

ANALISIS TINGGI EFEKTIF *SHEAR WALL* PADA SISTEM GANDA PEMBANGUNAN GEDUNG BETON BERTULANG BERLANTAI BANYAK PADA TANAH LUNAK LOKASI JAKARTA STUDI KASUS DENAH PERSEGI

Anom Wibisono, Acep Hidayat dan Resi Aseanto

anom.wibisono@mercubuana.ac.id

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mercu Buana

Jalan Meruya Selatan No. 1, Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, DKI. Jakarta 11650

Abstrak

Shear Wall (dinding geser) merupakan elemen struktur berbentuk dinding beton betulang yang berfungsi untuk menahan gaya lateral. Dengan adanya shear wall diharapkan sebagian besar energi dari gaya lateral yang mengenai gedung tersebut dapat diserap. Dengan demikian shear wall mempunyai peranan penting dalam memperstabil dan memperkaku struktur gedung secara keseluruhan.

Maka perlu dilakukan kajian lebih mendalam mengenai tinggi shear wall efektif agar tidak terjadi penambahan gaya lateral pada lantai atas gedung. Pada analisis ini dipakai studi kasus denah persegi sistem ganda dengan ketinggian lantai mulai 2,4,6,8, dan seterusnya sampai 20 lantai dengan tinggi perlantainya 4m. Dengan panjang gedung total 40m dan jarak antar kolom 8m.

Hasil analisis dari studi kasus mulai dari model 14 lantai sampai 20 lantai tinggi efektif shear wall satu lantai di bawah tinggi gedung, sehingga relatif tinggi shear wall antara 0,92 - 0,95 tinggi gedung, yang didapat dengan ketebalan shearwal 40 cm. Dengan analisis 3D ketinggian efektif ini lebih besar dari yang didapat pauley dan prestly yang menganalisis dengan 2D.

Kata Kunci : *Shear Wall, Dua Sistem, Daya Serap, Tinggi Efektif, Gempa.*

1. PENDAHULUAN

Semakin terbatasnya luas lahan maka kebutuhan akan bangunan tinggi semakin bertambah, terutama di kota besar seperti Jakarta. Semakin tinggi bangunan tingkat kestabilan dan kekakuan bangunan akibat gaya lateral semakin kecil. Maka diperlukan suatu elemen struktur yang berfungsi untuk menyerap gaya lateral tersebut. *Shear Wall* (dinding geser) merupakan elemen struktur berbentuk dinding beton betulang yang berfungsi untuk menahan gaya lateral. Dengan adanya *shear wall* diharapkan sebagian besar energi dari gaya lateral yang mengenai gedung tersebut dapat diserap. Dengan demikian *shear wall* mempunyai peranan penting dalam memperstabil dan memperkaku struktur gedung secara keseluruhan. Menurut Pauly dan Priestley (1991) analisis untuk gaya lateral statik menunjukkan bahwa dinding geser (*Shear*

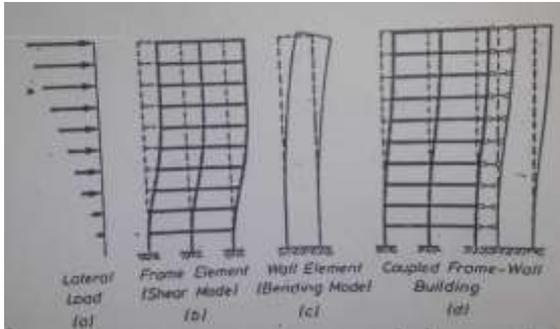
Wall) yang menerus sampai ke atas tidak begitu berfungsi dengan optimal. Sedangkan menurut Donna Heryanda (2015) bahwa untuk gedung dengan jumlah lantai 30 penggunaan *shearwall* yang paling efektif ada di lantai 28, karena pada lantai selanjutnya penggunaan shearwal kurang efektif dalam menahan gaya lateral. Untuk itu diperlukan kajian lebih mendalam mengenai struktur dinding geser untuk mencapai ketinggian yang optimal dan memenuhi standar perencanaan yang sudah ditetapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem ganda (*dual system*) disebut juga dengan struktur hibrida yang merupakan gabungan dari frame dan dinding struktural. Frame berinteraksi dengan dinding, frame memberikan signifikan disipasi energi di

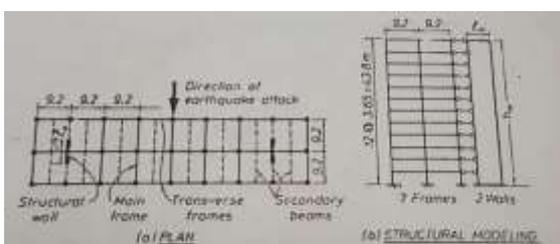
bawah dan deformasi inelastis di tingkat atas bila diperlukan, dinding struktural mengeksekusi kekakuan yang luar biasa di tingkat bawah bangunan. (Paulay dan Priestley, 1992)



Sistem ganda merupakan gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah yang mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh gaya lateral bekerja dan sisanya dipikul oleh dinding geser, untuk masuk dalam kualifikasi sebagai sistem ganda pada tingkat lantai menurut ASCE 7 (2002). Gaya lateral didistribusikan berdasarkan kontribusi kekakuan semua dinding geser dan frame yang merupakan bagian dari sistem tenaga menolak-seismik. Dinding geser harus jauh lebih kaku dibanding frame saat dilantai terendah, mereka cenderung untuk mengumpulkan lebih dari 75% kekuatan gempa desain.

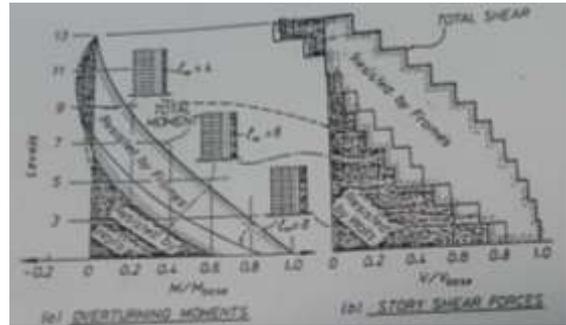
2.2. Permodelan dan Perilaku *Dual System*

Berikut ini, beberapa kategori interaksi frame dan dinding struktural dan teknik pemodelan yang sesuai analisis untuk penilaian respon elastis. Hasil analisis tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk mengalokasikan kekuatan elemen struktur yang digunakan. Namun dalam beberapa kasus penyesuaian yang signifikan perlu dibuat. Salah satu contoh analisis struktur gedung dual sistem yang telah dikaji oleh Paulay dan Priestley, 1992, pada gambar 2.6 terlihat model dari struktur frame dan dinding geser, gambar tersebut

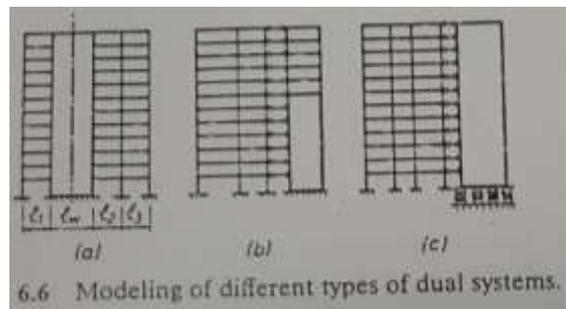


menunjukkan dalam rencana disposisi ideal dari frame dan dinding dalam struktur. mereka terdiri dari tujuh frame dan dua dinding kantilever.

Untuk menggambarkan efek kekakuan dinding, dilakukan percobaan dengan 3 ukuran panjang dinding (l_w), yaitu 4, 6 dan 8 m dengan letak yang sama pada tiap pengujiannya.



Pada gambar 2.7 di tingkat atas menunjukkan, keberadaan dinding geser pada ketinggian tertentu menjadi kurang efektif bahkan tidak diperlukan lagi karena menambah beban pada struktur. Oleh karena itu ketinggian shear wall pada gedung berlantai banyak perlu diperhitungkan optimalisasi ketinggiannya agar lebih aman dan efisien. Berikut ini beberapa permodelan tipe dari *dual system*.



2.3. Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Perencanaan pembebanan pada struktur gedung terdiri atas beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

A. Beban mati

Beban mati merupakan beban yang menjadi beban suatu gedung dimana beban tersebut sifatnya tetap termasuk unsur tambahan dan bagian-bagian yang tak terpisahkan dari suatu gedung. Peraturan beban mati diatur dalam SNI 1727-2013.

B. Beban hidup

Beban hidup adalah beban penggunaan suatu gedung termasuk peralatan maupun barang yang sifatnya sementara atau dapat berpindah dan bukan merupakan bagian suatu gedung yang sifatnya permanen. Termasuk beban air hujan yang diterima oleh atap suatu gedung. Peraturan beban hidup diatur dalam SNI 1727-2013.

C. Beban Gempa

Beban gempa salah satu beban yang harus diperhitungkan jika mendesain bangunan gedung maupun non-gedung di daerah rawan gempa seperti Indonesia. Besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur bangunannya, karena beban gempa bekerja melalui lapisan tanah yang bergerak silis ke arah horisontal maupun vertikal.

- 7. Sistem atap = Pelat Lantai Beton bertulang
- 8. Tinggi struktur bangunan = 4 m ~ 80 m
- 9. Jenis pondasi = Jepit

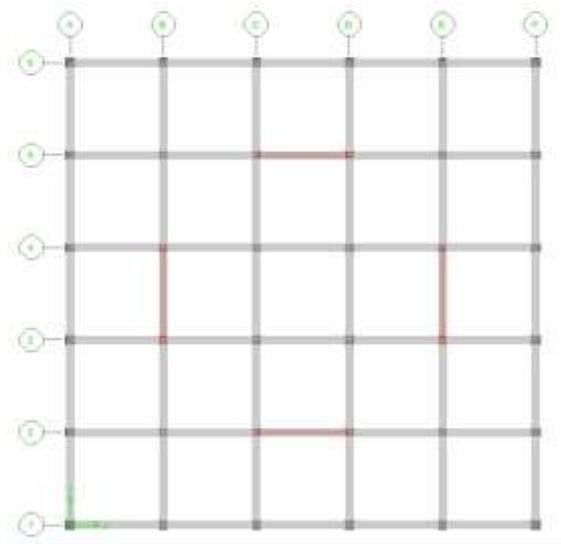
B. Material struktur :

- 1. Mutu beton kolom (f_c') = 40 Mpa
- 2. Mutu beton shearwall (f_c') = 45 Mpa
- 3. Mutu beton balok dan pelat (f_y) = 40 Mpa
- 4. Mutu besi beton (F_y) = 400 Mpa

3. METODE PENELITIAN

3.1. Denah Struktur Gedung Beraturan

Dalam menganalisis pemodelan struktur bangunan seperti dibawah ini.

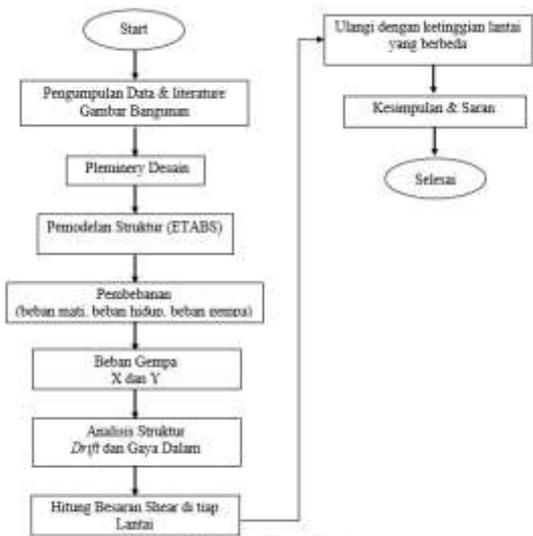


3.2. Data – Data Desain Bangunan

A. Data umum :

- 1. Fungsi Bangunan = Apartemen
- 2. Jenis Struktur = Struktur Beton Bertulang Sistem ganda
- 3. Lokasi bangunan = DKI Jakarta
- 4. Jumlah lantai = 19 lantai + Atap
- 5. Tinggi lantai dasar = 4 m
- 6. Tinggi tiap lantai = 4 m

3.3. Diagram Alir



Gambar 3.1 Flowchart Laporan Penelitian

Gambar. Diagram Alir

3.4. Analisis dan Output Data

Setelah penginputan data dan pembebanan gempa dengan SNI:1726:2012, maka tahap selanjutnya dilakukan (running data).

Dari hasil analisis maka akan didapatkan data-data sebagai berikut :

- 1. Nilai Periode Getar Alami
- 2. Nilai pembebanan
- 3. Output grafik simpangan
- 4. Output grafik ketinggian shearwall

4. ANALISIS STRUKTUR

4.1. Input Pembebanan

1. Pembebanan Pada Lantai

Beban SDL

- a. Spesi tebal 3cm : 2 x 21 kg/m² = 63kg/m²
- b. Keramik 1x24 kg/m² = 24kg/m²
- c. Plafon + Rangka = 18kg/m²
- d. Ducting (ME) = 25kg/m²

Total SDL = 1,3KN/m²

- Beban Hidup (LL)
 a. Apartemen = 250 kg/m²
 = **2,5 KN/m²**

2. Pembebanan Pada Lantai Atap

- Beban SDL
 a. Spesi tebal 3cm : 3x21 kg/m² = 63 kg/m²
 b. Plafond + rangka = 18 kg/m²
 c. *Water Profing* aspal t = 2cm
 0,02 x 50 kg/m² = 100 kg/m²
 d. Ducting (ME) = 25 kg/m²
Total SDL = 2,06 KN/m²

- Beban Hidup (LL)
 a. Berat pekerja di lantai atap = 100 kg/m²
 = **1,0 KN/m²**

3. Pembebanan Pada Balok

- a. Dinding pasangan bata ½ batu
 3,4 x 250 kg/m² = 850 kg/m²
 = **8,5 KN/m²**
 b. Beban partisi = **0,72 KN/m²**

4.2. Perencanaan Beban Gempa

1. Klasifikasi kelas Situs = Tanah Lunak
2. Kategori Resiko Struktur = II
3. Faktor Keutamaan (Ie) = 1
4. Lokasi = DKI Jakarta
5. Katagori Desain Seismik = D
6. Sistem Struktur
 - a. Koef. Respon (R) = 7
 - b. Parameter Ω₀ = 2,5
 - c. Pembesaran Defleksi = 5,5

4.3. Analisa Sturktur 20 Lantai

Dimensi bangunan diasumsikan seperti pada umumnya. Pada analisis ini menggunakan balok dengan dimensi 40 x 60 cm (tipikal), kolom dengan dimensi 75 x 75 cm pada lantai dasar dan mengecil hingga 30 x 30 pada lantai paling atas. Dengan ukuran plat lantai 12 cm (tipikal) dan tebal *shear wall* 40 cm (tipikal).

4.3.1 Berat Seismik Bangunan

Dalam SNI 1726-2012 pasal 7.7.2 berat seismic efektif struktur harus menyertakan seluruh beban mati dan 25% beban hidup. Termasuk berat peralatan permanen. Berikut hasil Berat Seismic Bangunan yang diperoleh dari ETABS (KN-m)

Group	Luas Lantai (M ²)	SelfWeight (KN)	Beban Mati Tambahan (KN)	Beban Hidup Tambahan (KN)	Berat Total (KN)
LANTAI 20	1600	7433,598	3296,000	400	11129,598
LANTAI 19	1600	7433,598	3670,400	1000	12103,998
LANTAI 18	1600	7526,800	3670,400	1000	12197,200
LANTAI 17	1600	7526,800	3670,400	1000	12197,200
LANTAI 16	1600	7636,948	3670,400	1000	12307,348
LANTAI 15	1600	7636,948	3670,400	1000	12307,348
LANTAI 14	1600	7764,043	3670,400	1000	12434,443
LANTAI 13	1600	7764,043	3670,400	1000	12434,443
LANTAI 12	1600	7908,083	3670,400	1000	12578,483
LANTAI 11	1600	7908,083	3670,400	1000	12578,483
LANTAI 10	1600	8069,069	3670,400	1000	12739,469
LANTAI 9	1600	8069,069	3670,400	1000	12739,469
LANTAI 8	1600	8247,001	3670,400	1000	12917,401
LANTAI 7	1600	8247,001	3670,400	1000	12917,401
LANTAI 6	1600	8441,878	3670,400	1000	13112,278
LANTAI 5	1600	8441,878	3670,400	1000	13112,278
LANTAI 4	1600	8653,702	3670,400	1000	13324,102
LANTAI 3	1600	8653,702	3670,400	1000	13324,102
LANTAI 2	1600	8882,471	3670,400	1000	13552,871
LANTAI 1	1600	8882,471	3670,400	1000	13552,871
Berat Seluruh Lantai (KN)					253560,786

4.3.2 Periode Getar Struktur

Periode struktur di dapat dengan analisis 3 dimensi menggunakan perhitungan program ETAB.

Mode	Period	ΔT (%)
1	4,725981	0
2	4,725981	3,086661
3	4,580106	74,0806
4	1,187136	0,814818
5	1,177463	0
6	1,177463	56,91559
7	0,507303	2,007282
8	0,49712	0
9	0,49712	41,97699
10	0,288444	2,343956
11	0,281683	0
12	0,281683	28,1683

4.3.3 Distribusi Gaya Gempa

Geser tingkat desain gempa (*F*) harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diagfragma. Geser tingkat geser gempa di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut : (SNI 1726-2012 pasal 7.8.3). Berikut tabel

perhitungan distribusi gaya gempa arah X dan Y (sama karena persegi) yang bekerja pada masing masing lantai.

LANTAI	W _i (KN)	h (M)	h _i (M)	h ³ /k	W _i * (h ³ /k)	V _y (KN)	C _{vi} (KN)	F _y (KN)	
LANTAI 20	11129,598	4	80	2	6400	71228427,200	10905,114	0,126992	1384,603
LANTAI 19	12105,998	4	76	2	5776	69912692,448	10905,114	0,124644	1359,007
LANTAI 18	12197,200	4	72	2	5184	63230284,800	10905,114	0,112730	1229,110
LANTAI 17	12197,200	4	68	2	4624	56399852,800	10905,114	0,100553	1096,336
LANTAI 16	12307,348	4	64	2	4096	50410897,408	10905,114	0,089875	979,919
LANTAI 15	12307,348	4	60	2	3600	44306452,800	10905,114	0,078992	861,257
LANTAI 14	12434,443	4	56	2	3136	38994413,248	10905,114	0,069521	757,998
LANTAI 13	12434,443	4	52	2	2704	33622733,872	10905,114	0,059944	653,580
LANTAI 12	12578,483	4	48	2	2304	28980824,832	10905,114	0,051669	563,348
LANTAI 11	12578,483	4	44	2	1936	24351943,088	10905,114	0,043416	473,369
LANTAI 10	12739,469	4	40	2	1600	20385150,400	10905,114	0,036340	396,221
LANTAI 9	12739,469	4	36	2	1296	16510551,824	10905,114	0,029436	320,939
LANTAI 8	12917,401	4	32	2	1024	13227418,624	10905,114	0,023383	257,123
LANTAI 7	12917,401	4	28	2	784	10127242,384	10905,114	0,018055	196,860
LANTAI 6	13112,278	4	24	2	576	7552672,128	10905,114	0,013465	146,814
LANTAI 5	13112,278	4	20	2	400	5244911,200	10905,114	0,009351	101,954
LANTAI 4	13324,102	4	16	2	256	3410970,112	10905,114	0,006081	66,305
LANTAI 3	13324,102	4	12	2	144	1918670,688	10905,114	0,003421	37,296
LANTAI 2	13552,871	4	8	2	64	867383,744	10905,114	0,001546	16,861
LANTAI 1	13552,871	4	4	2	16	216845,936	10905,114	0,000387	4,215
Jumlah					560899139,536			10905,114	

Pengaruh gaya gempa yang terjadi pada struktur dianggap kuat 100% terhadap sumbunya dan 30% terhadap arah tegak lurus sumbunya seperti ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut ini.

LANTAI	F _x (KN)		F _y (KN)	
	100%	30%	100%	30%
LANTAI 20	1384,603	415,381	1384,603	415,381
LANTAI 19	1359,007	407,702	1359,007	407,702
LANTAI 18	1229,110	368,733	1229,110	368,733
LANTAI 17	1096,336	328,901	1096,336	328,901
LANTAI 16	979,919	293,976	979,919	293,976
LANTAI 15	861,257	258,377	861,257	258,377
LANTAI 14	757,998	227,399	757,998	227,399
LANTAI 13	653,580	196,074	653,580	196,074
LANTAI 12	563,348	169,004	563,348	169,004
LANTAI 11	473,369	142,011	473,369	142,011
LANTAI 10	396,221	118,866	396,221	118,866
LANTAI 9	320,939	96,282	320,939	96,282
LANTAI 8	257,123	77,137	257,123	77,137
LANTAI 7	196,860	59,058	196,860	59,058
LANTAI 6	146,814	44,044	146,814	44,044
LANTAI 5	101,954	30,586	101,954	30,586
LANTAI 4	66,305	19,891	66,305	19,891
LANTAI 3	37,296	11,189	37,296	11,189
LANTAI 2	16,861	5,058	16,861	5,058
LANTAI 1	4,215	1,265	4,215	1,265

4.3.4 Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana *ed*. Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan dengan 'b', maka eksentrisitas *ed* harus ditentukan sebagai berikut: $0 < e \leq 0,3b$, maka $ed = 1,5e + 0,05b$ atau $ed = e - 0,05b$.

Nilai kedua dipilih yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau, dimana eksentrisitas (*e*) adalah pengurangan antara pusat massa dengan pusat rotasi.

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		ed = 1,5e + 0,05b		ed = e - 0,05b	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
STORY1	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY2	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY3	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY4	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY5	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY6	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY7	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY8	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY9	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY10	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY11	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY12	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY13	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY14	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY15	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY16	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY17	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY18	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY19	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2
STORY20	20	20	20	20	0	0	2	2	-2	-2

Untuk mengetahui titik massa dapat dilakukan dengan cara mengurangi pusat rotasi dengan eksentrisitas (*ed*).

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		ed = 1,5e + 0,05b		pusat massa baru	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
STORY1	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY2	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY3	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY4	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY5	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY6	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY7	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY8	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY9	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY10	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY11	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY12	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY13	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY14	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY15	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY16	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY17	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY18	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY19	20	20	20	20	2	2	18	18
STORY20	20	20	20	20	2	2	18	18

4.3.5 Modal Partisipating Mass Ratio

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 : bahwa analisis respon dinamik struktur harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual. Berikut ini adalah hasil dari Modal Partisipating Mass Ratio dari hasil analisa perhitungan respon dinamik struktur dengan ETABS.

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumXk	SumYk	SumZk	Rk
1	4.725801	20.8640	43.1078	0.0000	20.8640	43.1078	0.0000	85.8822
2	4.725801	43.1078	20.8640	0.0000	43.1078	20.8640	0.0000	85.8822
3	4.582188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1.107138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	1.077403	0.0289	17.5849	0.0000	04.1285	31.6788	0.0000	1.8124
6	1.077403	17.5849	0.0289	0.0000	31.6788	04.1285	0.0000	0.8833
7	0.917303	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.467126	0.0751	1.8000	0.0000	38.8876	32.7125	0.0000	0.9482
9	0.467126	1.8000	0.0751	0.0000	32.7125	38.8876	0.0000	0.3871
10	0.228484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.228484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.228484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

4.3.6 Perhitungan Base Shear Nominal

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 bahwa kombinasi respon untuk geser dasar dinamik (V_t / V dinamik) lebih kecil 85% dari geser dasar statik (Base Shear / V statik) yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen maka gaya harus dikalikan dengan $(0,85 V / V_t)$.

Tipe Beban Gempa	Fx (kN)	Fy (kN)	85% Statik X	85% Statik Y
V Statik	EQx	-10903,1	-9267,6265	-2780,282
	EQy	-3270,92	-10903,09	-9267,6265
Vt Dinamik	RSPx	7925,79	4714,62	
	RSPy	4714,62	7925,79	

Dari hasil tabel diatas, nilai akhir respon spektrum lebih kecil dari nilai akhir 0,85 gaya statik, maka prosedur gaya lateral ekuivalen dikalikan dengan $0,85 V / V_t$.

a. Faktor skala arah X

$$= \frac{0,85 \times \text{Gempa X}}{\text{RSPx}} \times \frac{g \cdot I_e}{R}$$

$$= \frac{9267,6265}{7925,79} \times \frac{9,81 \times 1}{7}$$

$$= 1,6386$$

Faktor gempa arah Y perlu diambil 30% faktor gempa X :

$$= 30\% \times 1,6386$$

$$= 0,4916$$

b. Faktor skala arah Y

$$= \frac{0,85 \times \text{Gempa Y}}{\text{RSPy}} \times \frac{g \cdot I_e}{R}$$

$$= \frac{9267,6265}{7925,79} \times \frac{9,81 \times 1}{7}$$

$$= 1,6386$$

Faktor gempa arah X perlu diambil 30% dari gempa Y :

$$= 30\% \times 1,6386$$

$$= 0,4916$$

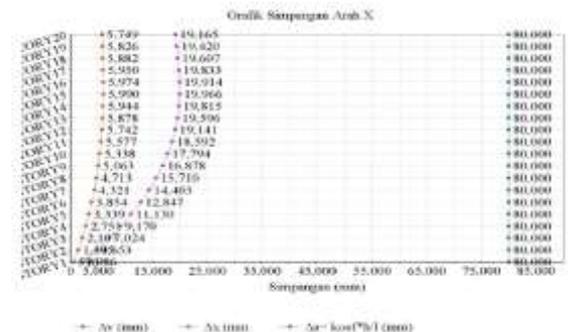
4.3.7 Kontrol Simpangan Struktur (Drift)

Berdasarkan SNI gempa 1726 – 2012 pasal 7.8.6 dalam penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Batasan simpangan antar lantai tingkat berdasarkan SNI gempa 1726 – 2012 simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidakboleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a), untuk gedung apartemen termasuk kategori resiko II dan nilai simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) adalah 0,02 Hsx.

Arah X dan Y sama karena denah persegi.

Story	Cd (Tabel 5)	Δ_n X (mm)	Δ_n Y (mm)	h (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	I	coef	Δ_a^* koef*h / I (mm)	$\Delta_y < \Delta_a$
STORY20	5,5	306,654	91,9962	4000	19,1656	5,7496	1	0,02	80	OK
STORY19	5,5	287,489	86,2466	4000	19,4206	5,8262	1	0,02	80	OK
STORY18	5,5	268,068	80,4204	4000	19,6070	5,8834	1	0,02	80	OK
STORY17	5,5	248,46	74,538	4000	19,8332	5,92	1	0,02	80	OK
STORY16	5,5	228,627	68,588	4000	19,9145	5,9744	1	0,02	80	OK
STORY15	5,5	208,712	62,6136	4000	19,9669	5,9901	1	0,02	80	OK
STORY14	5,5	188,745	56,6235	4000	19,8132	5,9445	1	0,02	80	OK
STORY13	5,5	168,93	50,679	4000	19,5964	5,8789	1	0,02	80	OK
STORY12	5,5	149,334	44,8001	4000	19,1417	5,7426	1	0,02	80	OK
STORY11	5,5	130,192	39,0575	4000	18,5928	5,5778	1	0,02	80	OK
STORY10	5,5	111,599	33,4797	4000	17,7942	5,3383	1	0,02	80	OK
STORY9	5,5	93,8048	28,1414	4000	16,8784	5,0633	1	0,02	80	OK
STORY8	5,5	76,9264	23,0779	4000	15,7102	4,713	1	0,02	80	OK
STORY7	5,5	61,2162	18,3649	4000	14,4033	4,321	1	0,02	80	OK
STORY6	5,5	46,8129	14,0439	4000	13,8473	3,8542	1	0,02	80	OK
STORY5	5,5	33,9656	10,1897	4000	11,1805	3,3392	1	0,02	80	OK
STORY4	5,5	22,8351	6,8505	4000	9,1706	2,7311	1	0,02	80	OK
STORY3	5,5	13,6645	4,0994	4000	7,0247	2,1075	1	0,02	80	OK
STORY2	5,5	6,6398	1,9919	4000	4,6351	1,3959	1	0,02	80	OK
STORY1	5,5	1,9667	0,596	4000	1,9867	0,596	1	0,02	80	OK



4.3.8 Kontrol Sistem Ganda

Sistem ganda dengan rabgka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan. Sistem ganda merupakan gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupadinding geser atau rangka bresing dengan sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah yang mampu memikul sekurang kurangnya 25% dari seluruh beban lateral bekerja dan sisanya dipikul oleh dinding geser. Dinding geser harus lebih kaku dibanding *frame* saat dilantai terendah. Mereka

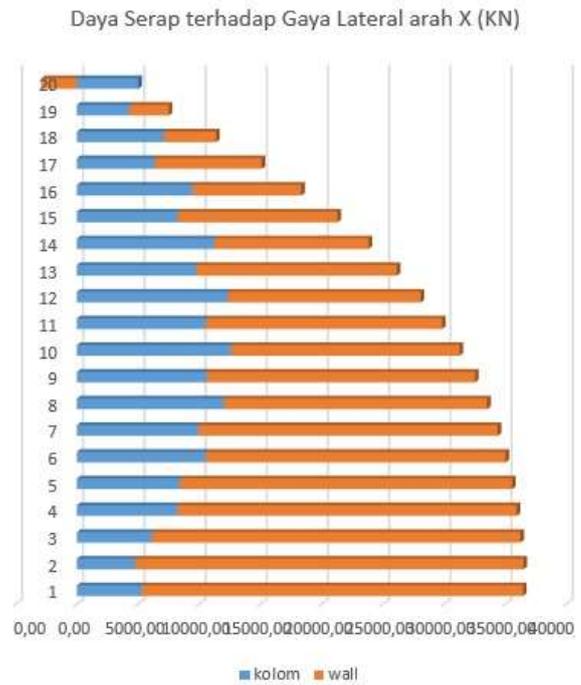
cenderung untuk mengumpulkan lebih dari 75 % kekuatan gempa desain.

Gaya	V total		Portal		Wall	
	V	%	V	%	V	%
Arah X	-11884,39	100	-1323,43	11,14	-10560,96	88,86
Arah Y	-11884,39	100	-1323,43	11,14	-10560,96	88,86

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa struktur tersebut tidak memenuhi syarat dual sistem karena presentase frame dalam menahan gaya lateral kurang dari batasan minimal 25% dari seluruh gaya lateral yang diterima struktur.

Tabel penyerapan arah X dan Y (persegi)

Lantai	kolom (KN)	wall (KN)
1	5305,38	31144,12
2	4744,11	31747,22
3	6135,99	30105,80
4	8219,34	27719,88
5	8415,96	27145,52
6	10544,52	24481,14
7	9928,74	24458,44
8	12017,73	21511,28
9	10636,86	21900,76
10	12625,02	18646,74
11	10557,57	19285,78
12	12361,50	15730,72
13	9737,43	16409,78
14	11259,00	12575,96
15	8275,29	13015,90
16	9429,42	8906,44
17	6364,65	8742,08
18	7125,90	4253,66
19	4299,90	3210,26
20	5022,30	-2890,20



Berdasarkan 2 diagram penyerapan gaya lateral arah X dan arah Y diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa penyerapan gaya geser pada *shear wall* >75% dari total gaya geser yang diterima struktur. Berarti shear wall terlalu banyak atau terlalu tebal sehingga desain tidak efisien.

4.3.9 Tabulasi Efisiensi Shear Wall

Dengan cara yang sama tetapi dengan ketinggian yang berbeda. Gedung 2,4,6,8,10,12,14,16, dan 18 maka didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

Dikarenakan denah persegi maka arah X dan arah Y sama.

Story	Wall Efektif (%)	Wall Existing (%)	Penyerapan Gaya Lateral Wall Arah X (%)	Penyerapan Gaya Lateral Kolom Arah X (%)
2 lantai	100	100	99,13	0,87
4 lantai	100	100	98,23	1,77
6 lantai	100	100	97,20	2,80
8 lantai	100	100	96,16	3,84
10 lantai	100	100	95,13	4,87
12 lantai	100	100	94,09	5,91
14 lantai	92,86	100	92,98	7,02
16 lantai	93,75	100	91,76	8,24
18 lantai	94,44	100	90,39	9,61
20 lantai	95,00	100	88,86	11,14



5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang perancangan shearwall struktur gedung denah persegi 20 lantai dengan pengoptimasian dinding geser (dual system), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Tinggi optimum *shear wall* pada studi kasus denah persegi 20 lantai, yang dibangun di Jakarta, Untuk seluruh ketinggian antara lantai 14 sampai dengan lantai 20, yang ditinjau hanya lantai teratas yang tidak efektif menahan beban lateral. Sedangkan untuk seluruh ketinggian antara lantai 2 sampai dengan lantai 12 dari hasil analisis, *shear wall* masih berada didalam batas yang disyaratkan sehingga dapat disimpulkan *shear wall* masih efektif menahan beban lateral.
- Tinggi optimum *shear wall* pada studi kasus denah persegi mulai 14 lantai sampai dengan 20 lantai, berkisar antara 0,92 sampai dengan 0,95 tinggi gedung ($h_e = 0,92 - 0,95 H$).
- Dengan analisis 3D, tinggi efektif shear wall sampai dengan satu lantai dibawah puncak gedung, sedangkan analisis 2D versi Paulay T, Priestley, untuk gedung 13 lantai didapat tinggi efektif shear wall sampai dengan lantai ini berarti $h_{sw} = 11/13 = 0,85$ sedangkan menurut Heryanda Donna (2015) untuk tinggi 30 lantai tinggi efektif shear wall pada lantai 28 ($h_{sw} = 28/30 = 0,93$). Sedangkan analisis dengan 3D untuk bangunan persegi 20 lantai tinggi efektif didapat berkisar antara 0,92 sampai dengan 0,95.

6. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran, antara lain :

- Untuk analisis selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan variable yang berbeda.

Misalkan tebal shear wall, jenis tanah, bentang bangunan, tinggi bangunan per lantai, dan bentuk bangunan.

- Perlu dilakukan pengkajian mengenai tata letak shear wall untuk mengetahui tinggi efektif penggunaan shear wall.
- Perlu dilakukan pengecekan yang teliti mengenai pengimputan beban dalam permodelan dalam ETABS atau *software* lainnya tentang penggunaan satuan berea dan panjang.
- Kontrol sistem struktur ganda harus mengacu kepada SNI yang terbaru apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan standarisasi Nasional, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSN.

Badan standarisasi Nasional, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta: BSN.

Heryanda Donna, 2015. Tugas Akhir "Optimasi Ketinggian Shear Wall Pada Gedung Apartement dengan Ketinggian 100m", Universitas Mercu Buana. Jakarta.

T.Paulay, M.J.N. Priestley, 1991. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley and Sons, inc. San Diego.

Nurchayyo, Heru, Reni Suryanita dan Alex Kurniawandy. 2016. *Kajian posisi shear wall pada gedung tidak beraturan dengan analisis riwayat waktu beban gempa*. Pekanbaru : Jom FTEKNIK Volume 3 No.1 Januari 2016.