

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Perbandingan Dimensi

Dari hasil perancangan kolom tanpa beban gempa dapat dilihat bahwa dimensi 65/80 dan 65/65 (b/h dalam satuan cm) telah mampu menahan gaya-gaya yang terjadi. Dimensi ini didapat dengan menggunakan metode *trial and error* untuk mendapatkan dimensi yang minimum tetapi mampu menahan gaya desak maupun momen pada arah melintang maupun membujur.

Elemen kolom yang diperhitungkan adalah kolom lantai bawah elemen 1, 2, 3, 4 dan kolom lantai atas elemen 21, 22, 23, 24 untuk portal melintang As.3 = As.6 dan kolom elemen 2, 32 untuk portal membujur As.A = As.D serta As.B = As.C sebagai pengecekan stabilitas kolom (lihat gambar 4.1 dan gambar 4.5). Pemilihan kolom elemen ini dianggap telah mewakili perhitungan beban yang ada dengan melihat distribusi beban (lihat halaman 43), dianggap untuk portal arah membujur atau arah X mampu menahan kombinasi beban yang terjadi, yaitu beban hidup, beban mati dan beban gempa karena jumlah kolom yang lebih banyak dalam tiap lantai dan jarak antar kolom yang lebih pendek jika dibandingkan dengan portal arah melintang.

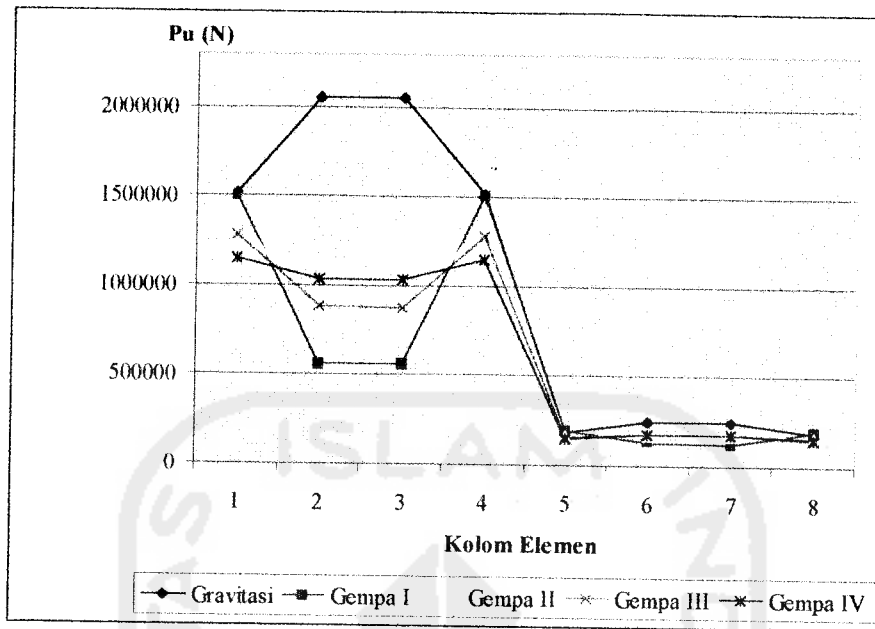
Perancangan kolom dengan memperhitungkan beban gempa, pada daerah gempa 4 dapat dilihat bahwa dimensi 65/80 dan 65/65 masih mampu menahan

beban. Kolom elemen 22 dan 23 tidak mampu menahan gaya yang terjadi, khususnya untuk daerah gempa 2 dan 3. Sedangkan pada daerah gempa 1, semua kolom pada lantai atas tidak mampu menahan gaya yang terjadi, sehingga memerlukan dimensi yang lebih besar. Pembesaran dimensi pada semua daerah gempa dapat dipahami dengan melihat faktor-faktor gaya geser dasar dimana $V = C.I.K.W$. Faktor koefisien gempa (C) yang semakin meningkat berbanding lurus dengan gaya geser dasar yang akan terdistribusi secara merata terhadap seluruh tinggi gedung ($H/B < 5$) yang secara nyata memberikan gaya aksial dan momen lentur yang besar. Di bawah ini ditunjukkan dimensi kolom yang terwakili dalam perancangan serta grafik untuk lebih memperjelasnya.

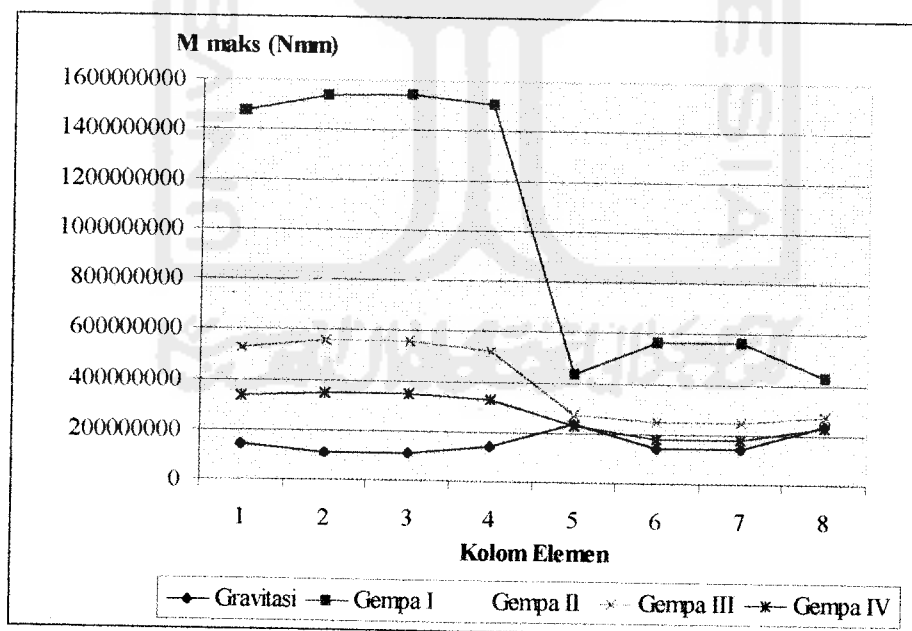
			K O L O M E L E M E N			
BEBAN		sat.	1	2	3	4
Gravitasi ¹⁾	Pu	N	1520800	2054200	2054200	1520800
	M.maks	Nmm	1.5E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.5E+08
Gempa I ²⁾	Pu	N	1505100	562410	564970	1507650
	M.maks	Nmm	1.5E+09	1.5E+09	1.5E+09	1.5E+09
Gempa II ³⁾	Pu	N	1419700	723540	721790	1417950
	M.maks	Nmm	7.7E+08	8.1E+08	8.1E+08	7.6E+08
Gempa III ⁴⁾	Pu	N	1285670	882990	881760	1284450
	M.maks	Nmm	5.2E+08	5.6E+08	5.6E+08	5.2E+08
Gempa IV ⁵⁾	Pu	N	1146500	1032500	1031700	1145800
	M.maks	Nmm	3.3E+08	3.5E+08	3.5E+08	3.3E+08

Tabel 5.1a
Gaya aksial (Pu) dan momen maks. (M.maks) yang terjadi pada setiap pembebanan untuk lantai bawah

- ¹⁾ Gaya aksial dan momen yang didapatkan dari kombinasi pembebanan karena gravitasi (1,2D+1,6L), lihat lampiran 1, khususnya kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24
- ²⁾ Gaya aksial dan momen yang didapatkan dari kombinasi pembebanan karena gempa, lihat lampiran 18.a (aksial) dan lampiran 18.c (momen), kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24
- ³⁾ Gaya aksial dan momen yang didapatkan dari kombinasi pembebanan karena gempa, lihat lampiran 15.a (aksial) dan lampiran 15.c (momen), kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24
- ⁴⁾ Gaya aksial dan momen yang didapatkan dari kombinasi pembebanan karena gempa, lihat lampiran 12.a (aksial) dan lampiran 12.c (momen), kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24
- ⁵⁾ Gaya aksial dan momen yang didapatkan dari kombinasi pembebanan karena gempa, lihat lampiran 8.a (aksial) dan lampiran 8.c (momen), kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24



Grafik 5.1a
Gaya aksial (P_u) pada tiap-tiap kolom
untuk setiap pembebanan



Grafik 5.1a
Momen maks. ($M_{maks.}$) pada tiap-tiap kolom
untuk setiap pembebanan

BEBAN		sat.	K O L O M E L E M E N			
			21	22	23	24
Gravitasi ¹⁾	Pu	N	185780	241780	241780	185780
	M.maks	Nmm	2.3E+08	1.4E+08	1.4E+08	2.3E+08
Gempa I ²⁾	Pu	N	196930	127300	126780	196410
	M.maks	Nmm	4.3E+08	5.6E+08	5.6E+08	4.3E+08
Gempa II ³⁾	Pu	N	170590	163710	164100	170970
	M.maks	Nmm	3.2E+08	3.5E+08	3.6E+08	3.2E+08
Gempa III ⁴⁾	Pu	N	159590	175270	175530	159850
	M.maks	Nmm	2.7E+08	2.5E+08	2.5E+08	2.7E+08
Gempa IV ⁵⁾	Pu	N	150370	177460	177610	150520
	M.maks	Nmm	2.3E+08	1.8E+08	1.8E+08	2.3E+08

Tabel 5.1b
Gaya aksial (Pu) dan momen maks. (M.maks) yang terjadi pada setiap pembebanan untuk lantai atas

5.2 Perbandingan Penulangan

Pembatasan jumlah tulangan komponen balok agar berperilaku daktail dapat dilakukan dengan mudah, sedangkan untuk kolom lebih kompleks karena beban aksial tekan dapat lebih dominan sehingga keruntuhan desak sulit dihindari. Jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan ρ antara 1% - 8%. Penulangan yang sering digunakan antara 1,5% sampai 3% dari luas penampang kolom. Khusus untuk struktur berlantai banyak, kadang-kadang penulangan kolom dapat mencapai 4%, namun disarankan untuk tidak menggunakan nilai ρ lebih dari 4% agar tulangnya tidak berdesakan terutama pada titik pertemuan balok, plat dengan kolom (Istimawan D, 1994). Alasan yang lain dapat dilihat dengan melihat jarak minimum antar tulangan longitudinal yang disyaratkan yaitu minimal 25 mm dalam satu barisnya.

Pada perancangan kolom tanpa beban gempa dapat dilihat bahwa dengan rasio tulangan sebesar 2,4 %, kebutuhan tulangan untuk kolom arah membujur maupun melintang terpenuhi.

Kenyataan lain dapat dilihat pada perancangan kolom dengan memperhitungkan gempa, pada daerah gempa 1,2,3 dan 4 kebutuhan tulangan dengan rasio 2,4 % rata-rata sudah terpenuhi, kecuali seperti yang telah disebutkan pada sub bab 5.1.

Kolom-kolom elemen yang tidak memenuhi $\rho = 2,4 \%$ tentunya harus dilakukan perubahan, kami meninjau dalam dua tahap yaitu : tahap pertama, dengan merubah nilai ρ awal menjadi ρ koreksi yang mampu memenuhi kebutuhan tulangan; tahap kedua, dengan merubah dimensi seperti pada pembahasan sub bab 5.1. Untuk nilai ρ yang lebih kecil memberikan hasil A_g yang lebih besar, demikian sebaliknya. Banyak pertimbangan dan faktor lain yang berpengaruh terhadap dimensi kolom, diantaranya pertimbangan segi arsitektural dan pelaksanaan dilapangan. Dengan menggunakan metode coba-coba didapatkan nilai rasio tulangan terkoreksi antara 2,4 % - 3,6 %, dibawah ini ditunjukkan tabel dari ρ (rasio tulangan) dan luas perlu pada setiap pembebanan.

BEBAN		Sat.	K O L O M E L E M E N			
			1	2	3	4
Gravitasi ⁶¹⁾	Dim (b/h)	Cm	65/80	65/80	65/80	65/80
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	Mm ²	6079.04	6079	6079	6079
Gempa I ⁷⁾	Dim (b/h)	Cm	65/120	65/120	65/120	65/120
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	Mm ²	9118.56	9118.56	9118.56	9118.56
Gempa II ⁸⁾	Dim (b/h)	Cm	65/85	65/85	65/85	65/85
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	Mm ²	6458.98	6458.98	6458.98	6458.98
Gempa III ⁹⁾	Dim (b/h)	Cm	65/80	65/80	65/80	65/80
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	Mm ²	6079.04	6079.04	6079.04	6079.04
Gempa IV ¹⁰⁾	Dim (b/h)	Cm	65/80	65/80	65/80	65/80
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	Mm ²	6079	6079	6079	6079

Tabel 5.2a
Rasio penulangan terkoreksi dan luas perlu
untuk kolom lantai bawah pada setiap pembebanan

- ⁶¹⁾ Dimensi, rasio penulangan dan luas perlu dari perancangan kolom akibat beban kombinasi gravitasi pada kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 2.a serta lampiran 2.b
- ⁷⁾ Dimensi, rasio penulangan dan luas perlu dari perancangan kolom akibat beban gempa pada kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 19.a serta lampiran 19.b
- ⁸⁾ Dimensi, rasio penulangan dan luas perlu dari perancangan kolom akibat beban gempa pada kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 16.a serta lampiran 16.b
- ⁹⁾ Dimensi, rasio penulangan dan luas perlu dari perancangan kolom akibat beban gempa pada kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 13.a serta lampiran 13.b
- ¹⁰⁾ Dimensi, rasio penulangan dan luas perlu dari perancangan kolom akibat beban gempa pada kolom elemen 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 10.a serta lampiran 10.b

			K O L O M E L E M E N			
BEBAN		sat.	21	22	23	24
Gravitasi ⁶⁾	Dim (b/h)	cm	65/80	65/65	65/65	65/80
	ρ perlu		0.012	0.012	0.012	0.012
	A perlu	mm ²	6079	4939.2	4939.2	6079
Gempa I ⁷⁾	Dim (b/h)	cm	65/120	60/120	60/120	65/120
	ρ perlu		0.012	0.018	0.018	0.012
	A perlu	mm ²	9118.56	12538	12538	9118.56
Gempa II ⁸⁾	Dim (b/h)	cm	65/85	65/85	65/85	65/85
	ρ perlu		0.0145	0.0175	0.0175	0.0145
	A perlu	mm ²	7598.8	9118.56	9118.56	7598.8
Gempa III ⁹⁾	Dim (b/h)	cm	65/80	65/70	65/70	65/80
	ρ perlu		0.01575	0.01725	0.01725	0.01575
	A perlu	mm ²	7598.8	7218.86	7218.86	7598.8
Gempa IV ¹⁰⁾	Dim (b/h)	cm	65/80	65/65	65/65	65/80
	ρ perlu		0.01325	0.01375	0.01375	0.01325
	A perlu	mm ²	6458.98	5319.16	5319.16	6459

Tabel 5.2b

Rasio penulangan terkoreksi dan luas perlu untuk kolom lantai atas pada setiap pembebanan

5.3 Kapasitas

Kapasitas setiap penampang kolom dapat berbeda meskipun dimensi dan rasio tulangan yang sama. Hal ini dapat dijelaskan dengan melihat posisi kolom dalam struktur rangka. Posisi kolom pinggir cenderung mempunyai momen besar tetapi gaya desak kecil, tidak sama halnya dengan posisi kolom ditengah yang cenderung mempunyai momen lentur kecil tetapi gaya aksial yang besar. Tabel dibawah ini dapat lebih menjelaskan pernyataan diatas.

			K O L O M E L E M E N			
BEBAN		sat.	1	2	3	4
Gravitasi ¹¹⁾	Pn koreksi	N	9587443	10886138	14014656	12412464
	fs' koreksi	MPa	564.732	568.9394	575.8731	572.7588
Gempa I ¹²⁾	Pn koreksi	N	5338329	1345050	1345479	5199145
	fs' koreksi	MPa	536.66	348.6116	348.6918	534.9643
Gempa II ¹³⁾	Pn koreksi	N	5066892	1829146	1829916	5139698
	fs' koreksi	MPa	533.2668	415.1432	415.221	534.2121
Gempa III ¹⁴⁾	Pn koreksi	N	6129731	3541098	3546408	6196740
	fs' koreksi	MPa	544.8377	504.5127	504.6556	545.4342
Gempa IV ¹⁵⁾	Pn koreksi	N	6227166	5754053	7584029	8226606
	fs' koreksi	MPa	545.7008	541.2362	555.4155	558.898

Tabel 5.4a

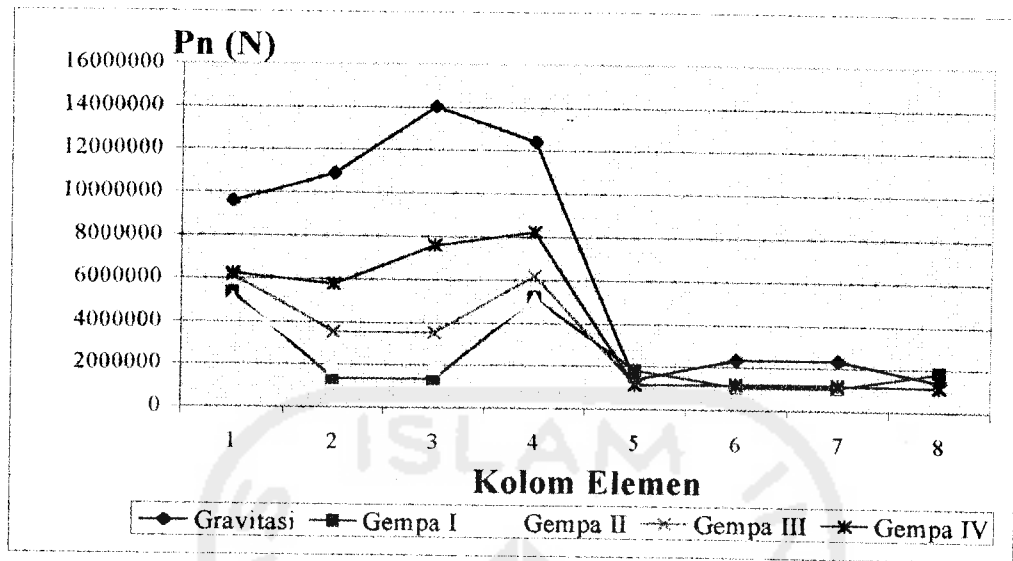
Kuat tekan nominal (Pn) dan tegangan tulangan tekan (fs') untuk kolom lantai bawah pada setiap pembebanan

			K O L O M E L E M E N			
BEBAN		sat.	21	22	23	24
Gravitasi ¹¹⁾	Pn koreksi	N	1384449	2337746	2337746	1384449
	fs' koreksi	MPa	355.7656	455.3607	455.3607	355.7656
Gempa I ¹²⁾	Pn koreksi	N	1810637	1065118	1063896	1818522
	fs' koreksi	MPa	413.2536	306.9622	306.6256	414.0633
Gempa II ¹³⁾	Pn koreksi	N	1148988	1140707	1139347	1143377
	fs' koreksi	MPa	305.7149	303.5785	303.2247	304.2708
Gempa III ¹⁴⁾	Pn koreksi	N	1177906	1161125	1158966	1172297
	fs' koreksi	MPa	312.9398	308.7909	308.2486	311.5663
Gempa IV ¹⁵⁾	Pn koreksi	N	1134853	1188940	1186679	1131323
	fs' koreksi	MPa	302.0496	315.6038	315.0619	301.112

Tabel 5.4b

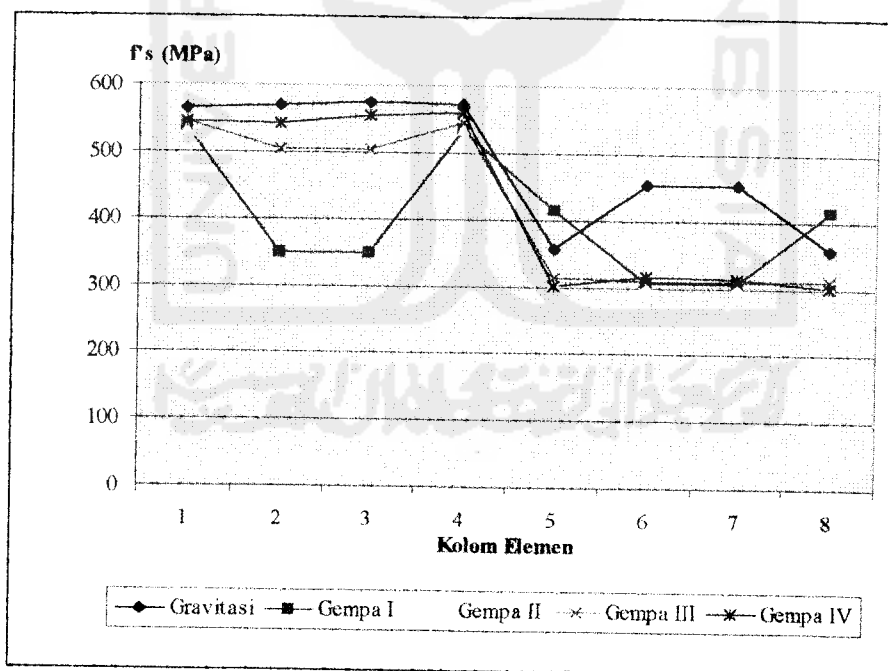
Kuat tekan nominal (Pn) dan tegangan tulangan tekan (fs') untuk kolom lantai atas pada setiap pembebanan

- ¹¹⁾ Kuat tekan nominal dan tegangan tulangan tekan dari perancangan kolom akibat kombinasi beban gravitasi pada kolom 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 2.a serta lampiran 2.b
- ¹²⁾ Kuat tekan nominal dan tegangan tulangan tekan dari perancangan kolom akibat kombinasi beban gempa pada kolom 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 19.a serta lampiran 19.b
- ¹³⁾ Kuat tekan nominal dan tegangan tulangan tekan dari perancangan kolom akibat kombinasi beban gempa pada kolom 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 16.a serta lampiran 16.b
- ¹⁴⁾ Kuat tekan nominal dan tegangan tulangan tekan dari perancangan kolom akibat kombinasi beban gempa pada kolom 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 13.a serta lampiran 13.b
- ¹⁵⁾ Kuat tekan nominal dan tegangan tulangan tekan dari perancangan kolom akibat kombinasi beban gempa pada kolom 1,2,3,4,21,22,23 dan 24, lihat lampiran 10.a serta lampiran 10.b



Grafik 5.2a

Kuat tekan nominal (P_n) pada tiap-tiap kolom untuk setiap pembebanan



Grafik 5.2b

Tegangan tulangan tekan (f_s) pada tiap-tiap kolom untuk setiap pembebanan

Kapasitas penampang kolom ini tidak lepas daripada dimensi kolom dan rasio penulangan (ρ). Pada dimensi tertentu didapat bahwa kebutuhan gaya desaknya terpenuhi (P_r lebih besar daripada P_u), tetapi tidak dengan kebutuhan tulangan tekan yang kadang-kadang tidak terpenuhi karena f_s' lebih kecil daripada f_y . Hal tersebut hanya anggapan, jika f_s' yang didapatkan masih lebih kecil daripada f_y , maka dilakukan perhitungan ulang dengan memperbesar rasio penulangan atau memperbesar dimensi kolom. Sedangkan untuk nilai f_s' agar lebih besar daripada f_y dipengaruhi oleh besarnya nilai P_n . Semakin besar nilai P_n , semakin besar pula nilai f_s' , demikian juga sebaliknya, semakin kecil nilai P_n maka semakin kecil pula nilai f_s' , sehingga salah satu solusi adalah dengan meningkatkan rasio tulangan (ρ) atau memperbesar dimensi kolom. Syarat utama perancangan kolom beton bertulang adalah harus tercapainya nilai $P_r = \phi P_n$ lebih besar daripada nilai P_u (hasil dari analisa struktur).