

BAB IV
VALIDASI PROGRAM KOMPUTER

4.1 Umum

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

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

1. Kesalahan Logika

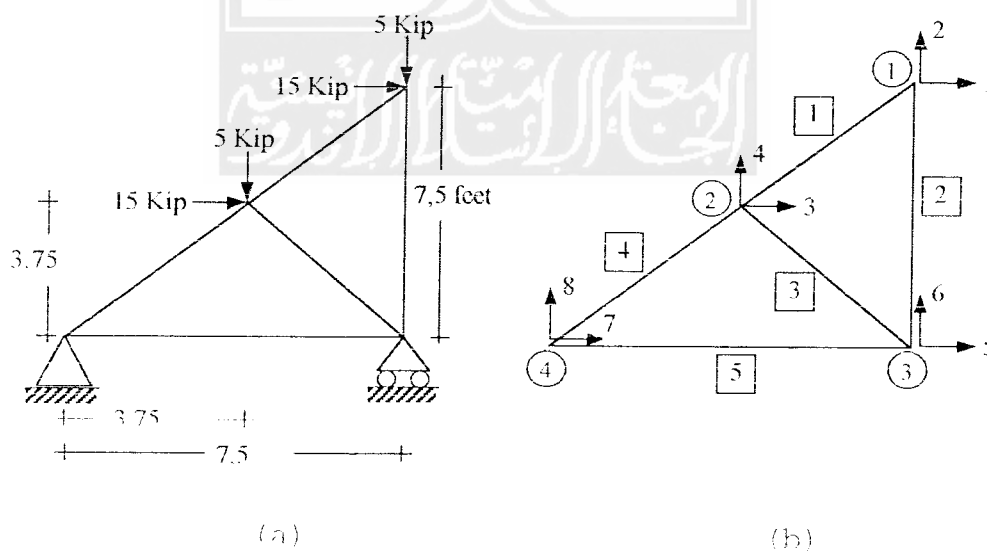
Kesalahan ini terjadi karena masih terdapat unsur kesalahan pada *flow chart* program atau pada logika hitungan program.

2. Kesalahan sewaktu kompilasi

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

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

4.2 Data-Data Struktur



Gambar 4.1 Contoh Struktur rangka batang

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

4.3 Analisa Struktur Rangka Batang

4.3.1 Secara Manual

Langkah-langkah penghitungan dengan cara manual adalah sebagai berikut :

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

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

Tabel 4.1 Data-data tiap elemen

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

Tabel 4.2. Data berat profil tiap elemen

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

Elemen4

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

Elemen 5

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

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

Matrik Kekakuan Sistem Struktur

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

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

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

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

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

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

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

Tabel 4.3 Beban luar

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

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

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

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

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

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

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

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

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

matrik kekakuan sistem struktur " K_k " dikalikan dengan defleksi yang terjadi pada tiap titik buhul

Hitungan reaksi tumpuan

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

Hasil reaksi tumpuan tersebut adalah :

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

Gaya-gaya pada pada tiap elemen

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

Elemen 1

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

Elemen 2

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

Elemen 3

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

Elemen 4

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

Elemen 5

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

Hasil perhitungan

Defleksi pada tiap titik buhul

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

Gaya tiap elemen

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

Reaksi tumpuan

Q ₁ atau R _y	30.05620 Kips
Q ₂ atau R _x	-30.00000 Kips
Q ₃ atau R _y	-19.97977 Kips

4.3.2 Dengan menggunakan program SAP90

Masukan data struktur SAP90

Validasi

C This is file VALIDATION written by SAPIN on Wed Jan

C 26 09:50:14 2000

C Units are KIP FEET

SYSTEM

R=0 L=1 T=0.0001

JOINTS

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

FRAME

NM=4 :Luas profil batang

1	A=0.96	E=29000	:2L2X2X1/8
2	A=1.62	E=29000	:2L2X2.5X3/16
3	A=1.8	E=29000	:2L2X3X3/16
4	A=1.43	E=29000	:2L2X2X3/16

1	1	2	M=4,4,1 LP=0,0
2	1	3	M=3,3,1 LP=0,0
3	2	3	M=4,4,1 LP=0,0
4	2	4	M=2,2,1 LP=0,0
5	3	4	M=1,1,1 LP=0,0

RESTRAINTS

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

LOADS

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

Hasil keluran dari SAP90

File: Validasi.F3F

FRAME ELEMENT FORCES

ELI LOAD ID COND	AXIAL FORCE	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ

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

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

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

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

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

File: Validasi.SOL

JOINT DISPLACEMENTS

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

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

REACTIONS AND APPLIED FORCES

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

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

4.3.3 Dengan menggunakan program aplikasi

Masukan data struktur program aplikasi

TRIDIM2D

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

PROPERTIES

4 5 5 2 2 36 0.5

JOINTS

1 7.5 7.5

2 3.75 3.75

3 7.5 0.0

4 0.0 0.0

MATERIAL DATA

1 29000

Elemen

1 1 2 1

2 1 3 2

3 2 3 3

4 2 4 4

5 3 4 5

RESTRAINT

4 1 1

3 0 1

JOINT LOAD

1 15 -5

2 15 -5



Hasil keluaran program aplikasi

JOINT DISPLACEMENTS

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

MEMBER FORCE (TENSION POSITIVE)

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

REACTIONS

JOINT	RX	RY
3	0.0000	30.1045
4	-30.0000	-19.9528

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

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

Tabel 4.4 Validasi Hitungan Program Aplikasi Komputer

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

4.4 Kontrol profil baja

4.4.1 Hitungan batang desak

Elemen 2

Dipakai 2L 2 x 3 x 3/16

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

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

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

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

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

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

Kontrol angka kelangsingan batang

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

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

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

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

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

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

Elemen 3

Dipakai 2L 2 x 2 x 3/16

Abr	= 1,43 in ²	F _y	= 36 Ksi
E	= 29000 Ksi	r	= 0,617 in
P min	= -14,1707 Kips	L	= 5,3 Feet

Kontrol angka kelangsingan batang

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

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

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

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

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

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

4.4.2 Hitungan Batang Tarik

Elemen 1

Dipakai 2L 2 x 2 x 3/16

$$A_{br} = 1,43 \text{ in}^2 \quad P_{maks} = 21,2132 \text{ Kips}$$

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

Kontrol angka kelangsingan batang

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

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

$$A_n = A_{br} - A_{lub} = 1,43 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8} \right) \times \frac{3}{16} \times 2 = 1,1956 \text{ in}^2$$

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

$$F_t1 = 0,6 \times 36 \times 1,43 = 30,8879 \text{ Kips}$$

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

$$F_t2 = 0,5 \times 50 \times 1,19563 \times 0,85 = 25,407 \text{ Kips}$$

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

Elemen 4

Dipakai 2L 2 x 2.5 x 3/16

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

Kontrol angka kelangsingan batang

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

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

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

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

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

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

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

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

Elemen 5

Dipakai 2L 2 x 2 x 1/8

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

Kontrol angka kelangsingan batang

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

Tegangan ijin pada luasan netto adalah :

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

$$F_{t1} = 0,6 \times F_y \times A_g$$

$$F_{t1} = 0,6 \times 36 \times 0,96 = 20,736 \text{ Kips}$$

$$F_{t2} = 0,5 \times F_u \times A_n \times 0,85$$

$$F_{t2} = 0,5 \times 50 \times 0,8038 \times 0,85 = 17,0797 \text{ Kips}$$

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

