

# Analisis Perbandingan Biaya Perencanaan Gedung Menggunakan Metode *Strength Based Design* dengan *Performance Based Design* pada Berbagai Variasi Ketinggian

Maheswari Dinda Radito, Shelvy Surya, Data Iranata, Endah Wahyuni  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
e-mail: data@ce.its.ac.id, endah@ce.its.ac.id

**Abstrak**—Perencanaan gedung di Indonesia penting untuk memperhitungkan ketahanannya terhadap gempa karena Indonesia terletak pada kawasan *ring of fire*. Metode perencanaan berbasis kinerja atau *Performance based design* diketahui dapat memperkirakan kemampuan sebuah struktur dalam menahan gempa dengan lebih akurat. Dalam studi ini dibandingkan biaya material hasil perancangan struktur primer menggunakan metode *strength based design* atau perencanaan berbasis kekuatan dengan *performance based design* atau perencanaan berbasis kinerja. Metode perencanaan berbasis kekuatan akan mengacu pada peraturan tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2013 dan struktur gedung tahan gempa SNI 03-1726-2012. Sementara metode perencanaan berbasis kinerja mengacu pada peraturan *Applied Technology Council ATC-40*. Gedung ini didesain beraturan sesuai dengan denah dan berfungsi sebagai perkantoran. Ketinggian gedung yang dibandingkan adalah setinggi 8 lantai (32 meter), 12 lantai (48 meter), dan 16 lantai (64 meter). Dari hasil perencanaan metode *strength based design* diketahui harga material yang dibutuhkan untuk gedung 8 lantai sebesar Rp 4.586.617.911, gedung 12 lantai sebesar Rp 7.640.064.981, dan gedung 16 lantai Rp 11.027.895.731. Sementara harga material yang dibutuhkan pada perencanaan gedung dengan metode *performance based design* pada gedung 8 lantai sebesar Rp 4.781.793.143, gedung 12 lantai Rp 6.991.105.583, dan gedung 16 lantai Rp 9.979.777.516. Pada gedung 8 lantai dapat diketahui bahwa harga material struktur primer yang dibutuhkan lebih mahal pada perencanaan *performance based design* dibandingkan dengan *strength based design* dengan selisih sebesar Rp 195.175.232. Sebaliknya, pada gedung 12 lantai dan 16 lantai diketahui bahwa harga material struktur primer lebih murah perencanaan yang menggunakan metode *performance based design* dengan selisih yaitu masing-masing Rp 648.959.128 dan Rp 1.048.118.215. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode *performance based design* lebih efisien pada perencanaan *high rise building*.

**Kata Kunci**—analisis *pushover*, biaya material, *performance based design*, *strength based design*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

INDONESIA berada di daerah *ring of fire* yaitu daerah yang sering mengalami gempa bumi dan letusan gunung berapi yang dikelilingi cekungan samudra Pasifik. Indonesia berada pada daerah yang berdekatan dengan pertemuan tiga lempeng

tektonik yaitu lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Ketiga lempeng tektonik tersebut selalu bergerak dan saling bertumbukan sehingga dapat menyebabkan gempa besar ataupun kecil. Untuk itu seluruh pihak yang terlibat dalam pembangunan infrastruktur perlu berhati-hati dalam melakukan pembangunan di Indonesia yang merupakan daerah rawan gempa.

Salah satu solusi untuk mengantisipasi masalah di atas adalah menggunakan metode rancang bangun *performance based design*. *Performance based design* (PBD) adalah sebuah metode baru yang akhir-akhir ini sering dikembangkan untuk mendesain sebuah struktur. Gedung didesain dengan menentukan defleksi dari gedung tersebut [1]. PBD mempunyai 2 unsur utama, yaitu *demand* dan *capacity*. *Demand* adalah representasi dari gerakan tanah akibat gempa. *Demand* direpresentasikan dengan suatu perkiraan perpindahan atau deformasi yang diperkirakan akan dialami komponen, elemen, maupun struktur. *Capacity* adalah representasi dari kemampuan suatu struktur untuk menahan *demand* gempa. *Performance* bergantung pada bagaimana cara *capacity* menahan *demand* gempa sehingga *performance* struktur sejalan dengan maksud dan tujuan perencanaan. *Capacity* suatu struktur secara keseluruhan bergantung pada kapasitas kekuatan dan deformasi dari masing-masing komponen struktur [2].

Metode pembebanan ini umum digunakan untuk bangunan tahan gempa karena kemampuannya untuk menghitung struktur non-linier yang disebabkan oleh gaya gempa [2]. Metode ini dapat memperkirakan perilaku bangunan dengan lebih tepat pada saat terjadi gempa dan mengidentifikasi bagian bangunan mana yang akan gagal terlebih dahulu. Seiring dengan bertambahnya beban, komponen lainnya akan mengalami kerusakan dan deformasi *inelastik*.

Sementara peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu SNI (Standar Nasional Indonesia), berbasis pada metode *strength based design*. Namun menurut SNI 03-1726-2012 [3], peraturan terbaru yang digunakan untuk perencanaan gedung tahan gempa, seringkali justru dianggap terlalu aman oleh pihak-pihak terkait dalam perencanaan sebuah proyek konstruksi. Sehingga syarat-syarat yang terdapat dalam SNI tidak lagi menjadi acuan untuk perhitungan struktur.

Perencanaan gedung ini akan didesain menggunakan metode *strength based design* dan *performance based design* pada berbagai ketinggian untuk mengetahui sampai di batas

ketinggian manakah metode yang dianggap lebih akurat tersebut efektif perhitungannya. Efisiensi perencanaan gedung ini akan dibandingkan melalui indikator biaya. Biaya yang diperhitungkan terbatas hanya harga material balok dan kolom.

Sebuah perancangan struktur bangunan mengandung nilai kekuatan dan efisiensi, maka diperlukan metode yang tepat untuk membangun struktur yang dapat menahan gempa. Dengan diselesaikannya tugas akhir ini, maka akan didapatkan perbandingan biaya sebuah perencanaan gedung tahan gempa dengan struktur bangunan beton bertulang menggunakan metode *strength based design* dengan *performance based design*.

**B. Tujuan**

Tujuan yang ingin didapat dari pembahasan tugas akhir ini diuraikan sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh gaya gempa dengan metode *performance based design* dan *strength based design* pada gedung.
- 2) Mengetahui hasil perhitungan dimensi balok dan kolom dalam struktur gedung menggunakan metode *performance based design* dan *strength based design*.
- 3) Mengetahui keefektifan *performance based design* berdasarkan variasi ketinggian.
- 4) Mengetahui metode yang lebih efektif dalam perencanaan gedung di antara metode *performance based design* dan *strength based design*.

**C. Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- Perencanaan struktur gedung tidak memperhitungkan sistem sanitasi dan instalasi listrik gedung.
- Perencanaan struktur gedung tidak memperhitungkan struktur sekunder dan pondasi.
- Ketinggian gedung direncanakan bervariasi 8 lantai, 12 lantai, dan 16 lantai.
- Anggaran biaya hanya memperhitungkan biaya material pada struktur primer.

**D. Manfaat**

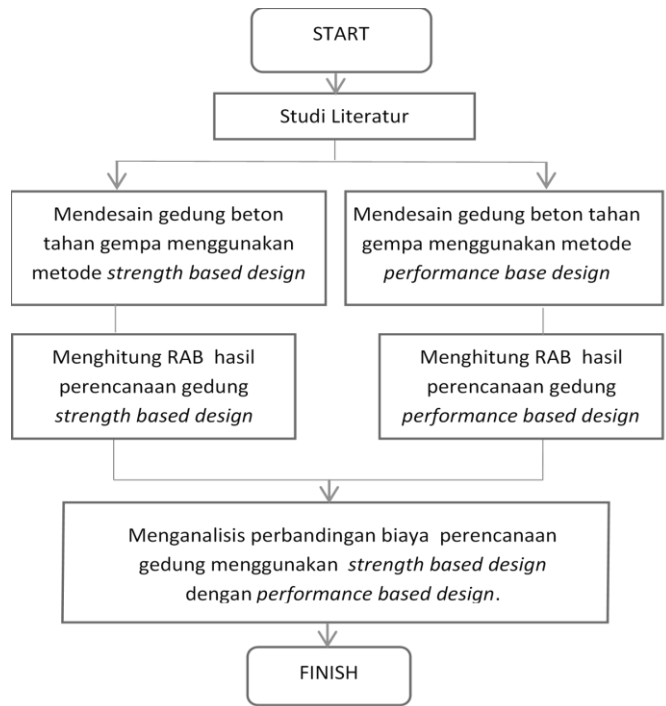
Adapun manfaat yang didapatkan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Mengaplikasikan teori yang didapat selama masa perkuliahan.
- Memberi referensi mengenai rancang bangun menggunakan metode *performance based design*.

**II. METODE STUDI**

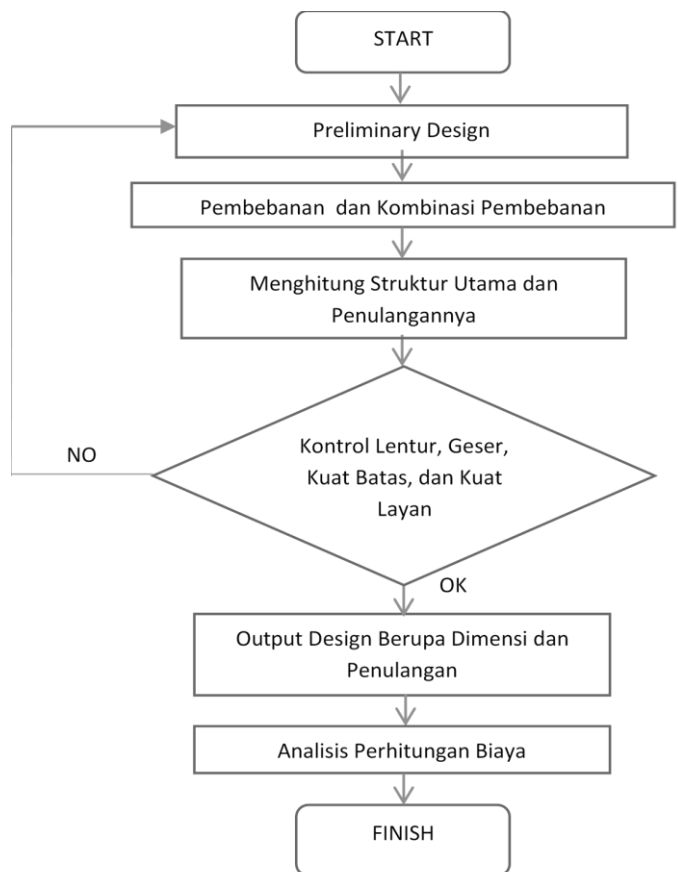
**A. Diagram Alir**

Di bawah ini adalah gambar diagram alir perencanaan perbandingan metode *strength based design* dengan *performance based design*.

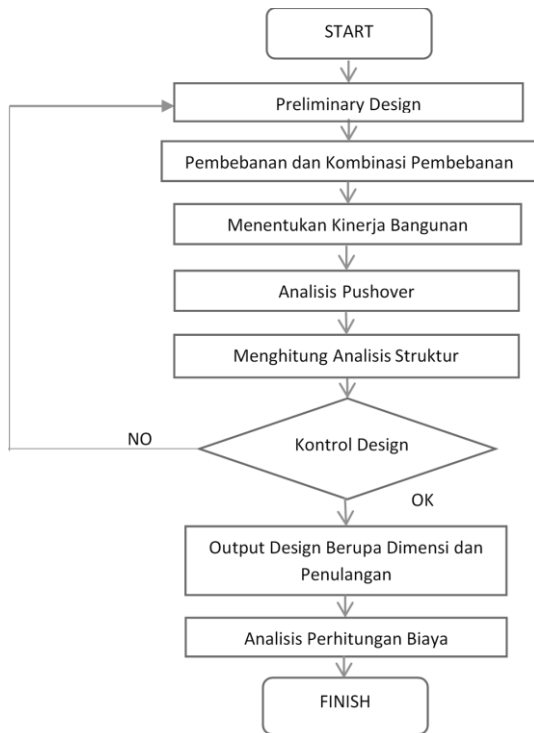


Gambar 1. Bagan Alir Metode Perbandingan

Diagram alir perencanaan menggunakan metode *strength based design* dengan *performance based design* masing-masing dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 2. Bagan Alir Strength based design



Gambar 3. Bagan Alir *Performance Based Design*

**B. Konsep Studi**

Perencanaan gedung dibuat berdimensi sama dengan beban hidup dan mati yang sama. Perbedaan dari kedua metode ini adalah pembebanan gempanya.

Pada metode perencanaan *strength based design*, gaya gempa yang dibebankan pada struktur didapatkan dari zona gempa dan jenis tanah pada lokasi gedung sesuai SNI 1726-2012. Pembebanan untuk gempa pada arah X dibebani dengan beban gempa 100% arah X dan 30% arah Y. Sebaliknya untuk arah Y dibebani dengan beban gempa 100% arah Y dan 30% arah X.

Selanjutnya dilakukan pengecekan kontrol partisipasi massa, kontrol *drift*, dan *base shear*. Jika ketiga syarat tersebut sudah memenuhi, maka perencanaan dapat dilanjutkan untuk menghitung penulangan utama dan gesernya.

Sementara gaya gempa untuk *performance based design* bersifat *default* dari analisis *pushover* pada program SAP2000. Setelah pemodelan gedung selesai dibuat, diinput properti sendinya secara default P-M-M untuk kolom tipe sendi dan default M3 untuk balok tipe sendi. Selanjutnya dilakukan *running analysis* untuk mendapatkan *performance point* pada kurva *pushover*. *Performance point* selanjutnya dikategorikan sesuai *Applied Technology Council ATC-40* [4]. Selanjutnya dilakukan cek desain struktur dengan seluruh kombinasi pembebanan pada SAP2000 untuk mendapatkan dimensi yang optimum dengan kondisi aman dimana tidak terjadi gagal geser maupun lendutan berlebihan dengan parameter warna di SAP2000 yang menunjukkan warna oranye untuk kolom dan warna hijau untuk balok dimana parameter warna tersebut tidak boleh berwarna merah karena pertanda terjadi kegagalan geser maupun lendutan.

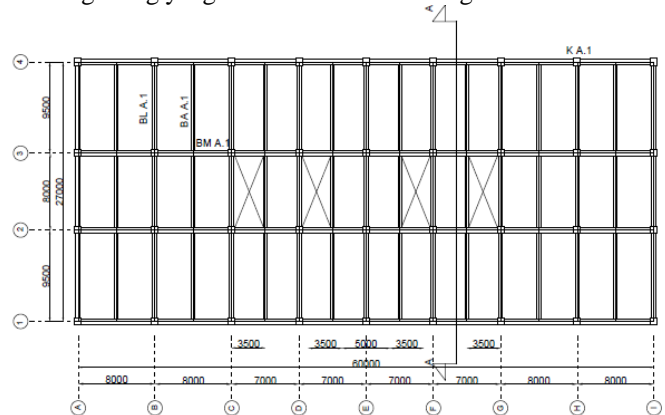
Setelah input beban selesai, dapat diketahui momen yang bekerja pada gedung untuk selanjutnya dihitung penulangan

yang dibutuhkan pada struktur balok dan kolom berdasarkan SNI 03-2847-2013 [5].

**III. HASIL ANALISIS DATA**

**A. Data Perencanaan**

Data gedung yang direncanakan dalam tugas akhir ini adalah:



Gambar 4. Denah Struktur Gedung

- Fungsi bangunan : Perkantoran
- Jumlah lantai : 8 lantai, 12 lantai, dan 16 lantai
- Tinggi tiap lantai : 4 meter
- Tinggi gedung : 32 m, 48 m, dan 64 m
- Struktur Bangunan : Beton bertulang
- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu tulangan : 400 MPa
- Luas per lantai : 27 x 60 m<sup>2</sup>

**B. Analisis *Strength based design***

Analisis *strength based design* menggunakan gaya gempa yang dikontrol sesuai SNI 1726-2012.

- *Nilai S1 dan SS*

Penentuan nilai respon spektra percepatan periode SS (0,2 s) dan S1 (1s) sesuai peta gempa yang tertera pada SNI 1726-2012. Untuk wilayah Surabaya, S1= 0,3 g dan Ss= 0,7 g.

- *Koefisien Situs Fa dan Fv*

Gedung yang berlokasi di Surabaya ini termasuk pada kelas situs tanah SD. Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726-2012 didapatkan Fa=1.24 dan Fv=1,8

- *Perhitungan SMs dan SM1*

SMs = Fa x Ss = 0,868 dan SM<sub>1</sub> = Fv x S<sub>1</sub> = 0.54

- *Kategori desain seismic*

Nilai dari SDs = 2/3 x Fa x Ss = 0.578 dan SD<sub>1</sub> = 2/3 x Fv x S<sub>1</sub> = 0.36 dengan kategori II yaitu gedung perkantoran maka kategori desain *seismic* berdasarkan tabel 6 dan 7 SNI 1726-2012 SDs = D dan SD<sub>1</sub> = D.

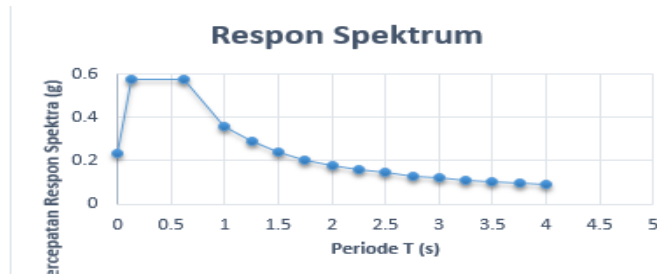
Gedung SPRMK dengan desain *seismic* tergolong kategori D maka dengan melihat tabel 9 SNI 1726 2012 didapat nilai koefisien R = 8

- *Spektrum Respon Desain*

Untuk periode yang lebih kecil dari To (T < To). T<sub>0</sub> = 0.124 detik dan T<sub>s</sub> = 0.62 detik.

Untuk periode To ≤ T ≤ Ts, Sa = SDs = 0.78 detik

Untuk periode T > Ts, Sa = SD<sub>1</sub>/T = 0.36



Gambar 5. Respon Spektrum

- **Kontrol Partisipasi Massa**  
 Dari analisa SAP2000 didapat partisipasi massa arah X sebesar 92% pada moda ke 6 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91% pada moda ke 6. Maka telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

- **Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai**  
 Kontrol bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Syarat  $\vartheta_a > \vartheta_x$  dan  $\vartheta_x = C_d \times \vartheta_{xe} / I = 0.015 m < \vartheta_a = 0.080 m$ . Maka syarat tersebut telah terpenuhi sesuai pasal 7.12.1 SNI 1726-2012.

- **Kontrol Base shear**  
 Dari analisa SAP2000 didapat V dinamik arah X sebesar 332802 kg dan V dinamik arah Y sebesar 262340 kg.

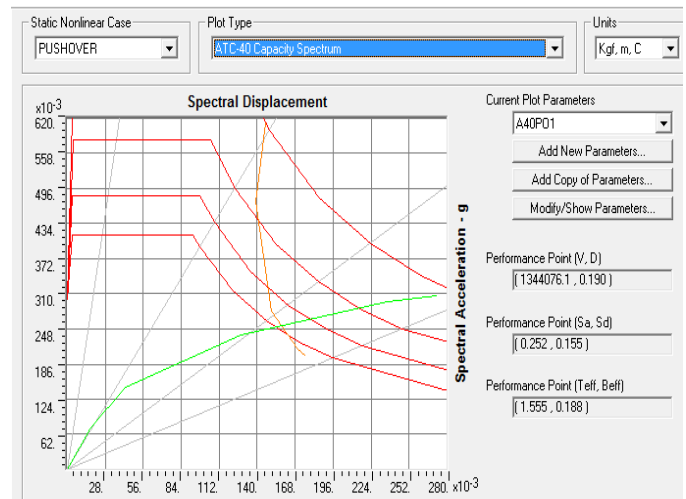
Gempa arah X :  $V_{dinamik} \geq 85\% V_{statik}$   
 :  $332802 \text{ kg} \geq 251132 \text{ kg}$  (OK)

Gempa arah Y :  $V_{dinamik} \geq 85\% V_{statik}$   
 :  $262340 \text{ kg} \geq 251132 \text{ kg}$  (OK)

Maka kontrol *base shear* telah terpenuhi, sehingga perencanaan menggunakan metode *strength based design* dapat dihitung penulangannya.

**C. Analisis Performance Based Design**

Analisa beban dorong *pushover* dilakukan dengan menentukan titik kontrol pada puncak atap. Struktur kemudian didorong dengan beban gempa secara bertahap sampai bangunan mencapai kinerja dan terjadi keruntuhan bangunan. Tujuan analisa *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Target perpindahan atau titik kinerja bangunan (*performance point*) didapat dengan metode *spectrum* kapasitas yang telah *built in* di dalam program SAP 2000.



Gambar 6. Performance Point Arah X dan Y pada gedung 8 lantai

Tabel 1.  
Target Perpindahan Gedung 8 Lantai

	Target Perpindahan (m)	Gaya Geser Dasar (kg)
Arah X	0,148	1540288,6
Arah Y	0,19	1344076,1

Dari hasil *pushover* dihasilkan V (*base shear*) dan D (*displacement*) yang nantinya akan digunakan sebagai modal untuk perencanaan *performance based design*.

$$F_x = \frac{V_s \times w_x \times h_x}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i} \tag{1}$$

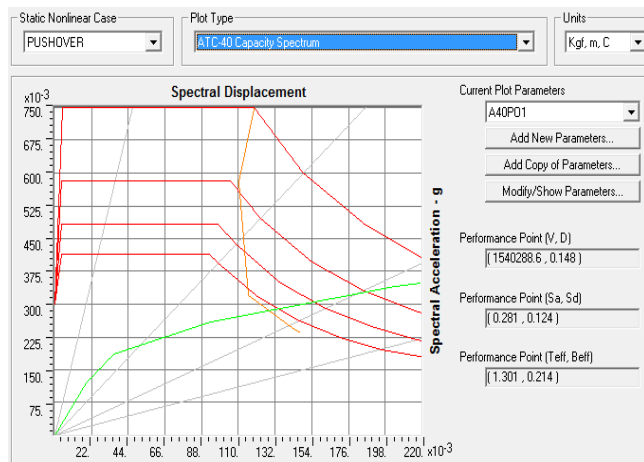
Keterangan:

- $F_x$  : Bagian  $V_s$  yang bekerja di tingkat  $x$
- $V_s$  : Gaya gempa lateral rencana total
- $W_x$  : Bagian dari  $W$  yang berada di tingkat  $x$
- $H_x$  : Tinggi tingkat  $x$  dari dasar

Tabel 2.  
Distribusi Gaya Per Lantai Gedung 8 Lantai

Tingkat	Hi	Ml	Vx (kg)	Vy (kg)	Fx (kg)	0,3 Fy (kg)	Fy (kg)	0,3 Fx (kg)
0	0	1533 598	1540 289	1344 076,1	0	0	0	0
1	4	1533 598	1540 289	1344 076,1	4600 9,45	1204 4,53	4014 8,45	1380 2,83
2	8	1533 598	1540 289	1344 076,1	9201 8,89	2408 9,07	8029 6,90	2760 5,67
3	12	1533 598	1540 289	1344 076,1	1380 28,34	3613 3,60	1204 45,35	4140 8,50
4	16	1533 598	1540 289	1344 076,1	1840 37,79	4817 8,14	1605 93,79	5521 1,34
5	20	1533 598	1540 289	1344 076,1	2300 47,23	6022 2,67	2007 42,24	6901 4,17
6	24	1533 598	1540 289	1344 076,1	2760 56,68	7226 7,21	2408 90,69	8281 7,00
7	28	1533 598	1540 289	1344 076,1	3220 66,13	8431 1,74	2810 39,14	9661 9,84
8	32	1050 066	1540 289	1344 076,1	2520 24,09	6597 5,86	2199 19,54	7560 7,23

Beban distribusi diletakkan pada eksentrisitas gedung.



(a)

**D. Hasil Analisis**

Hasil analisis perencanaan struktur dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi balok melintang pada metode SBD dan PBD yaitu 450 x 650 dengan tulangan D19 dan D10
2. Dimensi balok memanjang pada metode SBD dan PBD yaitu 550 x 700 dengan tulangan D19 dan D10
3. Dimensi balok anak pada metode SBD dan PBD yaitu 350 x 500 dengan tulangan tarik 10 D16, tulangan tekan 5 D16, dan tulangan geser D10-220
4. Dimensi kolom pada metode SBD dan PBD yaitu bervariasi dan disajikan pada tabel dengan tulangan D25 dan D13
5. Tebal pelat lantai dan atap 150 mm dengan tulangan utama D13-100 dan tulangan pembagi D10-300
6. Perbandingan penulangan balok melintang, balok memanjang, dan kolom pada tiap lantai dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.  
Penulangan Balok Melintang Gedung 8 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Balok Melintang 45/65	Tumpuan	7	7
		4	4	4	5
	Lapangan	3	4	3	4
		3	4	3	4
	Geser Tumpuan	D10-110	D10-110	D10-110	D10-110
	Geser Lapangan	D10-220	D10-215	D10-225	D10-185

Tabel 4.  
Penulangan Balok Memanjang Gedung 8 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Balok Memanjang 55/70	Tumpuan	9	9
		5	5	5	5
	Torsi	2	2	2	2
	Lapangan	3	5	3	5
		6	7	6	7
	Geser Tumpuan	D10-90	D10-90	D10-95	D10-95
	Geser Lapangan	D10-130	D10-150	D10-135	D10-150

Tabel 5.  
Penulangan Kolom Gedung 8 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Kolom	Dimensi	700x700	700x700
	Tumpuan	12	20	12	12
	Lapangan	12	20	12	12
	Geser Tumpuan	5D13-	5D13-	5D13-	5D13-
		110	110	110	110
	Geser Lapangan	2D13-	2D13-	2D13-	2D13-
		150	150	150	150

Tabel 6.  
Penulangan Balok Melintang Gedung 12 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Balok Melintang 45/65	Tumpuan	8	7
		4	4	4	4
	Lapangan	3	4	3	4
		3	4	3	4

	Geser Tumpuan	D10-110	D10-110	D10-110	D10-110
	Geser Lapangan	D10-205	D10-215	D10-210	D10-205
		Lantai 9-12			
		SBD	PBD		
	Tumpuan	7	7		
		4	4		
	Lapangan	3	4		
		3	5		
	Geser Tumpuan	D10-110	D10-110		
	Geser Lapangan	D10-240	D10-215		

Tabel 7.  
Penulangan Balok Memanjang Gedung 12 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Balok Memanjang 55/70	Tumpuan	10	10
		5	5	5	5
	Torsi	2	2	2	2
	Lapangan	3	5	3	3
		6	7	6	6
	Geser Tumpuan	D10-90	D10-95	D10-100	D10-95
	Geser Lapangan	D10-120	D10-145	D10-125	D10-140
		Lantai 9-12			
		SBD	PBD		
	Tumpuan	10	9		
		5	5		
	Torsi	2	2		
	Lapangan	3	5		
		6	8		
	Geser Tumpuan	D10-100	D10-95		
	Geser Lapangan	D10-160	D10-155		

Tabel 8.  
Penulangan Kolom Gedung 12 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Kolom	Dimensi	800x800	850x850
	Tumpuan	16	16	16	12
	Lapangan	16	16	16	12
	Geser Tumpuan	6D13-	6D13-	6D13-	5D13-
		110	110	110	115
	Geser Lapangan	2D13-	2D13-	2D13-	2D13-
		150	150	150	150
		Lantai 9-12			
		SBD	PBD		
	Dimensi	800x800	500x500		
	Tumpuan	16	8		
	Lapangan	16	8		
	Geser Tumpuan	6D13-	5D13-		
		110	125		
	Geser Lapangan	2D13-	2D13-		
		150	150		

Tabel 9.  
Penulangan Balok Melintang Gedung 16 Lantai

		Lantai 1-4		Lantai 5-8	
		SBD	PBD	SBD	PBD
		Balok Melintang 45/65	Tumpuan	8	8
		4	4	4	4
	Lapangan	3	4	3	4
		3	4	3	4
	Geser Tumpuan	D10-110	D10-110	D10-110	D10-110

Geser Lapangan	10-210	D10-205	D10-210	D10-205
	Lantai 9-12		Lantai 13-16	
	SBD	PBD	SBD	PBD
Tumpuan	8	9	8	7
Lapangan	4	5	4	4
Geser Tumpuan	3	3	3	4
	3	4	3	5
Geser Lapangan	D10-110	D10-110	D10-110	D10-110
Geser Lapangan	D10-220	D10-195	D10-225	D10-215

Tabel 10. Penulangan Balok Memanjang Gedung 16 Lantai

	Lantai 1-4		Lantai 5-8	
	SBD	PBD	SBD	PBD
Tumpuan	10	10	10	11
Torsi	5	5	5	6
Lapangan	4	2	4	2
Geser Tumpuan	3	5	3	5
	6	7	6	7
Geser Lapangan	D10-90	D10-95	D10-90	D10-95
Geser Lapangan	D10-125	D10-145	D10-130	D10-140

	Lantai 9-12		Lantai 13-16	
	SBD	PBD	SBD	PBD
Tumpuan	11	12	11	10
Torsi	6	6	6	5
Lapangan	4	2	4	2
Geser Tumpuan	3	5	3	5
	6	7	6	8
Geser Lapangan	D10-95	D10-95	D10-100	D10-90
Geser Lapangan	D10-155	D10-140	D10-175	D10-140

Tabel 11. Penulangan Kolom Gedung 16 Lantai

	Lantai 1-4		Lantai 5-8	
	SBD	PBD	SBD	PBD
Dimensi	900x900	1000x1000	900x900	850x850
Tumpuan	16	20	16	16
Lapangan	16	20	16	16
Geser Tumpuan	6D13-110	7D13-100	6D13-110	6D13-100
Geser Lapangan	2D13-150	2D13-150	2D13-150	2D13-150

	Lantai 9-12		Lantai 13-16	
	SBD	PBD	SBD	PBD
Dimensi	900x900	700x700	900x900	500x500
Tumpuan	16	12	16	8
Lapangan	16	12	16	8
Geser Tumpuan	6D13-110	5D13-115	6D13-110	5D13-125
Geser Lapangan	2D13-150	2D13-150	2D13-150	2D13-150

7. Perbandingan total harga material struktur dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12. Perbandingan Harga Material Struktur

Tingkat Gedung	SBD	PBD
8	Rp 4.586.617.911	Rp 4.781.793.143
12	Rp 7.640.064.981	Rp 6.991.105.853
16	Rp 11.027.895.731	Rp 9.979.777.516

Dari hasil diatas dapat diketahui selisih harga material gedung antara metode *strength based design* dengan *performance based design*. Di bawah ini merupakan selisih harga yang didapatkan dari harga material struktur balok dan kolom gedung *strength based design* dikurangi dengan harga material balok kolom gedung *performance based design* pada masing-masing ketinggian. Selisih harga material kedua metode pada tiap gedung dapat dilihat pada tabel berikut:

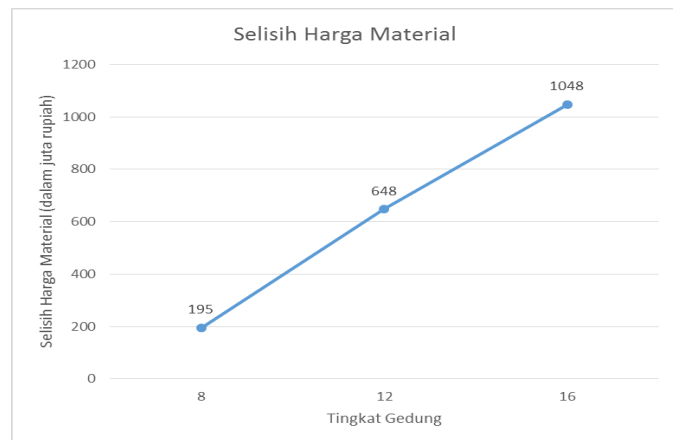
Tabel 13. Selisih Harga Material

Tingkat Gedung	Selisih Harga
8	Rp -195.175.232
12	Rp 648.959.128
16	Rp 1.048.118.215

Gambar di bawah ini adalah grafik perbandingan harga material balok dan kolom dari kedua metode. Grafik menunjukkan bahwa pada gedung 8 lantai, harga material gedung PBD lebih mahal, sementara pada gedung 12 dan 16 lantai harga material PBD lebih murah.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Biaya Material



Gambar 8. Grafik Selisih Biaya Material

#### IV. KESIMPULAN

##### A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Gaya gempa dengan metode *strength based design (SBD)* pada gedung tinggi lebih besar daripada metode *performance based design (PBD)* sehingga pada metode SBD dibutuhkan tulangan yang lebih banyak.
2. Dimensi balok dirancang sama untuk seluruh gedung. Sementara dimensi kolom dibuat variatif tiap gedung dan tiap 4 lantainya. Namun pada metode *strength based design*, dimensi kolom tidak dapat dibuat variatif tiap 4 lantai dikarenakan momen yang digunakan pada analisis struktur kolom adalah momen hasil perhitungan *strong column weak beam*. Hasil perhitungan syarat *strong column weak beam* menunjukkan bahwa momen yang dibebankan pada kolom tiap 4 lantainya hampir sama. Sehingga dimensi kolom pun dibuat sama.
3. Hasil studi ini menunjukkan bahwa untuk gedung seluas 27 m x 60 m, metode *performance based design* tidak efektif pada gedung dengan ketinggian 8 lantai (32 m) dibandingkan dengan metode *strength based design*. Sementara pada gedung 12 lantai (48 m) dan 16 lantai (64 m), *performance based design* baru menunjukkan efektivitasnya. Maka dapat disimpulkan bahwa menunjukkan bahwa metode *performance based design* tidak efektif jika sumbu pendek gedung berbanding sekitar 1:1 terhadap tinggi gedung.
4. Metode *performance based design* lebih efektif daripada metode *strength based design* pada perencanaan *high rise building*.

##### B. Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai perbandingan kedua metode ini berkaitan dengan variasi ketinggian terhadap luas area bangunan untuk mengetahui parameter awal *performance based design* dapat dikatakan lebih efisien dibandingkan dengan metode *strength based design*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yosafat, Aji Pranata. 2007. Studi Perencanaan Berbasis Perpindahan: *Metode Direct-Displacement Based Design* Studi Kasus pada Rangka Beton Bertulang Bertingkat Rendah
- [2] Boen, Teddy, Lenny. 2014. Analisa Non-Linier *Performance Based Design*.
- [3] SNI 1726-2012. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- [4] ATC-40.1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*.
- [5] SNI 03-2847-2013. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.