

BAB VI PEMBAHASAN

Perbandingan penulangan antara hasil perencanaan ulang dengan perencanaan awal dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan hasil penulangan rangka struktur bangunan tersebut dalam menerima beban gempa sesuai dengan peraturan gempa terbaru yaitu SNI 1726-2002. Berikut ini akan dibahas hasil perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser.

A. Balok

1. Tulangan Lentur

Analisis kuat lentur balok didapat berdasarkan momen terfaktor maksimal dari hasil analisis SAP2000.v.14.1.0 Jumlah tulangan lentur yang didapat dari perancangan ulang kemudian ditabelkan dan dibandingkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.1

Tabel 6.1 Hasil Perencanaan Tulang Lentur Balok

Balok	Batang	Posisi	Momen Balok (N;mm)	ϕM_n (Nmm)	D (mm)	Hasil Lapangan		Perencanaan Ulang		Keterangan
						AS	AS'	AS	AS'	
40 x 0,60	B1	Tumpuan	308868049	247094439,2	22	5	3	5	3	Sama
		Lapangan	192559895	154047916,3	22	5	3	4	3	Lebih Kecil
40 x 0,60	B1K	Tumpuan	288499024	230799219,2	22	5	3	5	3	Sama
		Lapangan	288499024	230799219,2	22	3	5	5	3	Sama
40 x 0,60	B2	Tumpuan	299324521	239459616,8	22	6	4	5	3	Lebih Kecil
		Lapangan	188137747	150510197,3	22	5	3	3	2	Lebih Kecil
40 x 0,60	B3	Tumpuan	279677729	223742183,2	22	4	3	5	3	Lebih Besar
		Lapangan	167975879	134380703,4	22	4	3	3	2	Lebih Kecil
40 x 0,60	B3A	Tumpuan	198983031	159186424,8	22	4	2	4	3	Lebih Besar
		Lapangan	97871970	78297575,94	22	4	2	3	2	Lebih Kecil
40 x 0,60	B3AK	Tumpuan	203785088	163028070,4	22	4	3	4	3	Sama
		Lapangan	203785088	163028070,4	22	3	4	4	3	Sama
40 x 0,60	B4	Tumpuan	161935785	129548628	22	5	5	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	16036429	12829143,49	22	5	3	3	3	Lebih Kecil

0 x 0,50	B5	Tumpuan	112129570	89703656	22	3	3	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	24767385	19813908,29	22	3	3	2	2	Lebih Kecil
0 x 0,50	B5A	Tumpuan	102629895	82103916	19	4	3	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	63624371	50899496,65	19	4	3	3	2	Lebih Kecil
0 x 0,40	B6	Tumpuan	29299018	23439214,16	16	2	2	2	2	Sama
		Lapangan	8422815,3	6738252,248	16	2	2	2	2	Sama
0 x 0,30	B7	Tumpuan	12334446	9867556,96	13	2	2	2	2	Sama
		Lapangan	6597179,5	5277743,592	13	2	2	2	2	Sama
0 x 0,60	B8	Tumpuan	186945622	149556497,6	22	6	4	4	3	Lebih Kecil
		Lapangan	44749008	35799206,74	22	6	4	3	2	Lebih Kecil
0 x 0,60	B8A	Tumpuan	202281838	161825470,4	22	3	2	4	3	Lebih Besar
		Lapangan	1604710,1	1283768,056	22	3	2	3	2	Sama
0 x 0,60	B8AK	Tumpuan	232812676	186250140,8	22	2	3	4	3	Lebih Besar
		Lapangan	232812676	186250140,8	22	3	2	4	3	Lebih Besar
5 X 0,50	BA	Tumpuan	127688077	102150461,6	22	3	3	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	51728912	41383129,99	22	3	3	3	2	Lebih Kecil
25 x 0,50	BA1	Tumpuan	70396889	56317511,2	22	3	3	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	46500734	37200587,47	22	3	3	3	2	Lebih Kecil
25 x 0,50	BA2	Tumpuan	88520605	70816484	22	2	2	2	2	Sama
		Lapangan	36662632	29330105,32	22	2	2	2	2	Sama
25 x 0,50	BA3	Tumpuan	38079760	30463808	19	3	3	3	2	Lebih Kecil
		Lapangan	68230,31	54584,248	19	3	3	3	2	Lebih Kecil
40 x 0,70	TB1	Tumpuan	349499609	279599687,2	22	7	7	5	3	Lebih Kecil
		Lapangan	212044358	169635486,3	22	7	7	4	3	Lebih Kecil
25 x 0,50	TB2	Tumpuan	161724467	129379573,6	22	3	3	4	3	Lebih Besar
		Lapangan	54230127	43384101,94	22	3	3	3	2	Lebih Kecil

Dari tabel-tabel perbandingan di atas dapat diketahui bahwa :

- a. B1 Tumpuan, B2 Tumpuan, B2 Lapangan, B3a Lapangan, B4 Tumpuan, B4 Lapangan, B5 Tumpuan, B5 Lapangan, B5A Tumpuan, B5A lapangan, B8 Tumpuan, B8 Lapangan, BA Tumpuan, BA Lapangan, BA1 Tumpuan, BA1 Lapangan, BA3 Tumpuan, BA3 Lapangan, TB1 Tumpuan, TB1 Lapangan, TB2 Lapangan. mendapatkan jumlah tulangan yang lebih sedikit daripada perencanaan awal. Artinya ada penghematan tulangan yang terjadi pada balok-balok tersebut karena tulangan awal dianggap

- b. B3 Tumpuan, B3A Tumpuan, B8A Tumpuan, B8AK, TB1 Tumpuan. Mengalami penambahan jumlah tulangan pada perencanaan ulang, dengan demikian menunjukkan bahwa tulangan awal di nilai tidak cukup kuat untuk menahan beban rencana.
- c. B1 Tumpuan, B1K, B3AK, B6 Tumpuan, B6 Lapangan, B7 Tumpuan, B7 Lapangan. B8A Lapangan, BA2 Tumpuan dan Lapangan. Memiliki jumlah tulangan yang sama pada perencanaan awal. dengan demikian menunjukkan bahwa dengan jumlah tulangan yang sama mampu menahan beban rencana pada perencanaan ulang.

Perbedaan jumlah tulangan ini disebabkan karena adanya perbedaan asumsi pembebanan awal yang dilakukan, perbedaan *software*, dan perbedaan metode perhitungan yang di gunakan.

2. Tulangan Geser

Perbandingan jumlah tulangan geser perencanaan ulang dengan tulangan geser lapangan dapat dilihat pada tabel 6.2

Tabel 6.2 Hasil Perencanaan dan Perbandingan Tulangan Geser Balok

Balok	Batang	Posisi	Vu	Ø Vn	Hasil Lapangan			Perencanaan Ulang			Keterangan
					n	s pasang (mm)	Ø (mm)	n	s pasang (mm)	Ø (mm)	
0 x 0,60	B1	Tumpuan	197564,1	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	113222,5	241335,2	3	150	10	3	150	10	Sama
0 x 0,60	B1K	Tumpuan	155013,1	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	155013,1	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
0 x 0,60	B2	Tumpuan	185666,3	342670,4	4	100	10	4	100	10	Sama
		Lapangan	132519,2	275113,6	4	150	10	4	150	10	Sama
0 x 0,60	B3	Tumpuan	178158,7	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	124711,1	241335,2	3	150	10	3	150	10	Sama
0 x 0,60	B3A	Tumpuan	146200,8	241335,2	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	102340,5	207556,8	2	150	10	2	150	10	Sama

0,60	B3AK	Tumpuan	107099,5	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	107099,5	292002,8	3	100	10	3	100	10	Sama
0,60	B4	Tumpuan	117572,2	342670,4	4	100	10	4	100	10	Sama
		Lapangan	82300,51	275113,6	4	150	10	4	150	10	Sama
0,50	B5	Tumpuan	94939,57	211109,5	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	66457,7	169489,6	3	150	10	3	150	10	Sama
0,50	B5A	Tumpuan	70490,79	169489,6	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	49343,55	141743,1	2	150	10	2	150	10	Sama
0,40	B6	Tumpuan	13721,81	110144,1	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	9605,267	88429,38	2	150	10	2	150	10	Sama
0,30	B7	Tumpuan	13898,09	79548,49	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	9728,663	63865,66	2	150	10	2	150	10	Sama
0,60	B8	Tumpuan	129706	342670,4	4	100	10	4	100	10	Sama
		Lapangan	90794,19	275113,6	4	150	10	4	150	10	Sama
0,60	B8A	Tumpuan	129398,6	241335,2	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	90579,03	207556,8	2	150	10	2	150	10	Sama
0,60	B8AK	Tumpuan	115344,2	241335,2	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	115344,2	241335,2	2	100	10	2	100	10	Sama
0,50	BA	Tumpuan	62140,15	196734,5	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	43498,11	155114,6	3	150	10	3	150	10	Sama
0,50	BA1	Tumpuan	38429,29	155114,6	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	26900,5	127368,1	2	150	10	2	150	10	Sama
0,50	BA2	Tumpuan	43486,85	155114,6	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	30440,8	127368,1	2	150	10	2	150	10	Sama
0,50	BA3	Tumpuan	29836,94	155114,6	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	20885,86	127368,1	2	150	10	2	150	10	Sama
0,70	TB1	Tumpuan	222619,5	344146,2	3	100	10	3	100	10	Sama
		Lapangan	155833,7	284430,8	3	150	10	3	150	10	Sama
0,50	TB2	Tumpuan	74184,49	155114,6	2	100	10	2	100	10	Sama
		Lapangan	51929,14	127368,1	2	150	10	2	150	10	Sama

Dari table diatas terlihat untuk jumlah tulangan (n) diameter tulangan

awal. dengan demikian menunjukkan bahwa tulangan geser di Lapangan (perencanaan awal) mampu menahan beban rencana pada perencanaan ulang.

3. Tulangan Torsi

Penulangan torsi ditinjau pada semua balok baik itu balok-balok tepi atau balok induk. Hasil perhitungan tulangan torsi yang diperoleh dari perencanaan dapat dilihat pada tabel 6.3

Tabel 6.3 Kebutuhan Jumlah Tulangan Torsi Balok

Balok	Batang	Momen Max (N,mm)	Momen Torsi (N)	Batas Tu (Nmm)	A _s perlu (mm ²)	Tulangan Torsi Pakai		A _s Terpakai (mm ²)	Keterangan (Torsi > Batas Tu)
						n	D		
0,40 x 0,60	B1	197564,07	17595837	9000000	178,0721	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,40 x 0,60	B1K	155013,11	6936254	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B2	185666,29	249332,1	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B3	178158,67	13414019	9000000	90,94513	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,40 x 0,60	B3A	146200,77	289605	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B3AK	107099,53	1046132	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B4	117572,15	15431619	9000000	207,4183	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,30 x 0,50	B5	94939,57	11776207	4394531,25	38,71828	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,30 x 0,50	B5A	70490,79	4687556	4394531,25	44,12387	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,20 x 0,40	B6	13721,81	2496570	1666666,667	58,49793	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,20 x 0,30	B7	13898,09	1539306	1125000	48,4184	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,40 x 0,60	B8	129705,99	4357648	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B8A	129398,61	8945947	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,40 x 0,60	B8AK	115344,24	2540040	9000000	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,25 X 0,50	BA	62140,15	2752181	3255208,333	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,25 x 0,50	BA1	38429,29	704842,3	3255208,333	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,25 x 0,50	BA2	43486,85	2231153	3255208,333	0	0	0	0	Tanpa Torsi
0,25 x 0,50	BA3	29836,94	4058009	3255208,333	124,8305	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,40 x 0,70	TB1	222619,52	44754078	11136363,64	-83,1316	2	13	265,46458	Perlu Torsi
0,25 x 0,50	TB2	74184,49	10441817	3255208,333	-20,1866	2	13	265,46458	Perlu Torsi

Perbandingan antara tulangan torsi pada perencanaan awal (Lapangan) dan

Tabel 6.4 Perbandingan Jumlah Tulangan Torsi Balok

Balok	Batang	Lapangan		Perencanaan		Keterangan
		n	D	n	D	
0,40 x 0,60	B1	2	13	2	13	sama
0,40 x 0,60	B1K	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,40 x 0,60	B2	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,40 x 0,60	B3	2	13	2	13	sama
0,40 x 0,60	B3A	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,40 x 0,60	B3AK	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,40 x 0,60	B4	2	13	2	13	sama
0,30 x 0,50	B5	0	0	2	13	Lebih Besar
0,30 x 0,50	B5A	0	0	2	13	Lebih Besar
0,20 x 0,40	B6	0	0	2	13	Lebih Besar
0,20 x 0,30	B7	0	0	2	13	Lebih Besar
0,40 x 0,60	B8	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,40 x 0,60	B8A	0	0	0	0	sama
0,40 x 0,60	B8AK	2	13	0	0	Lebih Kecil
0,25 X 0,50	BA	0	0	0	0	Sama
0,25 x 0,50	BA1	0	0	0	0	Sama
0,25 x 0,50	BA2	0	0	0	0	Sama
0,25 x 0,50	BA3	0	0	2	13	Lebih Besar
0,40 x 0,70	TB1	4	13	4	13	sama
0,25 x 0,50	TB2	0	0	2	13	Lebih Besar

Dari table perbandingan di atas bisa di ketahui bahwa :

- balok B1, B3, B8A, BA, BA1, BA2, BA3 dan TB1 memiliki tulangan torsi yang sama seperti dilapangan, dengan demikian menunjukkan bahwa tulangan torsi pada perencanaan awal mampu menahan beban torsi untuk perencanaan ulang
- Balok B1K, B2, B3A, B3AK, B8, dan B8AK, memiliki tulangan torsi

menunjukkan bahwatulangan lapangan untuk balok tersebut lebih boros dalam menahan beban torsi pada perencanaan ulang.

- c. Balok B5, B5A, B6, B7 dan TB1, memiliki tulangan yang lebih besar dari pada perencanaan awal (Lapangan). Dengan demikian menunjukkan bahwatulangan torsi pada perencanaan awal dianggap tidak mampu menahan beban torsi pada perencanaan ulang.

Perbedaan jumlah tulangan ini disebabkan karena adanya perbedaan asumsi pembebanan awal yang dilakukan, perbedaan *software*, dan perbedaan metode perhitungan yang di gunakan.

B. KOLOM

1. Tulangan Lentur

Penulangan dilakukan dengan penulangan simetri pada arah x-x dan y-y. Jumlah tulangan lentur kolom perancangan ulang dibandingkan dengan data lapangan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel perbandingan lentur kolom.

Tabel 6.5 Perbandingan Tulangan Lentur Kolom

Kolom	BEBAN AKSIAL PU (N)	Mu (N,mm)	Hasil Lapangan		Hasil Perencanaan Ulang		Keterangan
			D (mm)	n	D (mm)	n	
K1 60/60	-2560697,16	192095790,2	22	20	22	20	Sama
K1a 60/60	-1108055,5	-199063373	22	16	22	16	Sama
K2 30/60	-877469,03	77445596,41	19	16	19	12	lebih kecil
K3 20/20	-56192,24	-8189982,92	13	8	13	8	sama

Dari hasil perbandingan tulangan lentur terpasang pada kolom hasil perencanaan awal dengan hasil perencanaan ulang dapat dilihat bahwa kolom K1, K1a, K3 sama, Dan untuk K2 lebih kecil.

Perbedaan jumlah tulangan ini disebabkan karena adanya perbedaan asumsi pembebanan awal yang dilakukan, perbedaan *software*, dan

2. Tulangan Geser

Nilai perbandingan tulangan geser kolom hasil perbandingan perancangan ulang dengan data lapangan dapat dilihat pada Tabel 6.6

Tabel 6.6 Perbandingan Volume Tulangan Lentur Kolom

Kolom	Posisi	Hasil Lapangan			Hasil Perencanaan Ulang			Keterangan
		ϕ (mm)	n	s (mm)	ϕ (mm)	n	s (mm)	
K1	Tumpuan	10	4	100	10	4	100	Sama
	Lapangan	10	4	150	10	4	150	Sama
K1a	Tumpuan	10	4	100	10	4	100	Sama
	Lapangan	10	4	150	10	4	150	Sama
K2	Tumpuan	10	3	100	10	3	100	Sama
	Lapangan	10	3	150	10	3	150	Sama
K3	Tumpuan	8	2	100	10	2	100	Lebih Besar
	Lapangan	8	2	150	10	2	150	Lebih Besar

Dari hasil perbandingan tulangan geser terpasang pada kolom hasil

perbandingan perancangan ulang dengan data lapangan dapat dilihat pada Tabel 6.6