

PEMODELAN ANALITIS BERBASIS KOMPUTER UNTUK KUDA-KUDA BAJA

Dedi Budi Setiawan¹⁾, Arief Subakti Ariyanto¹⁾, Supriyo¹⁾,
Sukardi¹⁾, Hadi Wibowo¹⁾

¹⁾Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang, Jalan Prof. Soedarto, Semarang, 50275
E-mail: dedibudisetiawan@yahoo.co.id

Abstrak

Pembuatan model analitis berbasis komputer untuk kuda-kuda baja dan sambungan sesuai SNI (SNI 03-729-2002), mahasiswa memahami alur dalam menganalisa dan mendesain konstruksi kuda-kuda baja dan sambungan. Menguji program melalui komparasi perhitungan kuda-kuda baja dengan program SAP2000. Penelitian melibatkan mahasiswa sehingga menciptakan kompetensi mahasiswa yang lebih unggul. Penerapan *knowledge* (yaitu ilmu baja), *skill* (yaitu ketrampilan komputer) dan *attitude* kesemuanya diasah dalam penelitian terapan ini. Sering kali kita juga dihadapi pada permasalahan kemampuan mahasiswa kita didalam memahami materi konstruksi Sipil. Mahasiswa perlu sekali pendalaman mengenai alur langkah penyelesaian masalah konstruksi baja. Mahasiswa bisa lebih memahami alur penyelesaian analitis baja dengan jalan mempelajari *flowchart* dan pengerjaan dibanding yang tidak mempelajari *flowchart*. Dengan menuliskan program analitis kuda-kuda baja dan sambungan dengan program komputer sendiri, pemrogram secara sadar maupun tidak sadar akan memahami alur kerja atau prinsip kerja dari program yang dibuatnya. Ini sangat mendukung dalam peningkatan kemampuan mahasiswa dalam mendalami dan memahami alur penyelesaian masalah konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah membuat model analitis kuda-kuda baja dan sambungan dengan Excel, sehingga mahasiswa memahami alur dalam menganalisa dan mendesain konstruksi khususnya kuda-kuda baja dan sambungan. Menguji program tersebut melalui komparasi perhitungan kuda-kuda baja dengan program SAP2000. Jadi perhitungan sambungan ini memberikan manfaat yang lebih dalam mendesain rangka kuda-kuda.

Kata Kunci: Elemen axial, kuda-kuda baja, sambungan.

PENDAHULUAN

Dalam merencanakan komponen struktur baja terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial di Indonesia maka salah satu acuannya adalah *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1729-2002). Program komputer rekayasa teknik (SAP2000, ETABS, Plaxis, dll) berbeda sekali dengan program umum (Excel, Word), ini karena pengguna diwajibkan untuk dapat memahami latar belakang metode, prinsip, peraturan maupun batasan dari program tersebut. Pembuat program rekayasa teknik secara tegas menyatakan tidak mau bertanggung jawab atas kesalahan yang timbul karena pemakaian program.

Pada setiap pembelajaran mekanik (rekayasa), 'latihan menyelesaikan soal' adalah bagian yang penting dalam proses pembelajaran (Gere 2004). Untuk membuat program

analitis yang berhubungan dengan desain teknik sipil yang baik perlu penguasaan bahasa pemrograman juga harus mengetahui detail-detail cara penyelesaian permasalahan yang akan diprogramkan. Perlu ditegaskan bahwa tanpa mengetahui detail-detail maka langkah penyelesaian program maupun alur program (*flow-chart*) tidak dapat dibuat. Pembuatan analitis dengan Excel dan dikomparasi dengan SAP2000 memberika pemahaman yang mudah bagi mahasiswa baik dari penguasaan materi maupun pemahaman yang mereka telah pahami di Excel. Program ini diharapkan dapat membantu perkembangan kemajuan dibidang teknik sipil, khususnya struktur baja. Pemahaman yang mudah dan banyak literatur pendukung menjadikannya favorit untuk dijadikan pilihan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembelajaran melalui model program interaktif banyak dijumpai dalam bentuk permainan untuk pembelajaran. Meskipun demikian sudah mulai dibuat juga untuk pembelajaran di bidang rekayasa (Gramoll dan Abbanat 1996, Holzer dan Andruet 2000, Philpot 2000, Jensen et. al 2002, Sandhu 2002).

Flowchart dapat diibaratkan sebagai cetak-biru rencana bangunan yang akan dikerjakan para insinyur. Hal yang sama juga berlaku, pemrogram yang baik sebaiknya menggambarkan *flowchart* terlebih dahulu sebelum menuliskannya pada komputer program (Wiryanto 2006).

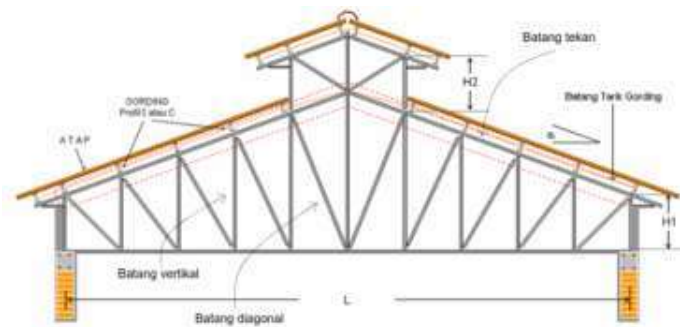
METODE PENELITIAN

Elemen Tekan dan Tarik

Elemen / batang tekan dan tarik yang banyak dijumpai yaitu batang - batang dalam struktur rangka. Komponen struktur tekan dan tarik dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun.

Batang tekan dan tarik yang hanya menerima gaya tekan dan tarik secara sentris saja dijumpai pada struktur rangka atap, jembatan, menara dan struktur lain yang bersifat rangka. Pada struktur rangka atap dan jembatan umumnya dijumpai elemen tarik dan tekan, lihat gambar berikut. Batang ini tidak mengalami momen dan gaya lintang, hanya ada gaya normal tekan dan tarik yang bekerja sentris, tepat pada garis berat penampang, oleh karena sifat dari struktur rangka itu sendiri dimana buhul-

buhulnya dapat berotasi sehingga gaya-gaya dalam yang lain seperti momen dan gaya lintang akan tereduksi dengan sendirinya.



Gambar 1. Struktur rangka atap.
Sumber : STEELROOFTRUSS, 2011.

Tahanan Tarik Nominal

Pada SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 dinyatakan bahwa semua komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor, sebesar N_u , maka harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi \cdot N_n \quad 2.1$$

SNI 03-1729-2002 menggunakan notasi N_u untuk menyatakan gaya tarik aksial terfaktor, N_n adalah tahanan nominal dari penampang yang ditentukan berdasarkan tiga macam kondisi keruntuhan batang tarik seperti telah disebutkan sebelumnya.

Besarnya tahanan nominal, N_n , suatu batang tarik untuk tipe keruntuhan leleh dan fraktur ditentukan sebagai berikut:

Kondisi Leleh Dari Luas Penampang Bruto

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka tahanan nominal, N_n , dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

Dengan

A_g = luas penampang bruto, mm^2

f_y = kuat leleh material, MPa

N_n = kekuatan nominal penampang

ϕ = faktor tahanan reduksi (SNI 03-1729-2002, tabel 6.4-2, hal. 18)

Kondisi Fraktur/Putus Dari Luas Penampang Efektif/Netto Pada Sambungan

Bila kondisi fraktur pada sambungan yang menentukan, maka tahanan nominal, dari batang, tersebut memenuhi persamaan : $N_n = A_e \cdot f_u$

Dengan

A_e = luas penampang efektif = $U \cdot A_n$, A_n = luas netto penampang, mm^2

U = koefisien reduksi (akan dijelaskan lebih lanjut)

f_u = tegangan tarik putus, MPa, Dengan ϕ adalah faktor tahanan, yang besarnya adalah:

$\phi = 0,90$ untuk kondisi leleh, dan $\phi = 0,75$ untuk kondisi fraktur.

Faktor tahanan untuk kondisi fraktur diambil lebih kecil daripada untuk kondisi leleh, sebab kondisi fraktur lebih getas/berbahaya, dan sebaiknya tipe keruntuhan jenis ini dihindari.

Tahanan Tekan Nominal

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor N_u , menurut SNI 03-1729-2002, pasal 9.1 harus memenuhi: $N_u < \phi_c \cdot N_n$

Dengan: $\phi_c = 0,85$

N_u = beban terfaktor, N_n = kuat tekan nominal komponen struktur = $A_g \cdot f_{cr}$

Tegangan kritis untuk daerah elastik, dituliskan sebagai:

$$\frac{f_{cr}}{f_y} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 f_y} = \frac{1}{\lambda_c^2}$$

Sehingga

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Daya dukung nominal N_n struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

Dengan besarnya ω ditentukan oleh λ_c yaitu:

Untuk $\lambda < 0,25$ maka $\omega = 1$

Untuk $0,25 < \lambda < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

Untuk $\lambda_c > 1,2$ maka $\omega = 1,2 \cdot \lambda_c^2$

Panjang Tekuk

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang

mengalami rotasi serta translasi, pada bagian tumpuan ujungnya (contohnya adalah tumpuan sendi). Selain kondisi tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula risikonya terhadap masalah tekuk. Panjang tekuk (L_k) batang tekan sangat tergantung kepada jenis perletakkannya, seperti kolom dengan tumpuan jepit dapat mengekang ujungnya dari berotasi dan translasi, sehingga mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan tumpuan sendi. Panjang tekuk dihitung seperti berikut,

Kolom	1	2	3	4	5	6
Nilai K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
K _{Leff}	0,5L	0,7L	L	L	2L	2L

Keterangan:
 □ jepit
 ○ sendi
 □ (di ujung rotasi) tumpuan rotasi
 ○ (di ujung bebas) ujung bebas

Gambar 2. Panjang Tekuk untuk Beberapa Kondisi Perletakan

Komponen Struktur Tekan Tersusun

Komponen struktur tekan dapat tersusun dari dua atau lebih profil, yang disatukan dengan menggunakan pelat kopel. Analisis kekuatannya harus dihitung terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua elemen komponen struktur tersebut, sedangkan sumbu bebas bahan adalah sumbu yang sama sekali tidak, atau hanya memotong sebagian dari elemen komponen struktur tersebut. Analisis dilakukan sebagai berikut: Kelangsingan pada arah sumbu bahan (sumbu x) dihitung dengan:

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x}$$

Dan pada arah sumbu bebas bahan harus dihitung kelangsingan ideal x .

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

Dan

$$\lambda_{iy} = \frac{k \cdot L_y}{r_y} \text{ dan } \lambda_1 = \frac{L_1}{r_{min}}$$

L_x, L_y = panjang komponen struktur tekan arah x dan arah

k = faktor panjang tekuk

r_x, r_y, r_{min} = jari—jari girasi komponen struktur

m = konkanta yang besarnya ditentukan dalam peraturan

L_1 = jarak antar pelat kopel pada arah komponen struktur tekan

Pelat kopel yang digunakan harus cukup kaku sehingga memenuhi persamaan:

$$\frac{b/2}{t_f} \geq 10 \frac{1}{L}$$

Dengan I_p = momen inersia pelat kopel, untuk pelat kopel di muka dan di belakang yang tebalnya t dengan tinggi h , maka

I_1 = momen inersia minimum satu buah profil

A = jarak antar dua pusat titik berat elemen komponen struktur

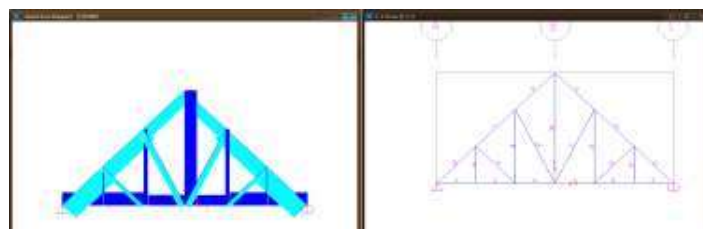
Selain ketentuan tersebut di atas, untuk menjaga kestabilan elemen-elemen penampang komponen struktur tersusun, maka harga λ_x , λ_{iy} , dan λ_1 harus memenuhi:

$$\lambda_x \geq 1,2 \cdot \lambda_1, \quad \lambda_{iy} \geq 1,2 \cdot \lambda_1, \quad \lambda_1 \leq 50$$

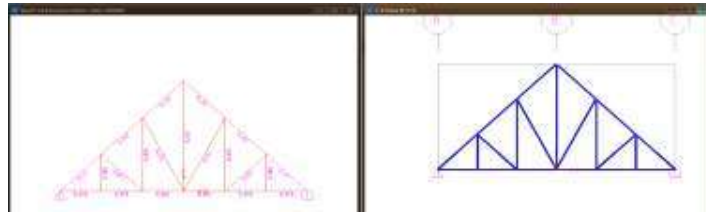
Pelat kopel harus dihitung dengan menganggap bahwa pada seluruh panjang komponen struktur tersusun tersebut bekerja gaya lintang yang besarnya: $D_u = 0,02 N_u$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilakukan percobaan dengan berbagai rangka kuda-kuda baja dengan bentang 6m, 8m dan 10m. Perhitungan gaya dalam rangka kuda-kuda digunakan *software* SAP2000 kemudian dihitung desigennya dengan metode analitik dengan bantuan *software* excel yang ditabelkan agar terlihat simple dan mudah untuk mendesain elemen – elemen yang lainnya. Kemudian dikompare design menggunakan program SAP2000. Hal ini untuk menunjukkan keakuratan design yang kita buat dengan bantuan *software* excel.



Gambar 3. Gaya dalam dan Penomeran Elemen Pada Struktur Rangka Bentang 6m



Gambar 4. Ratio Design Pada Struktur Rangka Bentang 6m

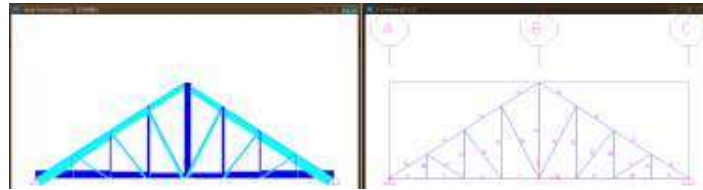
Tabel 1. Perhitungan Desain Elemen Tarik Struktur Rangka Bentang 6 m

Fy = 240 N/mm ²		Koefisien Leleh = 0.9								
Fu = 370 N/mm ²		Koefisien Fraktur = 0.75								
Nama	Panjang (L)	Profil	A	rmin	e	Nu	U	Uijin	U pakai	An
Batang	(mm)		(mm ²)	(mm)	(mm)	(kg)	l - (e/L)			(mm ²)
										2 x A
4	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1699	0.971	0.9	0.9	564.4
5	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1699	0.971	0.9	0.9	564.4
8	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1699	0.971	0.9	0.9	564.4
9	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1699	0.971	0.9	0.9	564.4
20	3000	50.50.6	564.4	15	14.4	1511	0.990	0.9	0.9	564.4
6	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1359.2	0.971	0.9	0.9	564.4
7	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	1359.2	0.971	0.9	0.9	564.4
18	2000	50.50.6	564.4	15	14.4	491.6	0.986	0.9	0.9	564.4
22	2000	50.50.6	564.4	15	14.4	491.6	0.986	0.9	0.9	564.4
16	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	151.8	0.971	0.9	0.9	564.4
24	1000	50.50.6	564.4	15	14.4	151.8	0.971	0.9	0.9	564.4

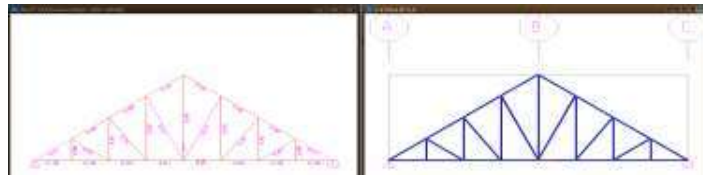
Ae (mm ²)	λ	λijin	Syarat	Kuat Leleh (φNn)	Cek	Kuat Fraktur (φNn)	Cek
U x An	L / (2 rmin)			(φAn.Fy) / 10 (kg)		(φAe.Fu) (kg)	
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	200.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	133.333	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	133.333	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman

Tabel 2. Perhitungan Elemen Tekan Struktur Rangka Bentang 6 m

Fy = 240 N/mm ²		E Design = 1												
Fu = 370 N/mm ²		Es = 200000 mpa												
Nama	Panjang (L)	Profil	A	rmin	e	Nu	Nu	λ	λc	φ	Ag (mm ²)	φNn (N)	φNn	Cek
Batang	(mm)		(mm ²)	(mm)	(mm)	(kg)	(kg)	(K.L)/(rmin)	(kx)/(φFyE)	φ	A	(0.85.Ag.Fy)/φ	(kg)	
10	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-2402.75	-2402.75	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
13	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-2402.75	-2402.75	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
11	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-1922.2	-1922.2	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
14	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-1922.2	-1922.2	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
12	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-1441.65	-1441.65	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
15	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-1441.65	-1441.65	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
19	2236.07	50.50.6	564.4	15	14.4	-759.82	-759.82	149.071	1.644	3.377	564.4	34090.82	3409.082	Aman
21	2236.07	50.50.6	564.4	15	14.4	-759.82	-759.82	149.071	1.644	3.377	564.4	34090.82	3409.082	Aman
17	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-480.55	-480.55	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman
23	1414.21	50.50.6	564.4	15	14.4	-480.55	-480.55	94.281	1.040	1.583	564.4	72745.82	72743.82	Aman



Gambar 5. Gaya dalam dan Penomoran Elemen Pada Struktur Rangka Bentang 8 m



Gambar 6. Ratio Design Pada Struktur Rangka Bentang 8 m

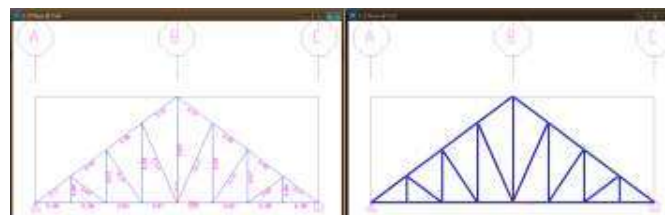
Tabel 3. Perhitungan Desain Elemen Tarik Struktur Rangka Bentang 8 m

Fy = 240 N/mm ²		Koefisien Leleh = 0.9								
Fu = 370 N/mm ²		Koefisien Fraktur = 0.75								
Nama Batang	Panjang (L) (mm)	Profil	A (mm ²)	rmin (mm)	s (mm)	Nu (kg)	U ₁ (6/L)	U _{ijin}	U _{pakai}	A _n (mm ²) 2 x A
4	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2424.8	0.971	0.9	0.9	564.4
5	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2424.8	0.971	0.9	0.9	564.4
10	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2424.8	0.971	0.9	0.9	564.4
11	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2424.8	0.971	0.9	0.9	564.4
6	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2078.4	0.971	0.9	0.9	564.4
9	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	2078.4	0.971	0.9	0.9	564.4
7	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	1732	0.971	0.9	0.9	564.4
8	1000	50 50.6	564.4	15	14.4	1732	0.971	0.9	0.9	564.4
26	3000	50 50.6	564.4	15	14.4	1716.6	0.990	0.9	0.9	564.4
24	2250	50 50.6	564.4	15	14.4	671.4	0.987	0.9	0.9	564.4
28	2250	50 50.6	564.4	15	14.4	671.4	0.987	0.9	0.9	564.4
22	1500	50 50.6	564.4	15	14.4	411.6	0.981	0.9	0.9	564.4
30	1500	50 50.6	564.4	15	14.4	411.6	0.981	0.9	0.9	564.4
20	750	50 50.6	564.4	15	14.4	151.8	0.962	0.9	0.9	564.4
32	750	50 50.6	564.4	15	14.4	151.8	0.962	0.9	0.9	564.4

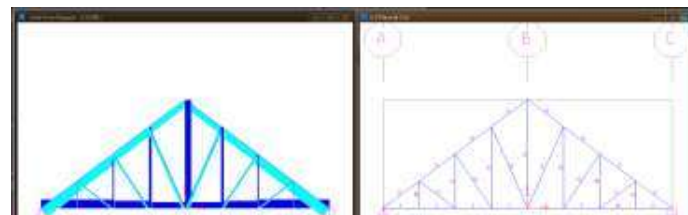
Ae (mm ²) U x An	A L / (2 rmin)	ijjin	Syarat	Kuat Leleh (φNn) (φ.A.n.Fy) / 10 (kg)	Cek	Kuat Fraktur (φNn) (φ.A.e.Fu) (kg)	Cek
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	66.667	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	200.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	150.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	150.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	100.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	100.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	50.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman
507.96	50.000	240	OK	12191.04	Aman	14095.89	Aman

Tabel 4. Perhitungan Elemen Tekan Struktur Rangka Bentang 8 m

$F_y = 240 \text{ N/mm}^2$ $F_u = 370 \text{ N/mm}^2$							K Design = 1 $E_s = 200000 \text{ mpa}$						
Nama	Panjang (L)	Profil	A	F_{max}	e	N_u	λ	λ_y	α	A_g (mm ²)	ϕN_u (N)	ϕN_u	Cek
Batang	(mm)		(mm ²)	(mm)	(mm)	(kg)	(K.L.)(2, rmm)	(A)(3)(F _y E)		Z _x A	(0,85 A _g F _y) / ϕ	kg	
12	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-3031	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
16	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-3031	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
13	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-2598	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
17	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-2598	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
14	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-2165	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
18	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-2165	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
15	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-1732	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
19	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-1732	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
25	2462.21	50 50.6	564.4	15	14.4	-852.91	164.147	1.810	4.095	564.4	28116.29	2811.629	Aman
27	2462.21	50 50.6	564.4	15	14.4	-852.91	164.147	1.810	4.095	564.4	28116.29	2811.629	Aman
23	1802.78	50 50.6	564.4	15	14.4	-624.68	120.185	1.323	2.195	564.4	52447.22	5244.722	Aman
29	1802.78	50 50.6	564.4	15	14.4	-624.68	120.185	1.323	2.195	564.4	52447.22	5244.722	Aman
21	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-433	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman
31	1250	50 50.6	564.4	15	14.4	-433	83.333	0.919	1.453	564.4	79255.68	7925.568	Aman



Gambar 7. Gaya dalam dan Penomoran Elemen Pada Struktur Rangka Bentang 10m



Gambar 8. Ratio Design Pada Struktur Rangka Bentang 10m
 Tabel 5. Perhitungan Desain Elemen Tarik Struktur Rangka Bentang 10 m

$F_y = 240 \text{ N/mm}^2$ $F_u = 370 \text{ N/mm}^2$							Koefisien Leleh = 0.9 Koefisien Praktek = 0.75						
Nama	Panjang (L)	Profil	A	r_{min}	e	N_u	λ	λ_y	α	A_g (mm ²)	ϕN_u	ϕN_u	Cek
Batang	(mm)		(mm ²)	(mm)	(mm)	(kg)	(K.L.)	(A)(3)(F _y E)		Z _x A	(0,85 A _g F _y) / ϕ	kg	
4	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4568.5	0.712	0.9	0.712	1128.8			
5	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4568.5	0.712	0.9	0.712	1128.8			
12	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4568.5	0.712	0.9	0.712	1128.8			
13	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4568.5	0.712	0.9	0.712	1128.8			
6	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4041.33	0.712	0.9	0.712	1128.8			
11	100	50 50.6	564.4	15	14.4	4041.33	0.712	0.9	0.712	1128.8			
7	100	50 50.6	564.4	15	14.4	3536.17	0.712	0.9	0.712	1128.8			
10	100	50 50.6	564.4	15	14.4	3536.17	0.712	0.9	0.712	1128.8			
8	100	50 50.6	564.4	15	14.4	3031	0.712	0.9	0.712	1128.8			
9	100	50 50.6	564.4	15	14.4	3031	0.712	0.9	0.712	1128.8			
32	300	50 50.6	564.4	15	14.4	2601.9	0.904	0.9	0.9	1128.8			
30	240	50 50.6	564.4	15	14.4	1986.4	0.880	0.9	0.88	1128.8			
34	240	50 50.6	564.4	15	14.4	1986.4	0.880	0.9	0.88	1128.8			
28	180	50 50.6	564.4	15	14.4	783.3	0.840	0.9	0.84	1128.8			
36	180	50 50.6	564.4	15	14.4	783.3	0.840	0.9	0.84	1128.8			
26	120	50 50.6	564.4	15	14.4	483.2	0.760	0.9	0.76	1128.8			
38	120	50 50.6	564.4	15	14.4	483.2	0.760	0.9	0.76	1128.8			
24	80	50 50.6	564.4	15	14.4	177.3	0.520	0.9	0.52	1128.8			
40	80	50 50.6	564.4	15	14.4	177.3	0.520	1.8	0.52	1128.8			

As (mm)	λ	λ_{lim}	syarat	Kuat Lelah (250) ($\Phi \cdot A_s \cdot F_y$) / 18 (kg)	Cek	Kuat Fusi (8N) ($\Phi \cdot A_s \cdot F_u$) (kg)	Cek
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
803.7056	3.333	240	OK	24382.08	Aman	22302.8304	Aman
1015.92	10.000	240	OK	24382.08	Aman	28191.78	Aman
993.344	8.000	240	OK	24382.08	Aman	27563.296	Aman
993.344	8.000	240	OK	24382.08	Aman	27563.296	Aman
948.192	6.000	240	OK	24382.08	Aman	26312.328	Aman
948.192	6.000	240	OK	24382.08	Aman	26312.328	Aman
857.888	4.000	240	OK	24382.08	Aman	23806.392	Aman
857.888	4.000	240	OK	24382.08	Aman	23806.392	Aman
586.976	2.000	240	OK	24382.08	Aman	16288.584	Aman
586.976	2.000	241	OK	24382.08	Aman	16288.584	Aman

Tabel 6. Perhitungan Elemen Tekan Struktur Rangka Bentang 10 m

Fy = 240 N/mm ² Fu = 370 N/mm ²						K Design = 1 Es = 200000 mpa						
Nama Batang	Panjang (L) (mm)	Profil	A (mm ²)	r_{min} (mm)	Nu (kg)	λ (K.L. / 2 r.min)	λ_c (300 / (Fy/E))	μ	Ag (mm ²)	ΦN_u (N)	ΦN_u (kg)	Cek
14	1166.19	50.50.6	564.4	15	-4544.64	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
19	1166.19	50.50.6	564.4	15	-4544.64	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
19	1166.19	50.50.6	564.4	15	-4039.68	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
20	1166.19	50.50.6	564.4	15	-4039.68	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
16	1166.19	50.50.6	564.4	15	-3534.72	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
21	1166.19	50.50.6	564.4	15	-3534.72	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
17	1166.19	50.50.6	564.4	15	-3029.76	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
22	1166.19	50.50.6	564.4	15	-3029.76	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
18	1166.19	50.50.6	564.4	15	-2524.8	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
23	1166.19	50.50.6	564.4	15	-2524.8	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
31	2600	50.50.6	564.4	15	-1125.8	173.333	1.911	4.566	564.4	25215.15	2521.515	Aman
33	2600	50.50.6	564.4	15	-1125.8	173.333	1.911	4.566	564.4	25215.15	2521.515	Aman
29	2059.13	50.50.6	564.4	15	-893.6	137.275	1.514	2.864	564.4	40201.35	4020.135	Aman
25	2059.13	50.50.6	564.4	15	-893.6	137.275	1.514	2.864	564.4	40201.35	4020.135	Aman
27	1562.05	50.50.6	564.4	15	-676.37	104.137	1.148	1.722	564.4	66881.13	6688.113	Aman
37	1562.05	50.50.6	564.4	15	-676.37	104.137	1.148	1.722	564.4	66881.13	6688.113	Aman
25	1166.19	50.50.6	564.4	15	-504.96	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman
29	1166.19	50.50.6	564.4	15	-504.96	77.746	0.857	1.394	564.4	82579.23	8257.923	Aman

Tabel 7. Perhitungan Sambungan

PERHITUNGAN SAMBUNGAN													
Fy = 240 Fu = 370													
Batang	Profil	μ (mm)	ϕ (mm)	F_u^2 (MPa)	A_{samb} (1/8 n.d ϕ)	μ	η	N_u (kg)	Rat. Over (kg) ($\Phi \cdot L \cdot \mu \cdot F_u$)	Jarak Temp. (kg) ($\Phi \cdot L \cdot \mu \cdot F_u \cdot F_y$)	N_u (kg)	Jarak (mm)	
4	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4546.5	1696.46	7193	1696.46	2.68	3.00
5	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4546.5	1696.46	7193	1696.46	2.68	3.00
12	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4546.5	1696.46	7193	1696.46	2.68	3.00
13	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4546.5	1696.46	7193	1696.46	2.68	3.00
6	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4041.33	1696.46	7193	1696.46	2.38	3.00
11	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	4041.33	1696.46	7193	1696.46	2.38	3.00
7	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	3536.17	1696.46	7193	1696.46	2.08	3.00
10	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	3536.17	1696.46	7193	1696.46	2.08	3.00
8	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	3031	1696.46	7193	1696.46	1.79	2.00
9	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	3031	1696.46	7193	1696.46	1.79	2.00
32	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	2603.9	1696.46	7193	1696.46	1.33	2.00
30	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	1988.4	1696.46	7193	1696.46	0.64	2.00
34	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	1988.4	1696.46	7193	1696.46	0.64	2.00
38	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	783.3	1696.46	7193	1696.46	0.46	2.00
36	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	783.3	1696.46	7193	1696.46	0.46	2.00
26	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	480.2	1696.46	7193	1696.46	0.28	2.00
38	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	480.2	1696.46	7193	1696.46	0.28	2.00
24	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	177.3	1696.46	7193	1696.46	0.10	2.00
40	50.50.6	9	12	400	113.10	1.00	0.50	177.3	1696.46	7193	1696.46	0.10	2.00

Perhitungan desain elemen tarik dan tekan menggunakan analisa SAP dibandingkan dengan analitis Excel memberikan perbedaan yang bervariasi.

Tabel 8. Perbedaan Ratio SAP dengan Excel

Nama Batang	Hasil Excel	Hasil SAP	Perbedaan	Ratio
4	0.120532	0.069732	0.0508	0.421463
5	0.120532	0.069732	0.0508	0.421463
8	0.120532	0.069732	0.0508	0.421463
9	0.120532	0.069732	0.0508	0.421463
20	0.107194	0.062016	0.045178	0.421462
6	0.096425	0.055785	0.04064	0.421469
7	0.096425	0.055785	0.04064	0.421469
18	0.034875	0.020177	0.014698	0.421455
22	0.034875	0.020177	0.014698	0.421455
16	0.010769	0.00623	0.004539	0.421493
24	0.010769	0.00623	0.004539	0.421493

Untuk elemen tekan memberikan variasi yang sama yaitu terjadi perbedaan sekitar 42%, Hal ini dimungkinkan karena dalam perhitungan desain SAP memperhitungkan juga masalah lendutan.

Tabel 9. Perbedaan Ratio SAP dengan Excel

Nama Batang	Hasil Excel	Hasil SAP	Perbedaan	Ratio
10	0.330303	0.570927	0.240624	0.421462
13	0.330303	0.570927	0.240624	0.421462
11	0.264242	0.456741	0.192499	0.421461
14	0.264242	0.456741	0.192499	0.421461
12	0.198182	0.342556	0.144374	0.421462
15	0.198182	0.342556	0.144374	0.421462
19	0.222881	0.451357	0.228476	0.506198
21	0.222881	0.451357	0.228476	0.506198
17	0.066061	0.057093	0.008968	0.15707
23	0.066061	0.057093	0.008968	0.15707
				0.38553

Sedangkan pada desain elemen tarik terjadi variasi perbedaan ratio antara yang dihitung dengan Excel dan program SAP. Dari tabel dapat terlihat variasi dari 42 % sampai 15% dengan rata-rata rasio perbedaan 38,5%. Desain dengan SAP memberikan rasio dimensi yang lebih besar. Hal ini terjadi juga diakibatkan pada perhitungan SAP memperhitungkan pengaruh lendutan. Sedangkan di Excel hanya memperhitungkan pengaruh kekuatan. Untuk perhitungan sambungan sangat membantu mahasiswa dalam

merencanakan jumlah baut yang dibutuhkan untuk masing-masing sambungan di buhul. Untuk kuda-kuda baja bentang 10 m dibutuhkan 3 buah dan 2 buah di masing-masing buhul sesuai dengan kode elemen yang tertera. Dalam perhitungan SAP belum menghasilkan jumlah baut yang dibutuhkan untuk tiap buhulnya. Jadi perhitungan sambungan ini memberikan manfaat yang lebih dalam mendesain rangka kuda-kuda.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan desain elemen tarik dan tekan dengan menggunakan program SAP 2000 memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan analisa dengan Excel. Di karenakan pada program SAP2000 memperhitungkan persyaratan lendutan. Berkisar sampai 30%.
2. Pada program ini perhitungan sambungan memberikan kelebihan dibandingkan dengan program SAP2000.

DAFTAR PUSTAKA

- Gere, J. M. 2004. *Mechanics of Materials 6 Ed.* Brooks/Cole – Thomson Learning, Belmont, CA
- Gramoll , K., Abbanat, R. 1996. *Interactive Multimedia for Engineering Statics.* ASEE Conf., Mechanics Division, June 96
- Holzer, S.M., Andruet, R.H. 2000. *Experiential Learning in Mechanics with Multimedia.* The International Journal of Engineering Education 16(5)
- Jensen, D., Self, B., Rhymer, D. , Wood, J., Bowe, M. 2002. *A rocky journey toward effective assessment of visualization modules for learning enhancement in Engineering Mechanics.* Educational Technology & Society 5(3)
- Philpot, T.A. 2000. *MDSolids: Software to Bridge the Gap Between Lectures and Homework in Mechanics of Materials.* The International Journal of Engineering Education 16 (5)
- Sandhu, J.S. 2002. *An Active Engagement Pedagogy for Introductory Solid Mechanics.* Thesis of Master of Science at the Massachusetts Institute Of Technology
- SNI 03 – 1729 – 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.* Badan Standarisasi Nasional

Dewobroto, Wiryanto. 2006. *Lokakarya Pengajaran Mekanika Teknik, Konstruksi Beton dan Konstruksi Baja*. Bukit Jimbaran – Bali, 26-27 Juli 2006, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Bali: Universitas Udayana.