

## BAB V

### PEMBAHASAN

Analisis struktur yang biasa dipakai dalam praktek untuk menetapkan distribusi momen lentur, gaya lintang, maupun gaya normal yang terjadi di dalam struktur akibat beban luar adalah analisis linear (“linear analysis”/“first order analysis”). Pada analisis tersebut, hubungan antara tegangan dan regangan dari bahan dianggap linear dan pengaruh dari deformasi terhadap persamaan keseimbangan struktur diabaikan. Analisis tersebut menghasilkan hubungan antara beban dan lendutan bersifat linear dan “overestimate” baik kekakuan (“stiffnes”) maupun kekuatan (“strength”) struktur yang dianalisis.

Analisis yang lebih akurat dapat dilakukan dengan cara persamaan keseimbangan struktur diformulasikan berdasarkan konfigurasi struktur yang sudah terdeformasi (“deformed configuration”) yang nilainya belum diketahui. Dengan kata lain momen sekunder (efek P-delta) yang dihasilkan oleh gaya aksial yang bekerja pada kolom yang telah mengalami goyangan ke samping telah diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis, yaitu analisis nonlinear (“nonlinear analysis”/“second order analysis”).

Dalam penulisan tugas akhir ini, dicoba untuk melakukan analisis P-delta dengan metode yang telah disederhanakan dan dapat dipakai dalam batas-batas

tertentu untuk menggantikan analisis nonlinear (analisis orde kedua) yang cukup rumit dan mahal. Adapun metode yang dipakai adalah metode faktor amplifikasi yang umum dipakai dan metode iterasi dengan memodifikasi gaya-gaya dalam hasil analisis linear.

Setelah dilakukan analisis dan perhitungan dengan menggunakan metode-metode di atas terhadap konfigurasi, dimensi dan beban-beban yang bekerja pada struktur portal yang ditinjau dengan langkah dan teknik perhitungan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat diketahui hasil akhir dari metode tersebut. Adapun hasil akhir tersebut adalah defleksi dan momen akhir serta faktor pembesaran yang terjadi pada elemen kolom pada struktur portal yang ditinjau dengan telah memperhitungkan efek P-delta, yang ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 5.1 Komparasi defleksi lateral akhir arah sumbu x

Lantai ke-i	Defleksi lateral akhir $\Delta^*$ (m)	
	Iterasi efek P-delta	Metode faktor amplifikasi
10	0,101525	0,095589
9	0,098465	0,093155
8	0,094267	0,089816
7	0,088239	0,084599
6	0,080456	0,077723
5	0,071104	0,069115
4	0,060386	0,059051
3	0,048505	0,047771
2	0,035586	0,035300
1	0,021254	0,021352

Tabel 5.2 Komparasi momen akhir arah sumbu x

Lantai ke-i	Momen akhir M*			
	Iterasi efek P-delta		Metode faktor amplifikasi	
	M+ (tm)	M-(tm)	M+(tm)	M-(tm)
10	19,57	27,83	19,67	27,79
9	25,63	34,72	26,02	35,01
8	31,23	39,77	31,80	40,06
7	36,40	44,23	37,14	44,58
6	41,04	48,02	41,95	48,49
5	45,03	51,08	46,08	51,62
4	48,33	53,49	49,34	54,07
3	50,47	55,38	51,99	56,04
2	48,47	58,08	48,63	58,16
1	150,69	70,34	152,45	72,66

Tabel 5.3 Komparasi faktor pembesaran momen arah sumbu x

Lantai ke-i	Faktor pembesaran	
	Iterasi efek P-delta	Metode faktor amplifikasi
10	1,000	1,009
9	1,006	1,015
8	1,015	1,024
7	1,023	1,033
6	1,032	1,044
5	1,042	1,054
4	1,051	1,064
3	1,061	1,075
2	1,082	1,085
1	1,082	1,096

Tabel 5.4 Komparasi defleksi lateral arah sumbu y

Lantai ke-i	Defleksi lateral akhir $\Delta^*$ (m)	
	Iterasi P-delta	Metode faktor amplifikasi
10	0,106658	0,098130
9	0,103407	0,094876
8	0,099056	0,091234
7	0,092742	0,083957
6	0,084587	0,078251
5	0,074771	0,069202
4	0,063494	0,058842
3	0,050958	0,047265
2	0,037302	0,034722
1	0,022122	0,020817

Tabel 5.5 Komparasi momen akhir arah sumbu y

Lantai ke-i	Momen akhir $M^*$			
	Iterasi P-delta		Metode faktor amplifikasi	
	M+ (tm)	M-(tm)	M+ (tm)	M-(tm)
10	59,19	75,35	55,34	75,18
9	64,72	72,82	50,40	66,41
8	71,48	80,17	65,91	74,67
7	77,82	85,74	72,69	79,91
6	83,58	90,68	78,42	84,73
5	88,63	94,84	83,20	88,50
4	92,88	98,26	87,17	91,58
3	96,22	101,15	90,53	94,01
2	96,46	104,13	88,96	96,16
1	161,65	114,75	167,51	108,58

Tabel 5.6 Komparasi faktor pembesaran arah sumbu y

Lantai ke-i	Faktor pembesaran	
	Iterasi P-delta	Metode faktor amplifikasi
10	1,003	1,009
9	1,008	1,008
8	1,014	1,014
7	1,021	1,019
6	1,029	1,026
5	1,037	1,031
4	1,045	1,037
3	1,054	1,042
2	1,068	1,048
1	1,099	1,056

Dari tabel 5.1–5.6 di atas dapat diketahui bahwa setelah melakukan analisis efek P-delta terhadap struktur yang ditinjau baik arah sumbu x dan sumbu y diperoleh defleksi dan momen akhir yang terjadi. Nilai defleksi dan momen akhir tersebut ternyata lebih besar dari defleksi dan momen awal, sehingga perlu kontrol terhadap defleksi dan momen yang terjadi.

Kontrol terhadap momen perlu dilakukan karena stabilitas dan keamanan struktur sangat dipengaruhi oleh momen yang bekerja. Pada perhitungan di atas, pembesaran momen akhir (momen akibat P-delta) yang terjadi pada struktur kolom yang dianalisis untuk setiap tingkat pada masing-masing arah rata-rata kurang dari 5% dari besar momen awal (momen analisis linear), sehingga dengan penambahan

tersebut, struktur cenderung masih mampu menahan momen akhir sehingga masih dalam keadaan aman.

Sedang kontrol terhadap defleksi akhir perlu dilakukan sebagai syarat kenyamanan penghuni gedung. Berdasarkan Peraturan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, disebutkan bahwa untuk menghindari kepanikan penghuni dan juga untuk mengurangi pengaruh momen sekunder (efek P-delta pada kolom), ditetapkan lendutan setiap tingkat tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil dari dua nilai berikut ini, yaitu : 0,005 tinggi tingkat yang ditinjau, atau 2 cm.

Dari stuktur yang dianalisis, tinggi tingkat yaitu 3,7 m (untuk lantai 1-10) dan 7 m (untuk lantai 0-1), sehingga defleksi yang diijinkan adalah

$$\sim \text{untuk lantai 1-10} = 0,005 \times 3,7 = 0,0185 \text{ m} = 1,85 \text{ cm}$$

$$\sim \text{untuk lantai 0-1} = 0,005 \times 7 = 0,035 \text{ m} = 3,5 \text{ cm (dipakai 2 cm)}$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, defleksi akhir yang terjadi untuk lantai 1-10 masih memenuhi persyaratan defleksi maksimum yang boleh terjadi. Sedangkan untuk lantai 0-1 (kolom paling bawah) terjadi defleksi akhir yang melebihi persyaratan di atas, sehingga harus dicek kembali (tidak nyaman). Hal ini dapat terjadi karena secara umum tingkat dasar suatu struktur portal didesain menjadi ruangan yang lebih leluasa dengan tidak memasang dinding-dinding. Sebaliknya pada lantai atas seringkali dipasang dinding-dinding dari pasangan batu-bata yang kaku dan masif, dan juga perbedaan tinggi lantai dasar dengan lantai di atasnya cukup besar. Keadaan inilah yang disebut “soft storey”.

Pada keadaan ini akan terjadi tingkat yang lemah sebagai akibat dari cacatnya perencanaan konfigurasi bangunan yang berhubungan dengan kekakuan struktur, sehingga kemungkinan pada tingkat itulah yang akan rusak atau runtuh pada saat portal menerima beban lateral yang cukup besar. Maka diperlukan perencanaan yang lebih cermat, yaitu dengan memperhatikan konsep “strong coloum weak beam” untuk perencanaan struktur berlantai banyak. Pada keadaan ini kolom dibuat relatif lebih kuat dibanding balok, sehingga akan terjadi keruntuhan pada balok (“beam sway mechanism”), hal ini sesuai karena jika terjadi keruntuhan kolom, maka merupakan keruntuhan ultimit seluruh struktur yang hal tersebut harus dihindari. Selain itu disebutkan bahwa salah satu keuntungan konsep tersebut di atas adalah bahaya akibat ketidakstabilan struktur akibat efek P-delta menjadi kecil, sehingga konsep di atas harus diperhatikan dalam perencanaan struktur.

Dari uraian di atas, jelas bahwa dalam perencanaan struktur bangunan tingkat tinggi yang harus diperhatikan adalah adanya efek P-delta, sehingga perlu dimasukkan dalam perhitungan, dan juga masalah konfigurasi struktur serta konsep goyangan yang benar pada struktur agar diperoleh struktur yang benar-benar aman.