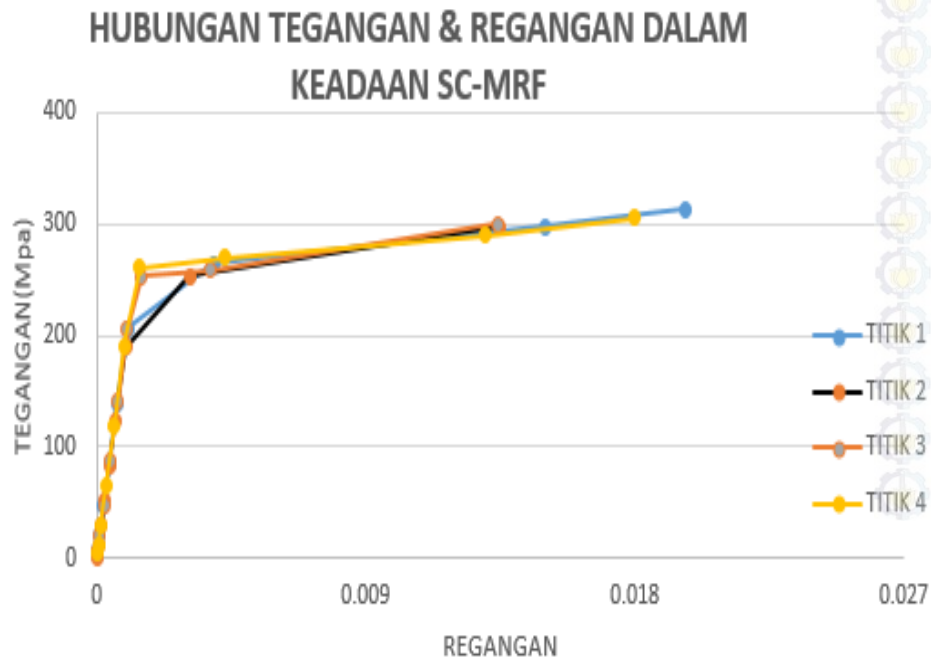
1002(TITIK 1)		12(TITIK 2)		1007(TITIK 3)		17(TITIK 4)	
E	S	E	S	E	S	E	S
-0.00001324	-2.7	0.00000773	1.39	-1.3E-05	-2.04	0.0000183	4.25
-0.0000393	-8	0.0000237	4.53	-3.9E-05	-7.36	5.3600000E-05	11.43
-0.0001	-21.08	0.0000637	12.38	-0.00011	-20.68	0.000141	29.36
-0.00023	-47.26	0.000143	28.7	-0.00024	-47.327	0.00031	65.23
-0.00043	-86.51	0.00026	51.6	-0.00043	-87.285	0.00058	119.041
-0.00069	-138.86	0.00042	82.983	-0.0007	-140.504	0.000934	190.78
-0.00103	-206.306	0.001	122.73	-0.00102	-205.84	0.00143	261.066
-0.0039	-264.338	0.001	267.449	-0.0015	-253.033	0.0043	270.381
-0.0197	-313.827	0.0196	309.134	-0.0175	-300.529	0.018	306.023

KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI KEMBALI SEPERTI AWAL

KONDISI SC-MRF							
1002(TITIK 1)		12(TITIK 2)		1007(TITIK 3)		17(TITIK 4)	
E	S	E	S	E	S	E	S
-0.00001324	-2.7	0.00000773	1.39	-1.3E-05	-2.04	0.0000183	4.25
-0.0000393	-8	0.0000237	4.53	-3.9E-05	-7.36	5.3600000E-05	11.43
-0.0001	-21.08	0.0000637	12.38	-0.00011	-20.68	0.000141	29.36
-0.00023	-47.26	0.000143	28.7	-0.00024	-47.327	0.00031	65.23
-0.00043	-86.51	0.00026	51.6	-0.00043	-87.285	0.00058	119.041
-0.00069	-138.86	0.00042	82.983	-0.0007	-140.504	0.000934	190.78
-0.00103	-206.306	0.001	122.73	-0.00102	-205.84	0.00143	261.066
-0.0039	-264.338	0.001	267.449	-0.0015	-253.033	0.0043	270.381
-0.0197	-313.827	0.0196	309.134	-0.0175	-300.529	0.018	306.023
-0.0145	-150.726	0.0154	155.837	-0.0155	-157.948	0.015	160.134
-0.00945	-150.726	0.0125	145.672	-0.015	-157.948	0.01	160.134
-0.005	-150.726	0.0054	145.672	-0.005	-157.948	0.008	160.134
-0.0025	-150.726	0.0015	145.672	-0.0014	-157.948	0.003	160.134
-0.0004	-50.493	0.0009	50.561	-0.0005	-45.672	0.001	50.245

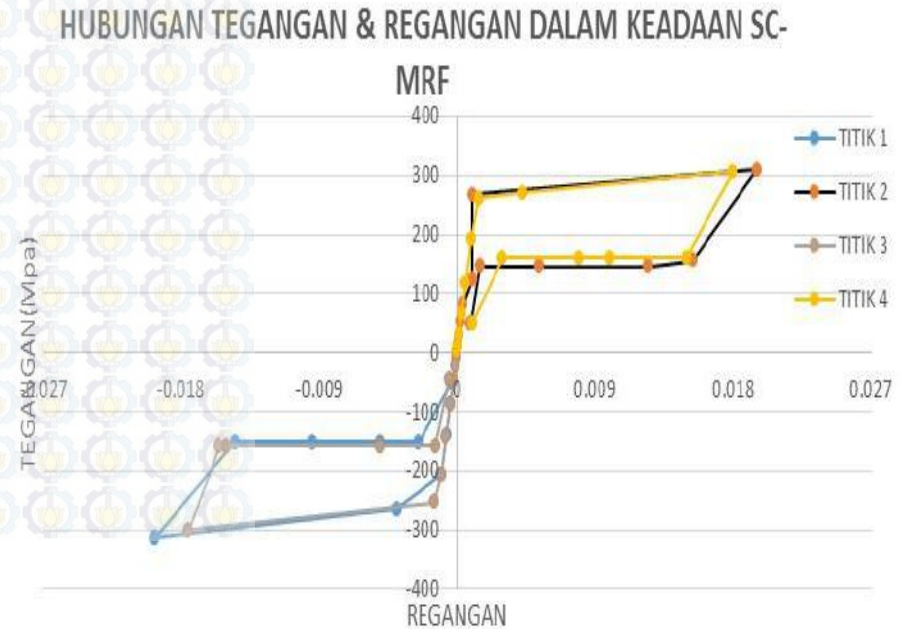
SCMRF-GRAFIK

KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH GEMPA



BERJALAN SEARAH ,BERDEKATAN,KOMPAK

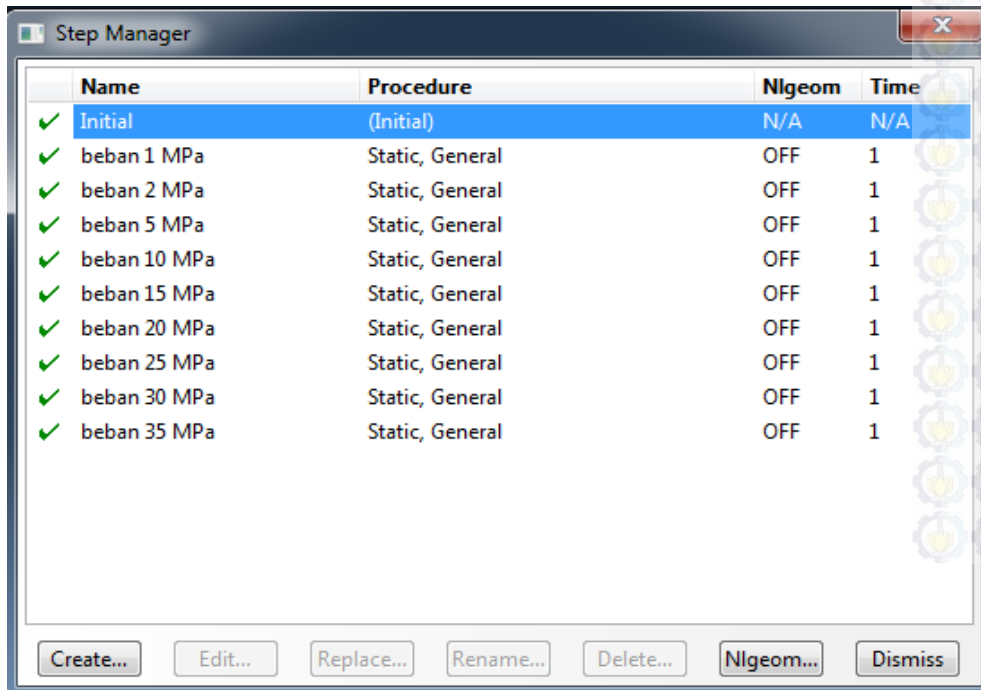
KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI KEMBALI SEPERTI AWAL



MEMBENTUK BENTUK IDEAL(HAMPIR KOTAK) ,KEMBALI KE AWAL,TIDAK LANGSUNG RUNTUH

MRF-LOAD

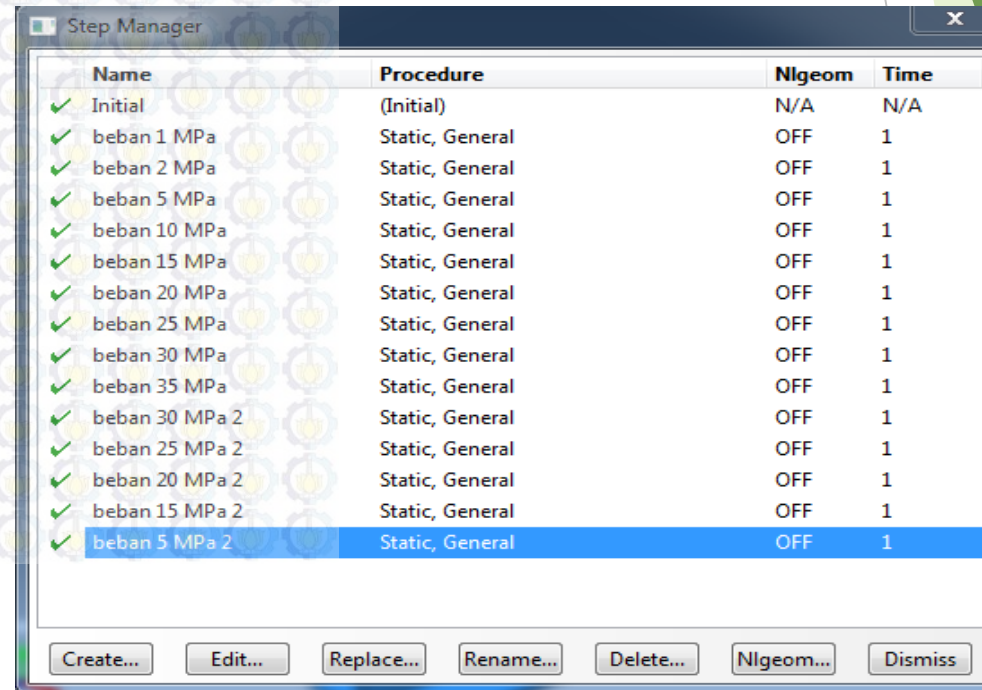
KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH
GEMPA



The screenshot shows the Step Manager window with a table of load steps. The 'Initial' step is selected. The table lists steps from 1 MPa to 35 MPa, all with 'Static, General' procedures and 'OFF' Nlgeom values.

Name	Procedure	Nlgeom	Time
✓ Initial	(Initial)	N/A	N/A
✓ beban 1 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 2 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 5 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 10 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 15 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 20 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 25 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 30 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 35 MPa	Static, General	OFF	1

KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI
KEMBALI SEPERTI AWAL



The screenshot shows the Step Manager window with a table of load steps. The 'Initial' step is selected. The table lists steps from 1 MPa to 35 MPa, all with 'Static, General' procedures and 'OFF' Nlgeom values. The 'beban 5 MPa 2' step is highlighted.

Name	Procedure	Nlgeom	Time
✓ Initial	(Initial)	N/A	N/A
✓ beban 1 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 2 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 5 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 10 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 15 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 20 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 25 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 30 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 35 MPa	Static, General	OFF	1
✓ beban 30 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 25 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 20 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 15 MPa 2	Static, General	OFF	1
✓ beban 5 MPa 2	Static, General	OFF	1

MRF-TEGANGAN REGANGAN

KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH GEMPA

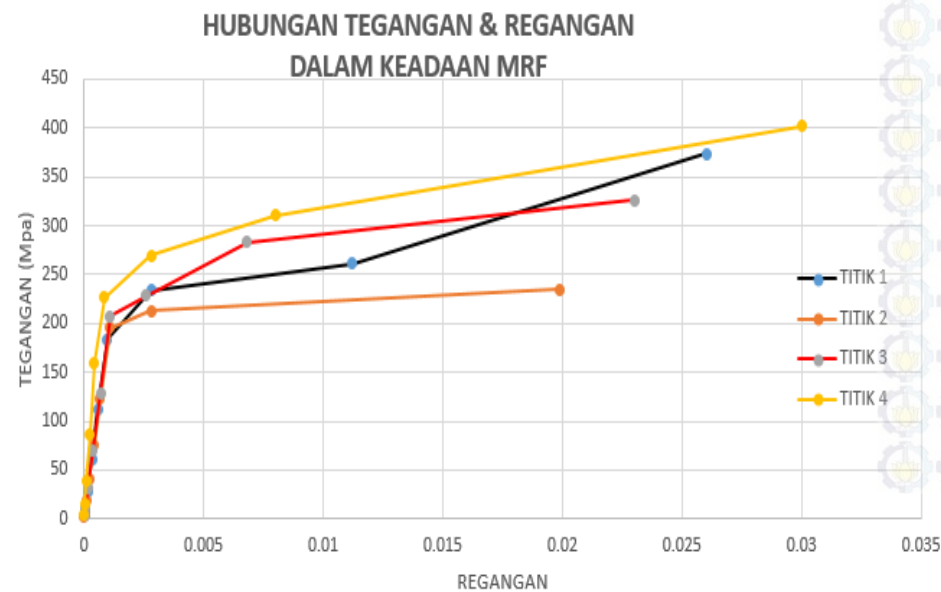
KONDISI MRF							
1002(TITIK 1)		12(TITIK 2)		1007(TITIK 3)		17(TITIK 4)	
REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN
-0.000018	-3.4	0.00001264	2.29	-0.000021	-3.9	1.31E-05	4.84
-0.0000524	-10.23	0.0000378	6.88	-0.000063	-11.7	3.93E-05	14.54
-0.00014	-27.3	0.0001	18.36	-0.00016	-31.228	0.0001	38.77
-0.00032	-61.43	0.00022	41.31	-0.00037	-70.253	0.00023	87.224
-0.00059	-112.63	0.00041	75.74	-0.00069	-128.798	0.00043	159.957
-0.00097	-183.734	0.00067	122.331	-0.0011	-207.727	0.00084	226.807
-0.0028	-234.179	0.00108	195.35	-0.0026	-228.531	0.0028	269.706
-0.0112	-261.07	0.0028	212.77	-0.0068	-283.617	0.008	310.87
-0.026	-373.264	0.0199	280.33	-0.023	-326.477	0.03	402.398

KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI KEMBALI SEPERTI AWAL

KONDISI MRF							
1002(TITIK 1)		12(TITIK 2)		1007(TITIK 3)		17(TITIK 4)	
REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN	REGANGAN	TEGANGAN
-0.000018	-3.4	0.00001264	2.29	-0.000021	-3.9	1.31E-05	4.84
-0.0000524	-10.23	0.0000378	6.88	-0.000063	-11.7	3.93E-05	14.54
-0.00014	-27.3	0.0001	18.36	-0.00016	-31.228	0.0001	38.77
-0.00032	-61.43	0.00022	41.31	-0.00037	-70.253	0.00023	87.224
-0.00059	-112.63	0.00041	75.74	-0.00069	-128.798	0.00043	159.957
-0.00097	-183.734	0.00067	122.331	-0.0011	-207.727	0.00084	226.807
-0.0028	-234.179	0.00108	195.35	-0.0026	-228.531	0.0028	269.706
-0.0112	-261.07	0.0028	212.77	-0.0068	-283.617	0.008	310.87
-0.026	-373.264	0.0199	280.33	-0.023	-326.477	0.03	402.398
-0.035	-380.375	0.03	360.33	-0.029	-324.588	0.032	402.409
-0.033	-157.88	0.0275	150.837	-0.027	-160.817	0.03	155.908
-0.0325	-75.77	0.0265	75.67	-0.026	-76	0.029	74.77
-0.032	-51.89	0.026	50	-0.0255	-51.5	0.0285	49.55
-0.0315	-20	0.0255	20	-0.0245	-20	0.028	20

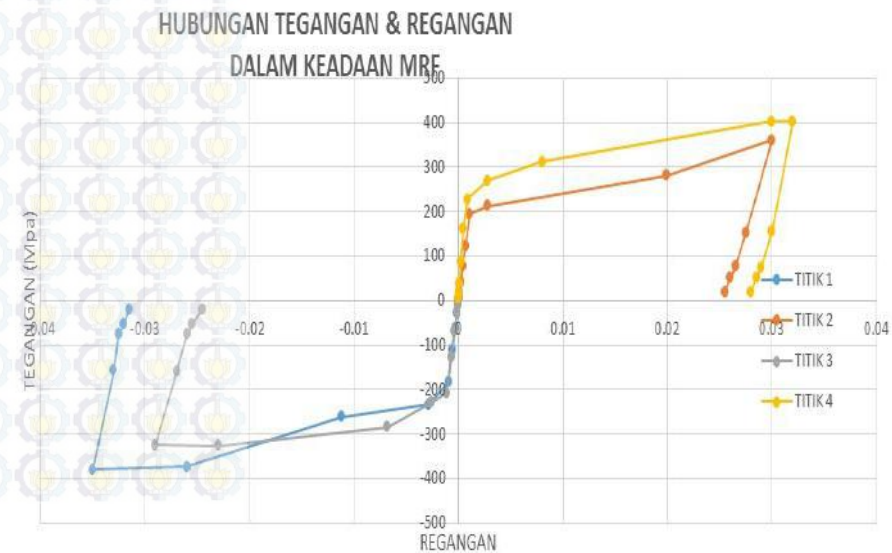
MRF-GRAFIK

KEADAAN DENGAN GAYA DORONG SE ARAH
GEMPA



BERJARAK SANGAT LEBAR

KEADAAN DENGAN DI TARIK KEMBALI
KEMBALI SEPERTI AWAL



SETELAH DI DORONG , BANGUNAN
LANGSUNG RUNTUH DAN MENUJU NOL
SECARA TIBA TIBA

KESIMPULAN DARI 2 KONDISI MRF DAN SCMRF

Bisa di tarik kesimpulan dari ke empat grafik di atas adalah :

- ▶ Dengan beban yang sama tegangan dan regangan yang dihasilkan berbeda
- ▶ Disipasi energi lebih besar untuk keadaan MRF dengan menyebabkan out of deformation ketika beban berhenti atau nol
- ▶ Bentuk ada beberapa yang menyerupai dengan garis bentuk scmrf tetapi luasannya lebih besar keadaan mrf.
- ▶ Tegangan lebih kecil keadaan scmrf daripada mrf
- ▶ Baja yang terkena mrf lebih daktail ,sedangkan yang terkena scmrf lebih kaku.
- ▶ Regangan bersifat lebih besar dari besar kali lipat dari keadaan mrf



TERIMA KASIH

**KEPADA DOSEN PENGUJI YANG TELAH BERSEDIA
HADIR UNTUK SIDANG TUGAS AKHIR SAYA**