

## BAB IV

### HASIL SIMULASI MODEL STRUKTUR

#### IV.1 MODEL STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI

##### IV.1.1 Analisa Beban Gempa

Dengan melakukan analisa model struktur gedung 5 lantai dengan ETABsv9.0.7, diperoleh periode alami bangunan sebagai berikut:

Tabel 4.1 Periode alami bangunan gedung 5 lantai

Mode	Period	UX	UY	UZ
1	1,095974	0	83,6332	0
2	1,081763	83,7769	0	0
3	0,995806	0	0	0

Dari tabel diatas, diketahui bahwa untuk pola ragam getar (mode shape) 1, periodenya adalah 1,095974 detik dengan arah utama Y. Sementara untuk pola ragam getar 2, periodenya adalah 1,081763 dengan arah utama X. Dari data – data tersebut, maka perhitungan beban gempa secara statik ekuivalen dapat dilakukan:

Tabel 4.2 Perhitungan beban gempa statik ekuivalen untuk gedung 5 lantai

FLOOR	Elevation (hi)	DIAPHRAM	Cumulative Mass (kg)	Mass / Floor (kg)	Weight / Floor (kgf)	Wi x hi (D1 Diaphragm) (kgf-m)	Fix (Static) kgf	Fly (Static) kgf
	(m)							
5FL	18,50000	D1	108538,24530	108538,2453	1064760,18639	19698063,44827	143370,72865	141511,70515
4FL	15,00000	D1	231914,91050	123376,6652	1210325,08561	18154876,28418	132138,76827	130425,38453
3FL	11,50000	D1	357858,54740	125943,6369	1235507,07799	14208331,39687	103414,16712	102073,24230
2FL	8,00000	D1	486773,40350	128914,8561	1264654,73834	10117237,90673	73637,48088	72682,65692
1FL	4,50000	D1	618466,54250	131693,139	1291909,69359	5813593,62118	42313,76124	41765,09780
					6087156,78193	67992102,65721	494874,90616	488458,08670

Dengan melakukan analisa respon dinamik terhadap model struktur, maka diperoleh gaya geser dasar dinamik (V):

Tabel 4.3 Pengecekan rasio gaya geser dasar dinamik - statik

	Rasio :	
	Statik	Dinamik
Vx	494874,90616	422502,84000
Vy	488458,08670	416624,06000
		0,85376 ok
		0,85294 ok

Dari tabel 4.3 diatas dapat disimpulkan bahwa gaya geser dinamik memenuhi persyaratan, sehingga beban gempa dinamik dapat digunakan dalam analisa struktur. Untuk pengecekan terhadap eksentrisitas bangunan dan drift dapat dilihat pada lampiran 4.01

#### IV.1.2 Analisa Penulangan Balok Dan Kolom

Berdasarkan perencanaan tulangan menggunakan ETABSv9.0.7, maka diperoleh detail penulangan untuk balok dan kolom sebagai berikut:

##### 1. Detail penulangan balok

- Balok A
  - Lokasi = lantai 1,2 dan 3
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 1416,925 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 1,147%
  - As bottom = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
- Balok B
  - Lokasi = lantai 4
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 1133,54 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,918%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%
- Balok C
  - Lokasi = lantai 5
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%

## 2. Detail penulangan kolom

- Kolom 60x60
  - Lokasi = lantai 1,2 dan 3
  - Diameter tulangan = 25 mm
  - Jumlah tulangan = 12
  - As = 5887,5 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 1,635%
- Kolom 50x50
  - Lokasi = lantai 4 dan 5
  - Diameter tulangan = 25 mm
  - Jumlah tulangan = 12
  - As = 5887,5 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 2,355%

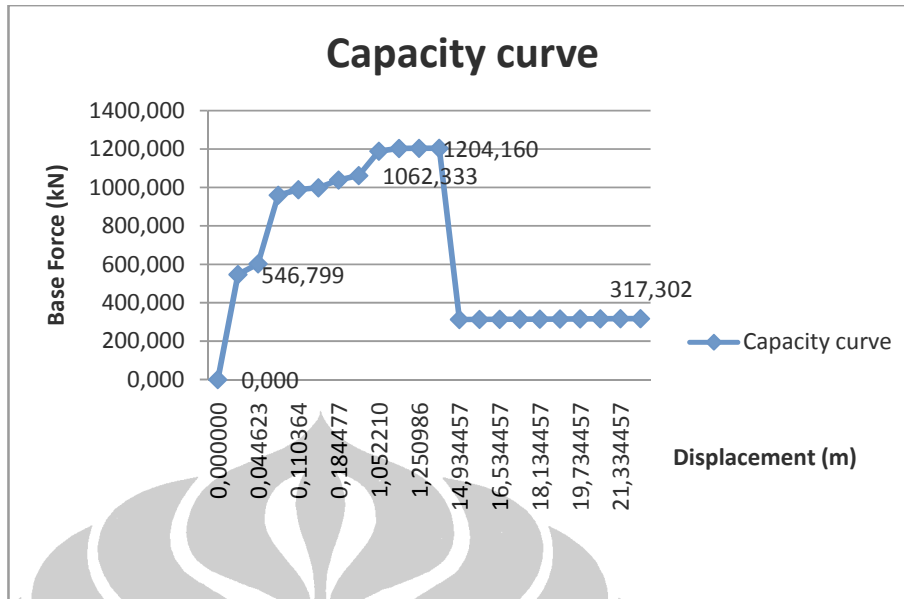
### IV.1.3 Analisa Push Over Pada Elemen Struktur

Analisa push – over dilakukan untuk memperoleh kurva kapasitas struktur gedung terhadap beban gempa rencana. Elemen struktur yang ditinjau merupakan portal A-A 2D, seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya. Beban gempa tingkat yang diberikan pada elemen struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Beban gempa tingkat pada portal tinjauan pada gedung 5 lantai

Fiy (kgf)	Fiy per portal (kgf)	Fiy per portal (kN)
122160,25000	13573,36111	135,73361
111153,13000	12350,34778	123,50348
86638,03000	9626,44778	96,26448
62838,14000	6982,01556	69,82016
33834,51000	3759,39000	37,59390

Dengan melakukan analisa push-over menggunakan SAP2000v11, diperoleh grafik yang menunjukkan kapasitas elemen struktur gedung serta tabel yang menunjukkan peristiwa pembentukan sendi plastis pada komponen struktur:



Gambar 4.1 Grafik kurva kapasitas gedung 5 lantai

Tabel 4.5 Pembentukan sendi plastis pada portal tinjauan pada gedung 5 lantai

Step	Displacement m	BaseForce KN	AtoB	BtoO	OtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0,000000	0,000	130	0	0	0	0	0	0	0	130
1	0,039239	546,799	128	2	0	0	0	0	0	0	130
2	0,044623	602,560	112	18	0	0	0	0	0	0	130
3	0,101965	960,014	99	12	18	1	0	0	0	0	130
4	0,110364	988,751	90	16	11	13	0	0	0	0	130
5	0,116546	998,665	81	25	6	18	0	0	0	0	130
6	0,184477	1039,085	69	37	0	6	18	0	0	0	130
7	0,247655	1062,333	64	18	24	0	24	0	0	0	130
8	1,052210	1189,161	63	7	0	0	49	11	0	0	130
9	1,220531	1203,373	63	7	0	0	31	29	0	0	130
10	1,250986	1204,160	63	7	0	0	26	34	0	0	130
11	1,269464	1204,306	63	7	0	0	23	37	0	0	130
12	14,934457	312,697	63	7	0	0	0	0	0	60	130
13	15,734457	313,244	63	7	0	0	0	0	0	60	130
14	16,534457	313,792	63	7	0	0	0	0	0	60	130
15	17,334457	314,339	63	7	0	0	0	0	0	60	130
16	18,134457	314,887	63	7	0	0	0	0	0	60	130
17	18,934457	315,434	63	7	0	0	0	0	0	60	130
18	19,734457	315,981	63	7	0	0	0	0	0	60	130
19	20,534457	316,529	63	7	0	0	0	0	0	60	130
20	21,334457	317,076	63	7	0	0	0	0	0	60	130
21	21,664914	317,302	63	7	0	0	0	0	0	60	130

Dari tabel diatas dapat ditentukan kondisi leleh dan kondisi ultimit. Kondisi leleh dinyatakan ketika pembentukan sendi plastis pertama akibat beban gempa terjadi. Sementara kondisi ultimit, dinyatakan apabila elemen struktur mencapai salah satu dari 3 kondisi berikut, yaitu:

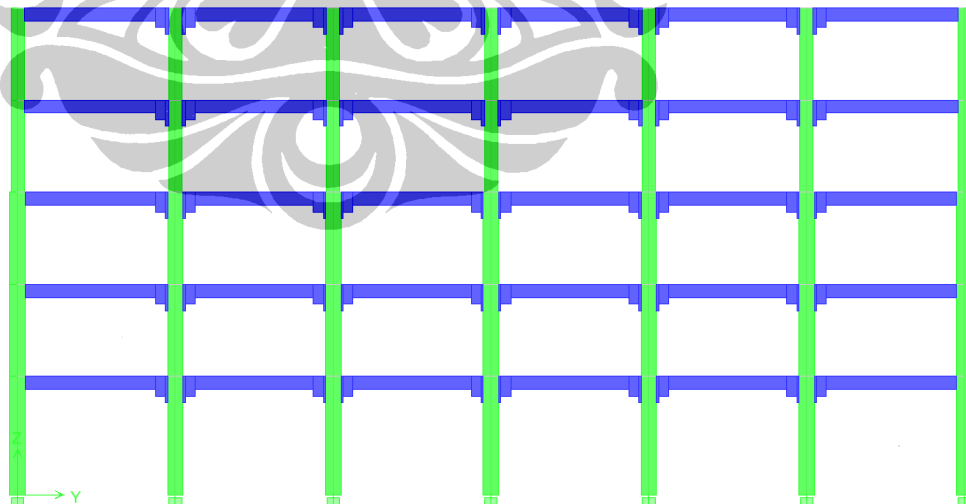
- Terjadi pembentukan sendi plastis pada kolom diluar bagian yang diperbolehkan, yaitu ujung bawah kolom lantai dasar
- Semua balok telah mengalami pembentukan sendi plastis
- Salah satu balok melewati batas sendi plastis yang diperbolehkan, yaitu *collapse prevention (CP)*

Berdasarkan tabel 4.5 diatas, dapat ditentukan bahwa kondisi leleh terjadi pada *step 1* dengan displacement yang terjadi sebesar **0,039239 m** dan gaya geser dasar sebesar **546,799 kN**, sementara kondisi ultimit terjadi pada *step 7* dengan displacement sebesar **0,247655 m** dan gaya geser dasar sebesar **1062,333 kN**, sehingga diperoleh tabel yang menunjukkan *seismic performance level* dari struktur sebagai berikut:

Tabel 4.6 Performance level elemen struktur pada gedung 5 lantai

daktilitas bangunan	6,311450343	
daktilitas rencana	5,3125	
syarat daktilitas	memenuhi	
kekakuan bangunan	13935,09009	kN/m
kekuatan	546,799	kN
gaya maks/gaya leleh	1,942821768	
level performance	CP (24 HINGES)	

#### IV.1.4 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Interior

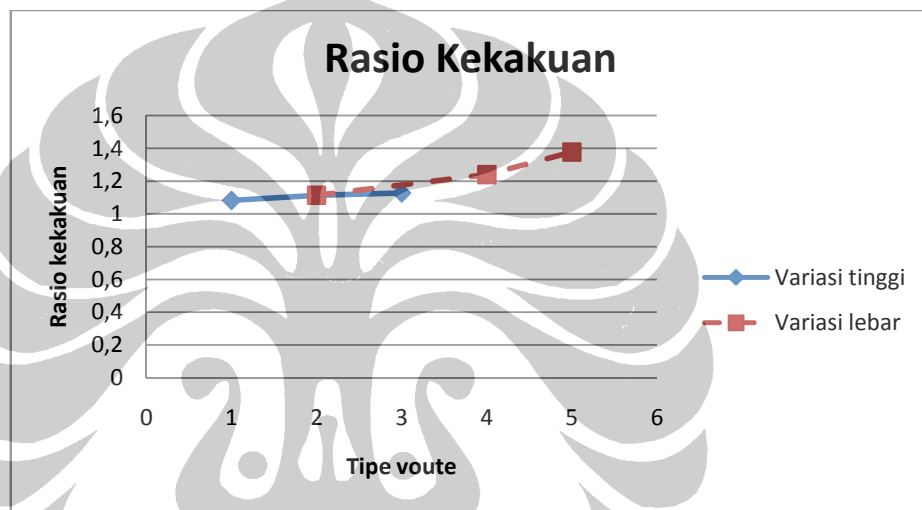


Gambar 4.2 Model struktur gedung 5 lantai dengan join voute interior

Penerapan voute pada join balok-kolom interior menambah kekakuan model struktur. Kekakuan tersebut diperoleh dengan mengetahui displacement ketika kondisi leleh terjadi dan gaya geser yang menyebabkan displacement itu, atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

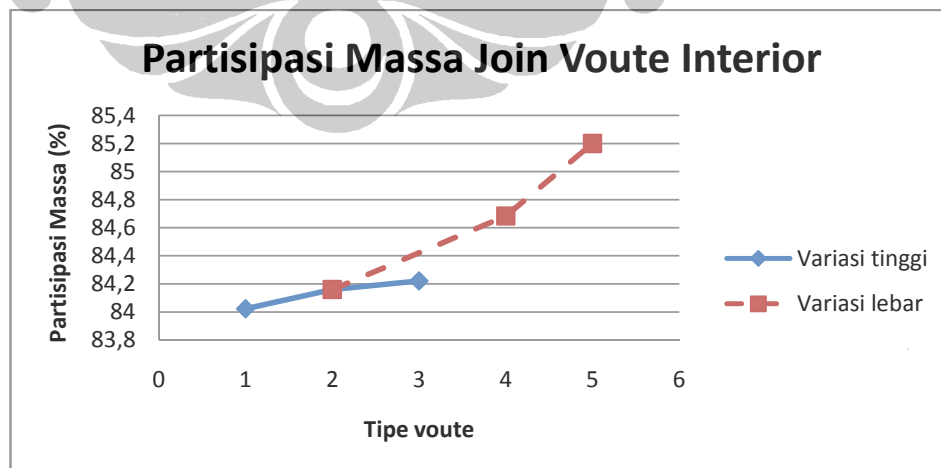
$$Kekakuan (K) = \frac{V_{leleh}}{\Delta_{leleh}}$$

Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute interior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



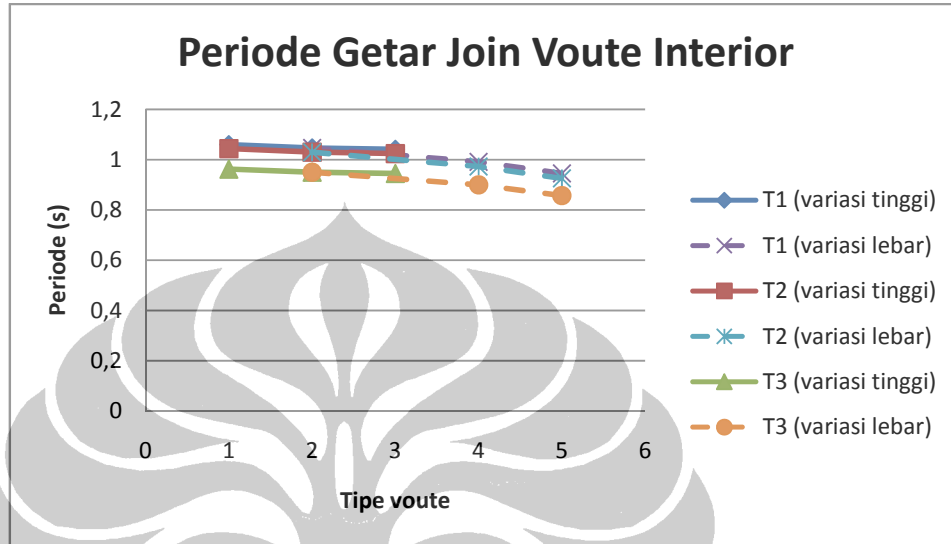
Gambar 4.3 Grafik rasio kekakuan join voute interior (gedung 5 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.4 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute interior (gedung 5 lantai)

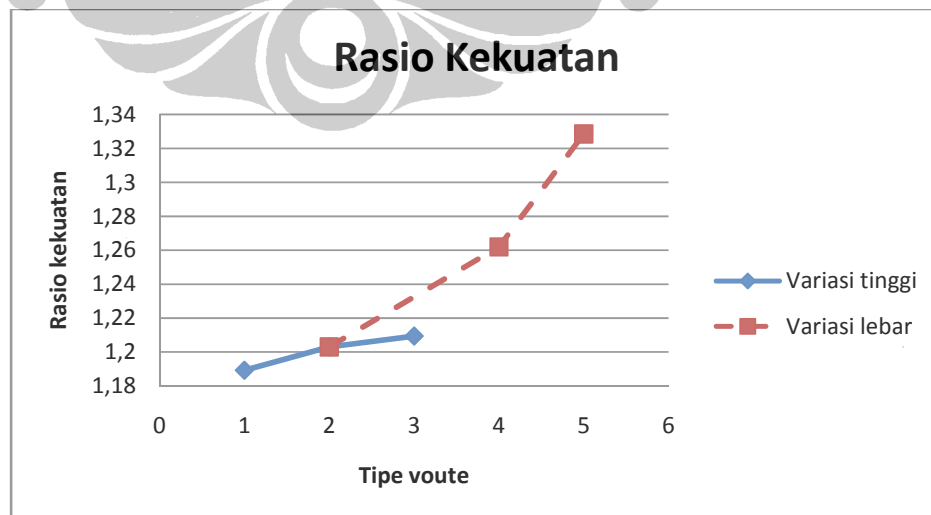
Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin kaku bangunan maka semakin kecil pula periode bangunan tersebut, seperti ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 4.5 Grafik periode getar bangunan dengan join voute interior (gedung 5 lantai) Kekuatan struktur dalam menahan beban gempa dinyatakan dengan besarnya gaya geser dasar yang diterima ketika kelelahan pertama terjadi:

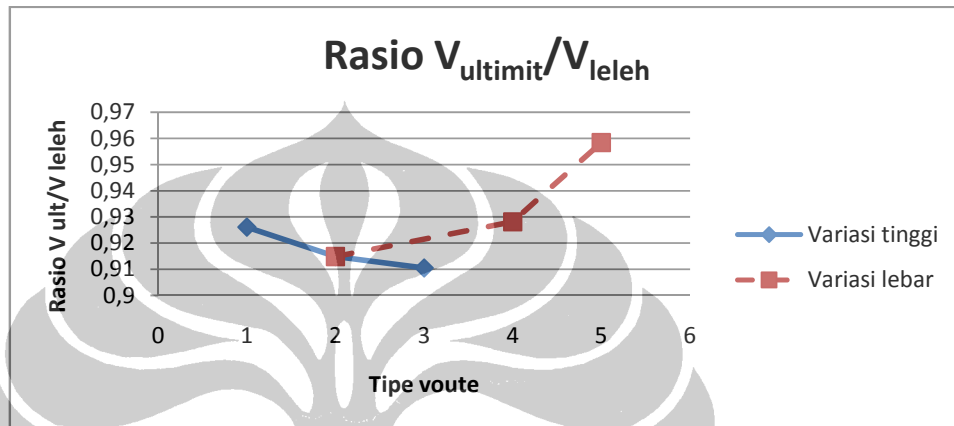
$$Kekuatan\ struktur = V_{leleh}$$

Dalam hal tersebut, untuk dimensi voute yang berbeda memberikan kekuatan yang berbeda pula, dimana kekuatan struktur meningkat akibat penerapan voute, seperti ditunjukkan grafik berikut:



Gambar 4.6 Grafik rasio kekuatan pada join voute interior (gedung 5 lantai)

Hal yang sedikit berbeda diberikan oleh rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh yang diderita oleh elemen struktur, dimana untuk variasi tinggi voute terjadi penurunan, namun pada variasi lebar voute, terjadi peningkatan. Meskipun demikian, nilai ini masih lebih kecil dibandingkan rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada elemen struktur tanpa voute, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



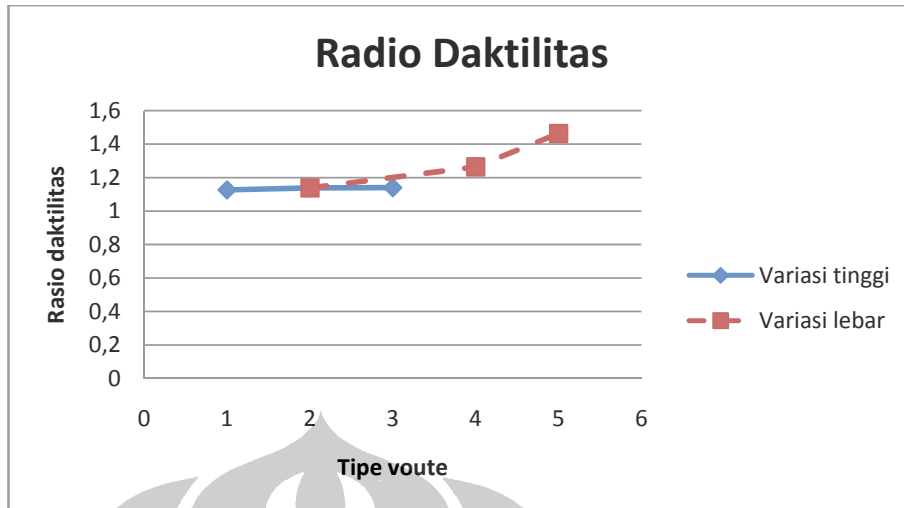
Gambar 4.7 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute interior (gedung 5 lantai)

Daktilitas struktur diperoleh dengan menentukan terlebih dahulu kondisi leleh dan kondisi ultimit dari struktur, seperti telah dijelaskan sebelumnya. Setelah mendapatkan displacement yang terjadi pada kedua kondisi leleh tersebut, daktilitas struktur diperoleh dengan persamaan:

$$Daktilitas (\mu) = \frac{\Delta_{ultimit}}{\Delta_{leleh}}$$

Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan rasio daktilitas akibat variasi dimensi voute pada join balok-kolom interior:





Gambar 4.8 Grafik rasio daktilitas join voute interior (gedung 5 lantai)

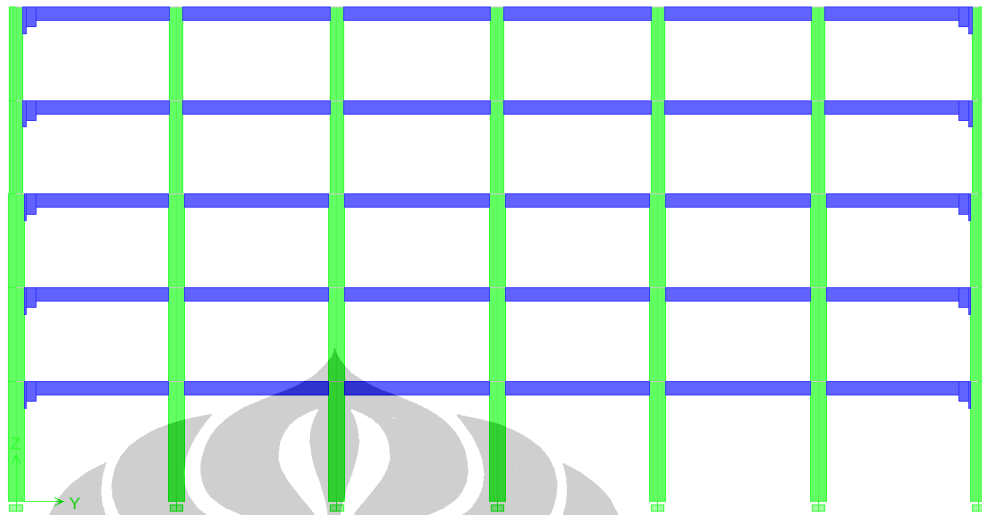
Dalam hal *performance level* struktur, untuk join voute 1,2 dan 3 (variasi tinggi voute), *performance level*-nya adalah CP (*collapse prevention*) dengan jumlah sendi plastis adalah 23. Jumlah ini sedikit menurun dibandingkan elemen struktur tanpa voute, yaitu CP (24 *Hinges*). Sementara untuk join voute 2,4 dan 5 (variasi lebar), *performance level*-nya meningkat, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Performance level elemen struktur dengan join voute interior pada gedung 5 lantai

	Performance Level	Hinges number
model standar	CP	24
join voute1	CP	23
join voute2	CP	23
join voute3	CP	23
join voute4	CP	30
join voute5	CP	37

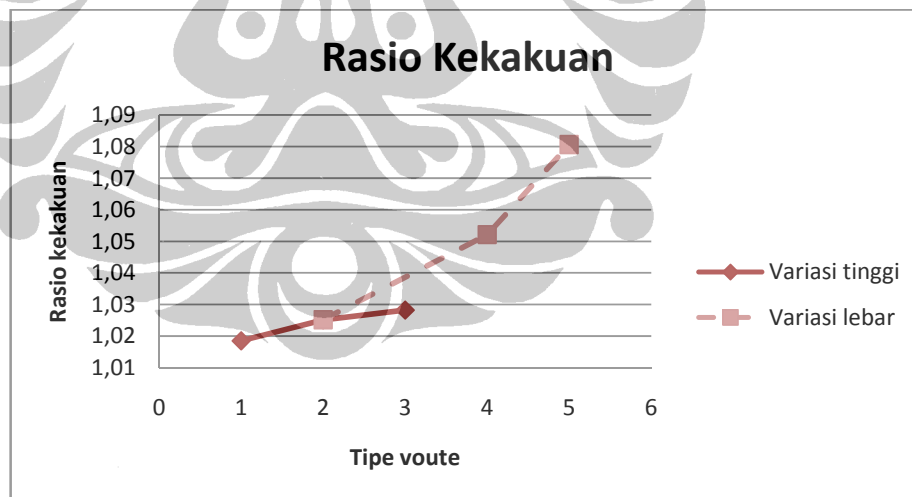
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute interior dapat dilihat pada lampiran 4.02.

#### IV.1.5 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Eksterior



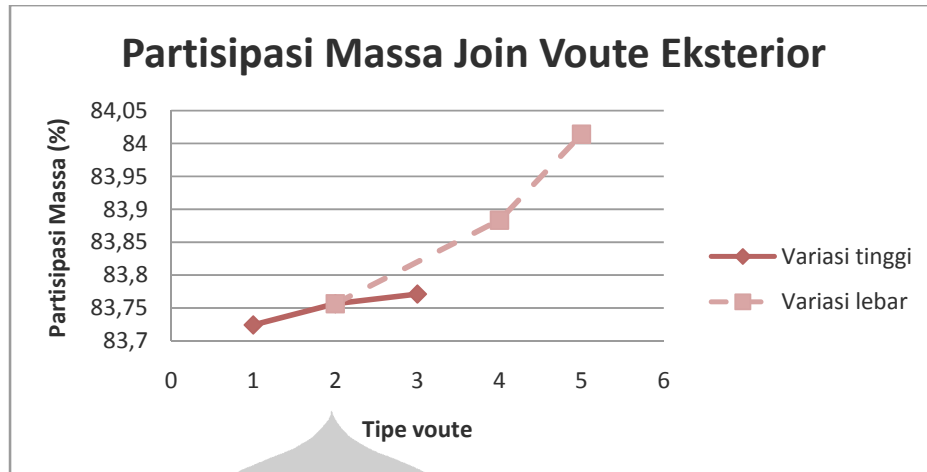
Gambar 4.9 Model struktur gedung 5 lantai dengan join voute eksterior

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior juga menambah kekakuan model struktur, meskipun penambahannya tidak begitu besar. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute eksterior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



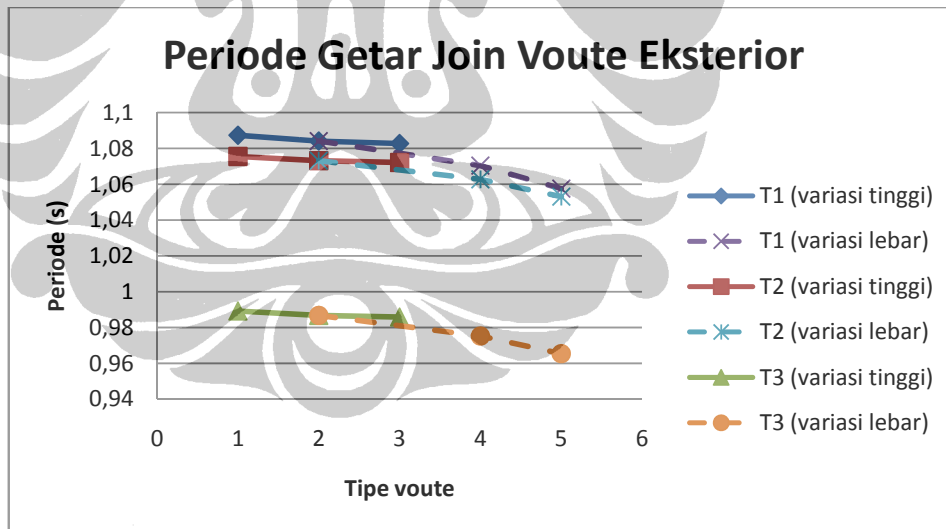
Gambar 4.10 Grafik rasio kekakuan join voute eksterior (gedung 5 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



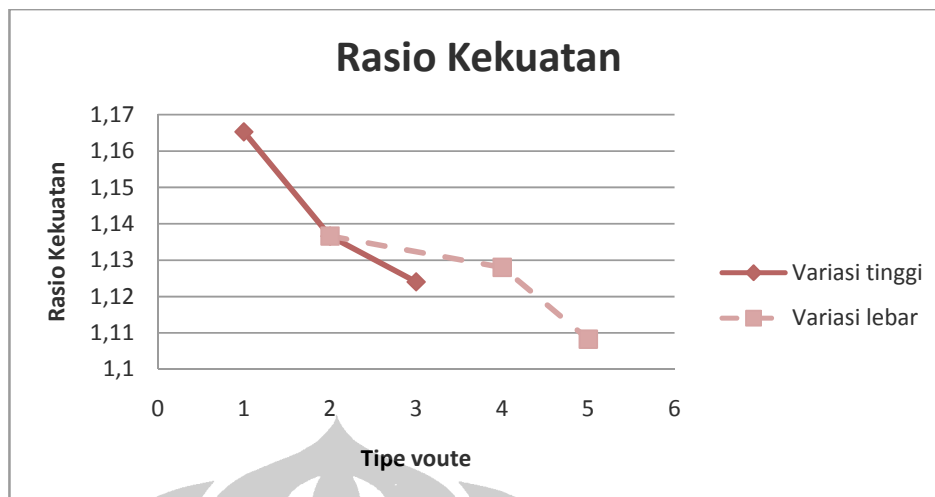
Gambar 4.11 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute eksterior (gedung 5 lantai)

Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Meskipun demikian, penurunan periode yang terjadi sangatlah kecil, apabila dibandingkan dengan periode alami bangunan tanpa voute. Grafik penurunan periode bangunan terhadap dimensi voute ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



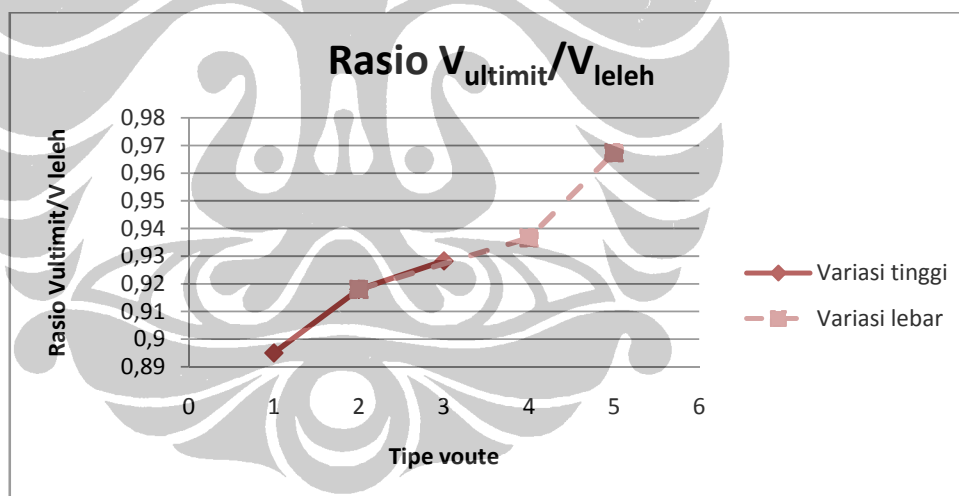
Gambar 4.12 Grafik periode alami bangunan dengan join voute eksterior (gedung 5 lantai)

Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan untuk setiap variasi dimensi join voute, baik variasi tinggi voute maupun variasi lebar voute, untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh grafik berikut:



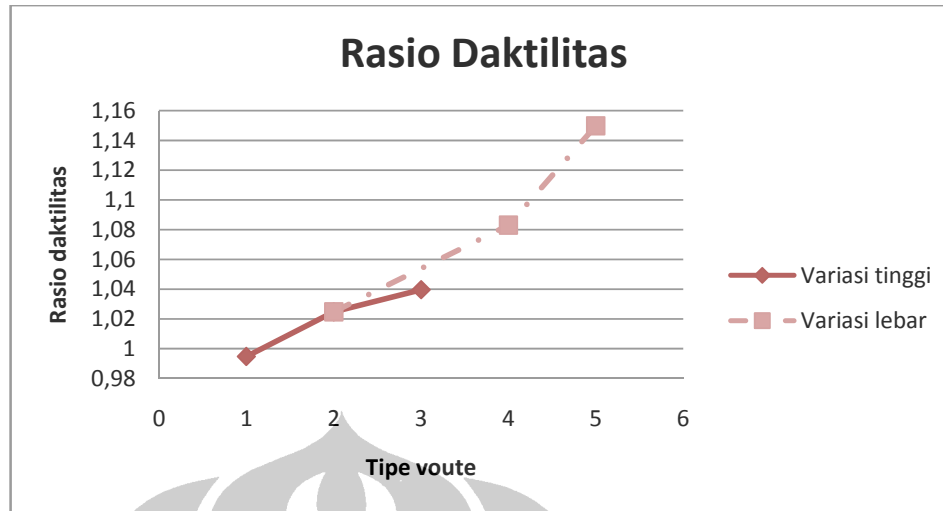
Gambar 4.13 Grafik rasio kekuatan pada join voute eksterior (gedung 5 lantai)

Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan. Meskipun demikian, nilai ini masih lebih kecil dibandingkan rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada elemen struktur tanpa voute, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.14 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute eksterior (gedung 5 lantai)

Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan rasio daktilitas akibat variasi dimensi voute pada join balok-kolom eksterior:



Gambar 4.15 Grafik rasio daktilitas join voute ekterior (gedung 5 lantai)

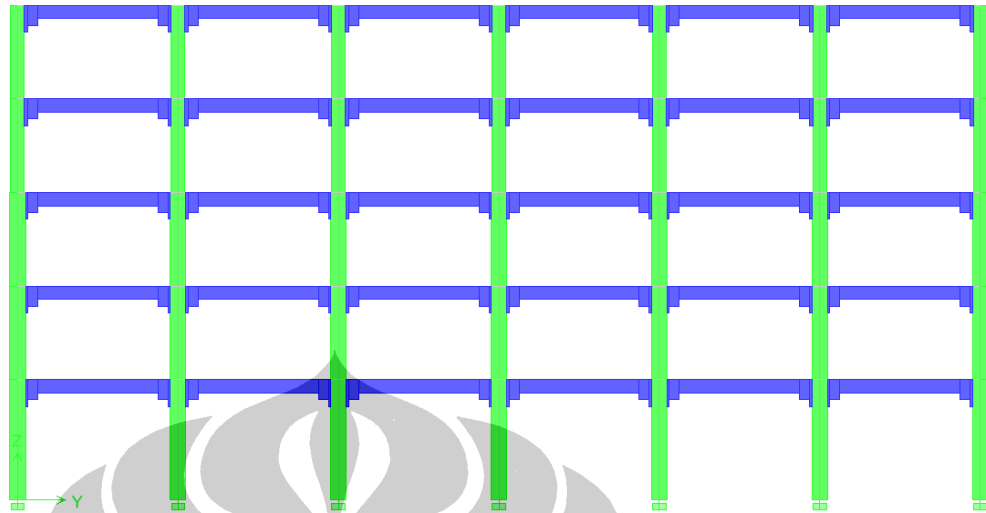
Dalam hal *performance level* struktur, untuk semua variasi join voute, tidak terjadi peningkatan ataupun penurunan, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Performance level elemen struktur dengan join voute ekterior pada gedung 5 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24
join voute1	CP	24
join voute2	CP	24
join voute3	CP	24
join voute4	CP	24
join voute5	CP	24

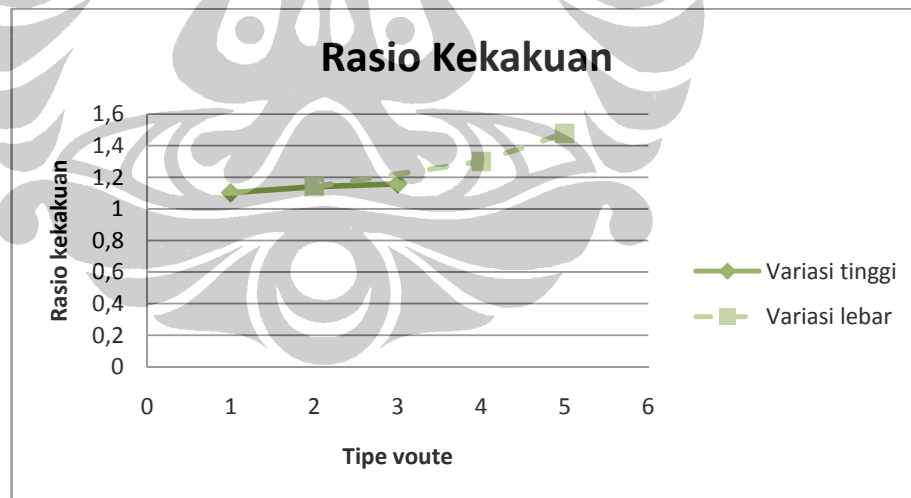
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute ekterior dapat dilihat pada lampiran 4.03.

#### IV.1.6 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Gabungan



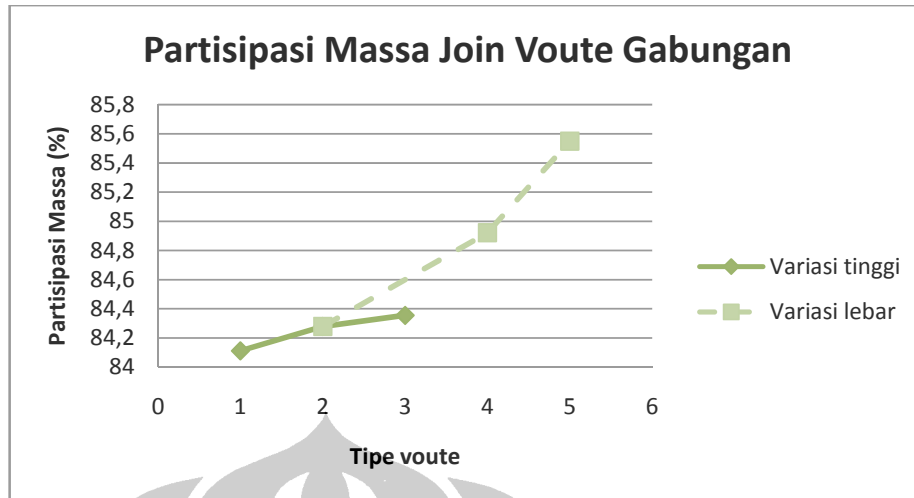
Gambar 4.16 Model struktur gedung 5 lantai dengan join voute gabungan

Penerapan voute pada join balok-kolom interior dan eksterior begitu berpengaruh dalam peningkatan kekakuan model struktur. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute gabungan dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



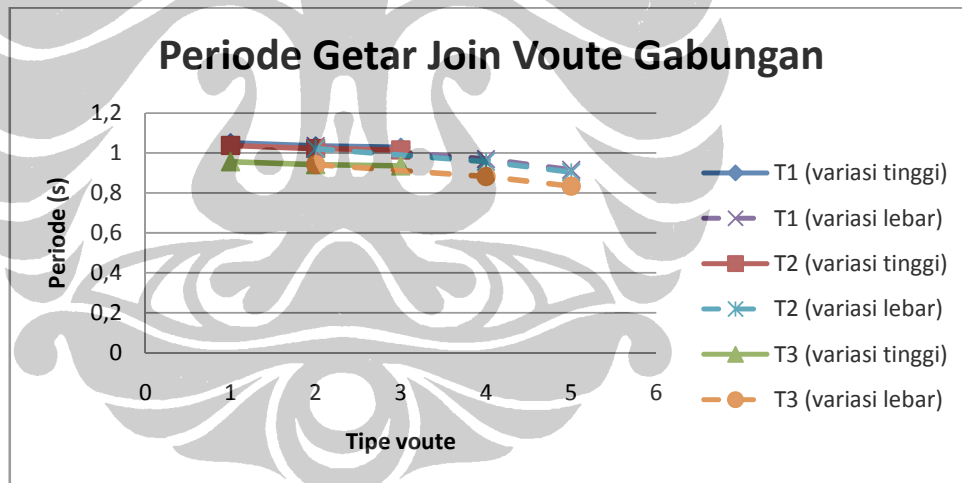
Gambar 4.17 Grafik rasio kekakuan join voute gabungan (gedung 5 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



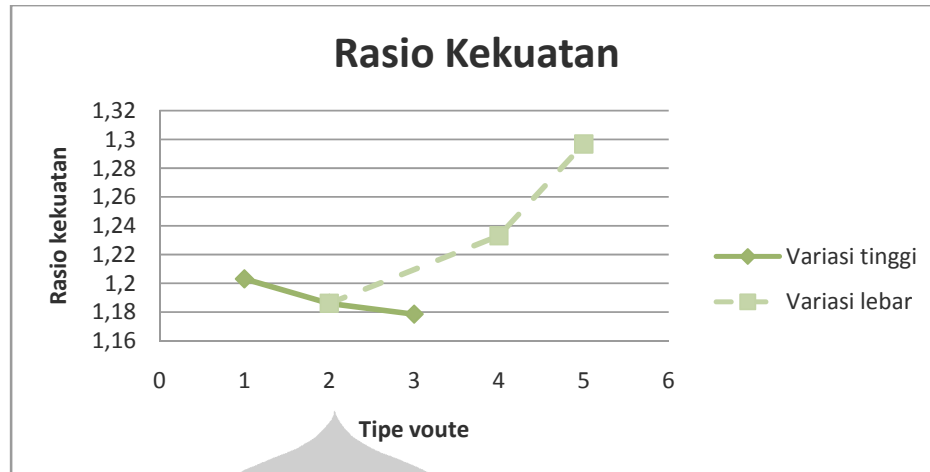
Gambar 4.18 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute gabungan (gedung 5 lantai)

Akibat pemberian voute pada join balok-kolom interior dan eksterior pada model struktur, periode alami bangunan mengalami penurunan dibandingkan periode alami bangunan tanpa voute, yaitu sebagai berikut:

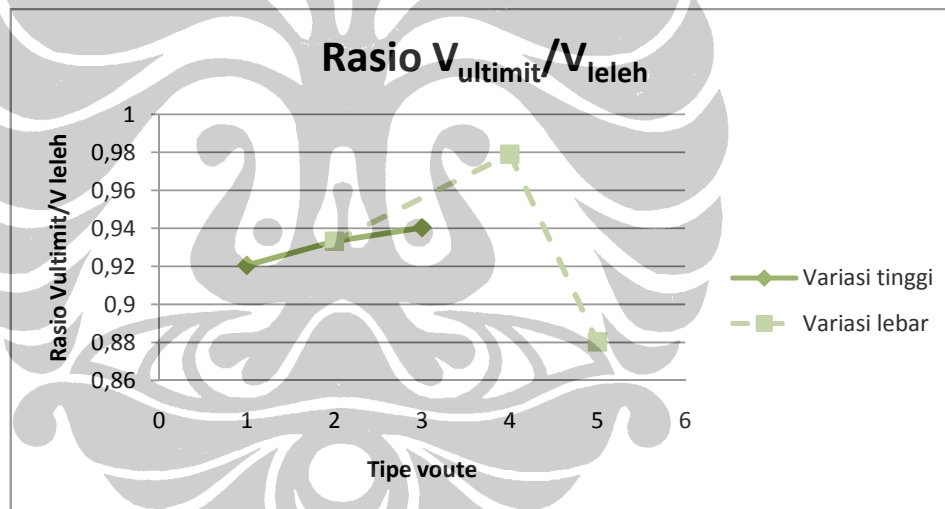


Gambar 4.19 Grafik periode alami bangunan dengan join voute gabungan (gedung 5 lantai)

Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan untuk variasi tinggi voute, yaitu join voute 1, 2 dan 3, sementara untuk variasi lebar voute pada join voute 2, 4 dan 5, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



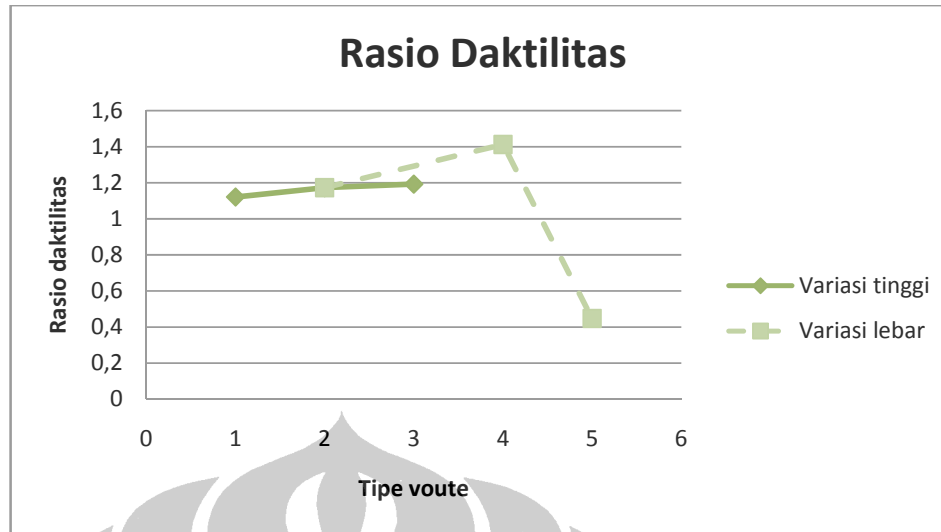
Gambar 4.20 Grafik rasio kekuatan pada join voute gabungan (gedung 5 lantai)  
 Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan. Namun pada join voute 5, terjadi penurunan dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* yang tidak tercapai:



Gambar 4.21 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute gabungan (gedung 5 lantai)

Dalam hal daktilitas dari elemen struktur, pemberian voute pada join balok kolom interior dan eksterior memberikan peningkatan. Namun untuk join voute 5, terjadi penurunan daktilitas struktur. Hal ini dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan oleh grafik di bawah ini:





Gambar 4.22 Grafik rasio daktilitas join voute gabungan (gedung 5 lantai)

Dalam hal *performance level* struktur, untuk variasi tinggi voute yaitu join voute 1,2 dan 3, tidak terjadi peningkatan ataupun penurunan, namun untuk variasi lebar, join voute 4 meningkat dari join voute 2. Sementara pada join voute 5, penurunan *performance level* yang sangat signifikan terjadi, karena kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Performance level elemen struktur dengan join voute gabungan pada gedung 5 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24
join voute1	CP	24
join voute2	CP	24
join voute3	CP	24
join voute4	CP	36
join voute5	LS	3

Untuk lebih memahami penjelasan diatas, data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk join voute gabungan dapat dilihat pada lampiran 4.04.

## IV.2 MODEL STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

### IV.2.1 Analisa Beban Gempa

Dengan melakukan analisa model struktur gedung 7 lantai dengan ETABSv9.0.7, diperoleh periode alami bangunan sebagai berikut:

Tabel 4.10 Periode alami bangunan gedung 7 lantai

Mode	Period	UX	UY	UZ
1	1,459703	0	78,931	0
2	1,439413	79,0486	0	0
3	1,323142	0	0	0

Dari tabel diatas, diketahui bahwa untuk pola ragam getar (mode shape) 1, periodenya adalah 1,45973 detik dengan arah utama Y. Sementara untuk pola ragam getar 2, periodenya adalah 1,439413 dengan arah utama X. Dari data – data tersebut, maka perhitungan beban gempa secara statik ekuivalen dapat dilakukan:

Tabel 4.11 Perhitungan beban gempa statik ekuivalen untuk gedung 7 lantai

FLOOR	Elevation (hi)	DIAPHRAM	Cumulative Mass (kg)	Mass / Floor (kg)	Weight / Floor (kgf)	W <sub>i</sub> x h <sub>i</sub> (D1 Diaphragm) (kgf-m)	Fix (Static) (kgf)	F <sub>y</sub> (Static) (kgf)
	(m)							
7FL	25,50000	D1	108538,24530	108538,2453	1064780,18839	27151384,75302	114446,43932	112855,82378
6FL	22,00000	D1	123378,88620	123378,8862	1210325,08661	26627151,88348	112238,73305	110878,83259
5FL	18,50000	D1	123378,88620	123378,8862	1210325,08661	22391014,08382	94380,88915	93088,98850
4FL	15,00000	D1	249920,30210	125943,8389	1235507,07798	18832808,18984	78117,22337	77031,38710
3FL	11,50000	D1	378236,15820	128314,8581	1264854,73834	14543529,49092	81302,77281	80480,85888
2FL	8,00000	D1	510257,20780	132022,0484	1295136,30481	10361090,43891	43873,27558	43088,21319
1FL	4,50000	D1	649572,24980	139315,042	1368880,66202	6150082,52909	25923,27298	25582,93718
					8647389,04058	126758839,34707	530080,60601	522712,43900

Dengan melakukan analisa respon dinamik terhadap model struktur, maka diperoleh gaya geser dasar dinamik (V):

Tabel 4.12 Pengecekan rasio gaya geser dasar dinamik - statik

Rasio V <sub>dynamik</sub> / V <sub>statik</sub>	V <sub>dyn</sub>	V <sub>sta</sub>	Rasio
y	425932,12	522712,43900	0,81485 ok
x	431755,74	530080,60601	0,81451 ok

Dari tabel 4.12 diatas dapat disimpulkan bahwa gaya geser dinamik memenuhi persyaratan, sehingga beban gempa dinamik dapat digunakan dalam analisa struktur. Untuk pengecekan terhadap eksentrisitas bangunan dan drift dapat dilihat pada lampiran 4.05

## IV.2.2 Analisa Penulangan Balok Dan Kolom

Berdasarkan perencanaan tulangan menggunakan ETABSv9.0.7, maka diperoleh detail penulangan untuk balok dan kolom sebagai berikut:

### 1. Detail penulangan balok

- Balok A
  - Lokasi = lantai 1,2,3 dan 4
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 1416,925 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 1,147%
  - As bottom = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
- Balok B
  - Lokasi = lantai 5 dan 6
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 1133,54 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,918%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%
- Balok C
  - Lokasi = lantai 7
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%

### 2. Detail penulangan kolom

- Kolom 70x70
  - Lokasi = lantai 1 dan 2
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 12

- As = 7385,28 mm<sup>2</sup>
- Rasio = 1,5072%
- Kolom 60x60
  - Lokasi = lantai 3 dan 4
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 12
  - As = 7385,28 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 2,052%
- Kolom 50x50
  - Lokasi = lantai 5, 6 dan 7
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 12
  - As = 7385,28 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 2,954%

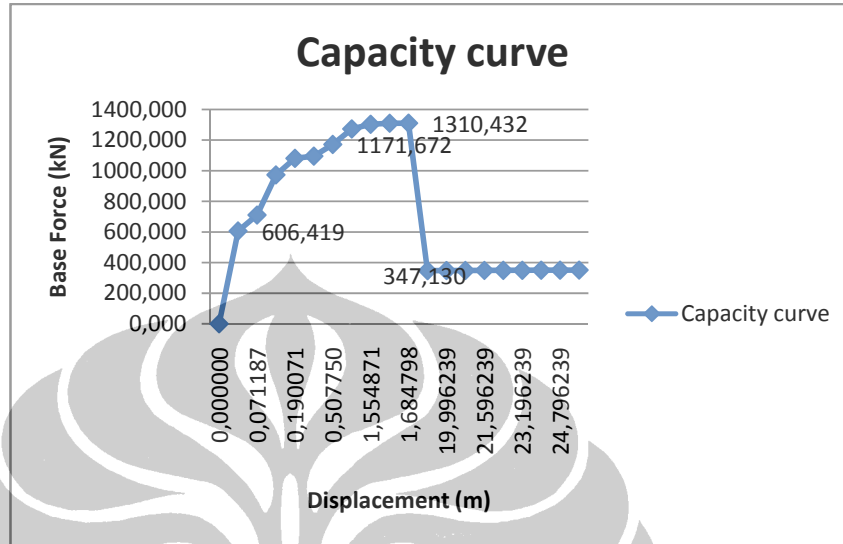
#### IV.2.3 Analisa Push Over Pada Elemen Struktur

Analisa push – over dilakukan untuk memperoleh kurva kapasitas struktur gedung terhadap beban gempa rencana. Elemen struktur yang ditinjau merupakan portal A-A 2D, seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya. Beban gempa tingkat yang diberikan pada elemen struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Beban gempa tingkat pada portal tinjauan pada gedung 7 lantai

Fiy (dynamic) (kgf)	fiy per portal	dalam kN
101627,67000	11291,96333	112,91963
90371,74000	10041,30444	100,41304
72754,98000	8083,88667	80,83887
58927,41000	6547,49000	65,47490
48092,06000	5343,56222	53,43562
34864,70000	3873,85556	38,73856
19293,56000	2143,72889	21,43729

Dengan melakukan analisa push-over menggunakan SAP2000v11, diperoleh grafik yang menunjukkan kapasitas elemen struktur gedung serta tabel yang menunjukkan peristiwa pembentukan sendi plastis pada komponen struktur:



Gambar 4.23 Grafik kurva kapasitas gedung 7 lantai

Tabel 4.14 Pembentukan sendi plastis pada portal tinjauan pada gedung 7 lantai

TABLE: Pushover Curve - push											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPToC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	KN									
0	0,000000	0,000	182	0	0	0	0	0	0	0	182
1	0,057682	606,419	181	1	0	0	0	0	0	0	182
2	0,071187	710,212	157	25	0	0	0	0	0	0	182
3	0,132578	972,600	128	30	24	0	0	0	0	0	182
4	0,190071	1080,914	110	36	16	20	0	0	0	0	182
5	0,205991	1095,103	109	37	12	22	2	0	0	0	182
6	0,507750	1171,672	91	24	1	23	43	0	0	0	182
7	1,307750	1273,067	91	7	0	0	84	0	0	0	182
8	1,554871	1303,312	91	7	0	0	60	24	0	0	182
9	1,668637	1310,249	91	7	0	0	41	43	0	0	182
10	1,684798	1310,432	91	7	0	0	36	48	0	0	182
11	19,196239	347,130	91	7	0	0	0	0	0	84	182
12	19,996239	347,573	91	7	0	0	0	0	0	84	182
13	20,796239	348,015	91	7	0	0	0	0	0	84	182
14	21,596239	348,457	91	7	0	0	0	0	0	84	182
15	22,396239	348,899	91	7	0	0	0	0	0	84	182
16	23,196239	349,341	91	7	0	0	0	0	0	84	182
17	23,996239	349,783	91	7	0	0	0	0	0	84	182
18	24,796239	350,225	91	7	0	0	0	0	0	84	182
19	25,511361	350,620	91	7	0	0	0	0	0	84	182

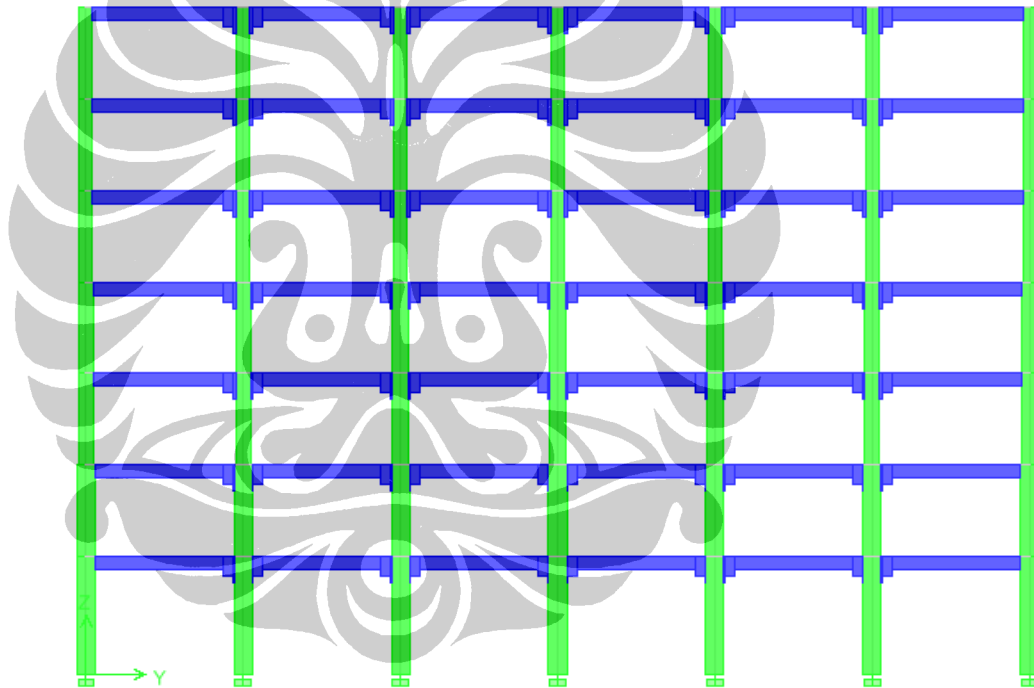
Berdasarkan tabel 4.14 diatas, dapat ditentukan bahwa kondisi leleh terjadi pada *step 1* dengan displacement yang terjadi sebesar **0,057682 m** dan gaya geser dasar sebesar **606,419 kN**, sementara kondisi ultimit terjadi pada *step 6* dengan displacement sebesar **0,50775 m** dan gaya geser dasar sebesar

1171,672 kN, sehingga diperoleh tabel yang menunjukkan *seismic performance level* dari struktur sebagai berikut:

Tabel 4.15 Performance level elemen struktur untuk gedung 7 lantai

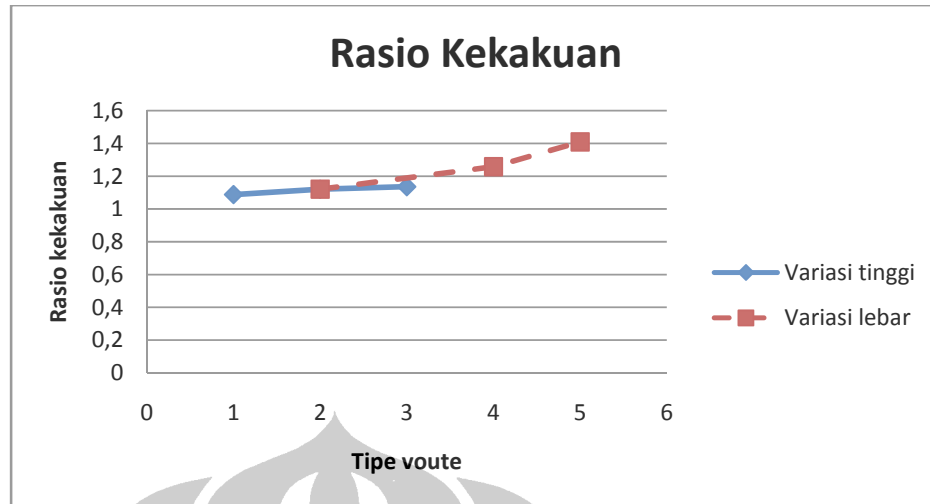
daktilitas bangunan	8,802572726	
daktilitas rencana	5,3125	
syarat daktilitas	memenuhi	
kekakuan bangunan	10513,14101	kN/m
kekuatan	606,419	kN
gaya maks/gaya leleh	1,932116243	
level performance	CP (43 HINGES)	

#### IV.2.4 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Interior



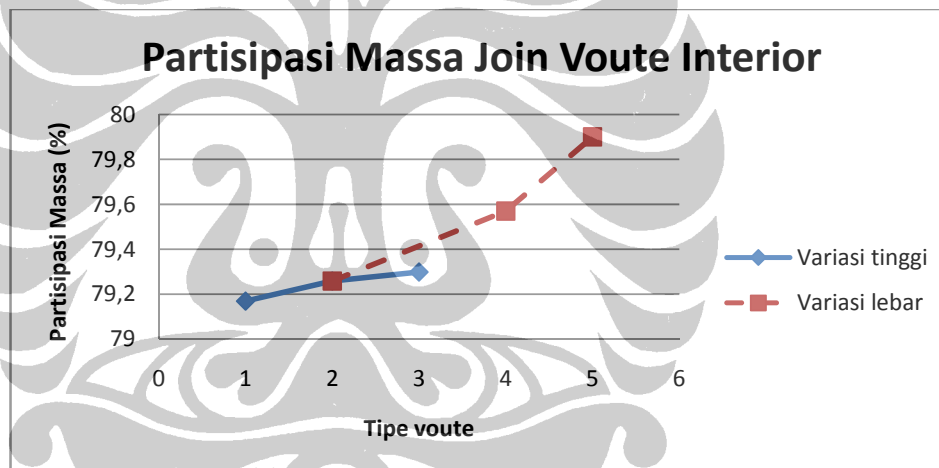
Gambar 4.24 Model struktur gedung 7 lantai dengan join voute interior

Penerapan voute pada join balok-kolom interior menambah kekakuan model struktur. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute interior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



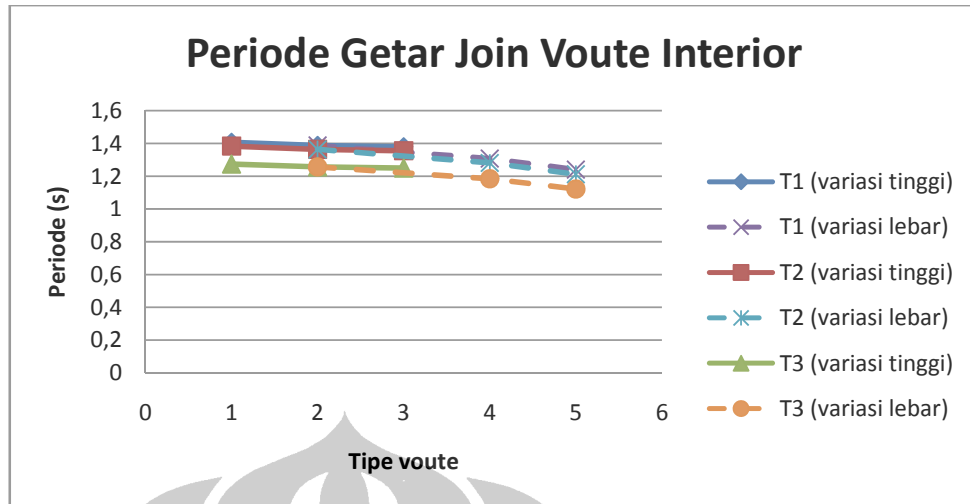
Gambar 4.25 Grafik rasio kekakuan join voute interior (gedung 7 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:

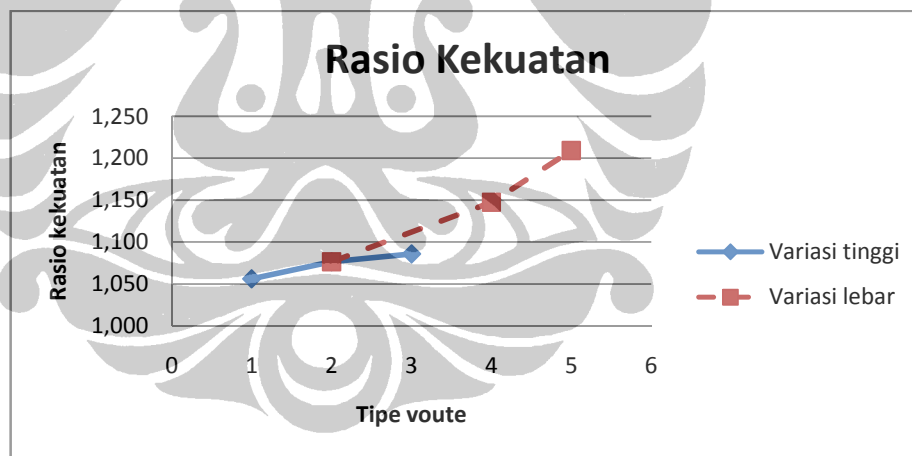


Gambar 4.26 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute interior (gedung 7 lantai)

Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin kaku bangunan maka semakin kecil pula periode bangunan tersebut, seperti ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:

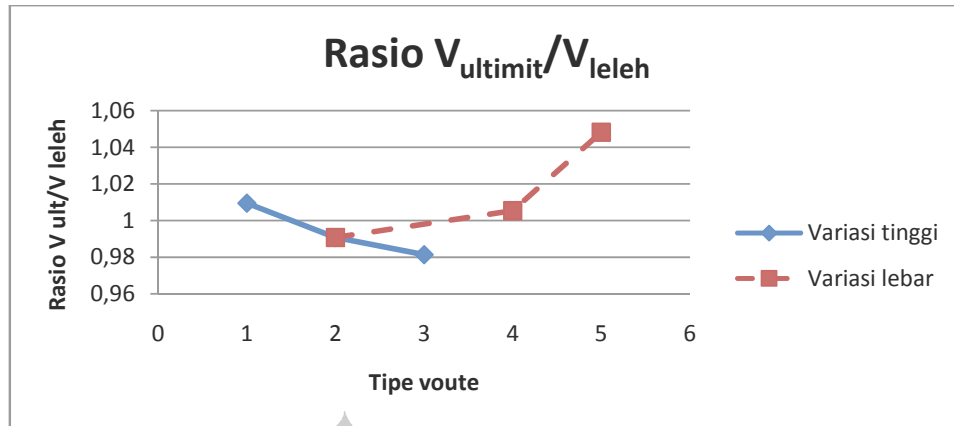


Gambar 4.27 Grafik periode getar bangunan dengan join voute interior (gedung 7 lantai) Kekuatan struktur dalam menahan beban gempa dinyatakan dengan besarnya gaya geser dasar yang diterima ketika kelelahan pertama terjadi. Dalam hal tersebut, untuk dimensi voute yang berbeda memberikan kekuatan yang berbeda pula, dimana kekuatan struktur meningkat akibat penerapan voute, seperti ditunjukkan grafik berikut:



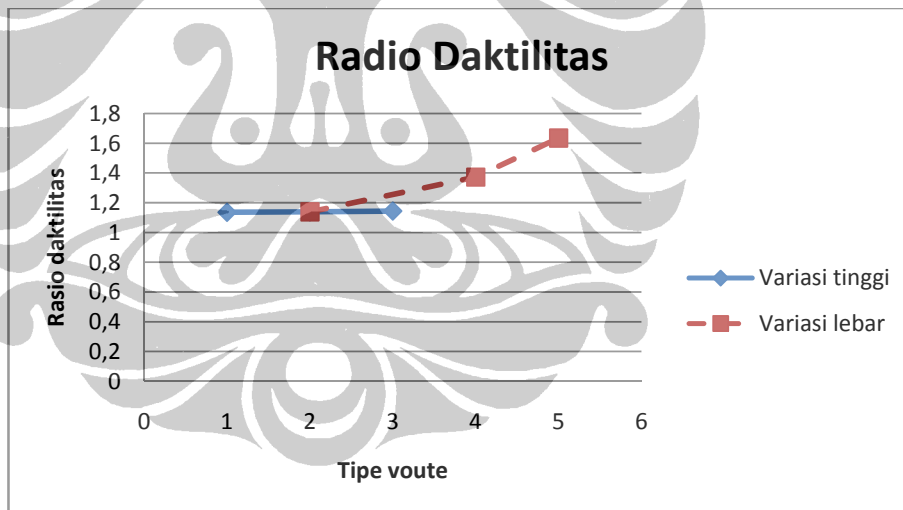
Gambar 4.28 Grafik rasio kekuatan pada join voute interior (gedung 7 lantai) Hal yang sedikit berbeda diberikan oleh rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh yang diderita oleh elemen struktur, dimana untuk variasi tinggi voute terjadi penurunan, namun pada variasi lebar voute, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:





Gambar 4.29 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute interior (gedung 7 lantai)

Daktilitas struktur diperoleh dengan menentukan terlebih dahulu kondisi leleh dan kondisi ultimit dari struktur, seperti telah dijelaskan sebelumnya. Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan rasio daktilitas akibat variasi dimensi lebar voute pada join balok-kolom interior:



Gambar 4.30 Grafik rasio daktilitas join voute interior (gedung 7 lantai)

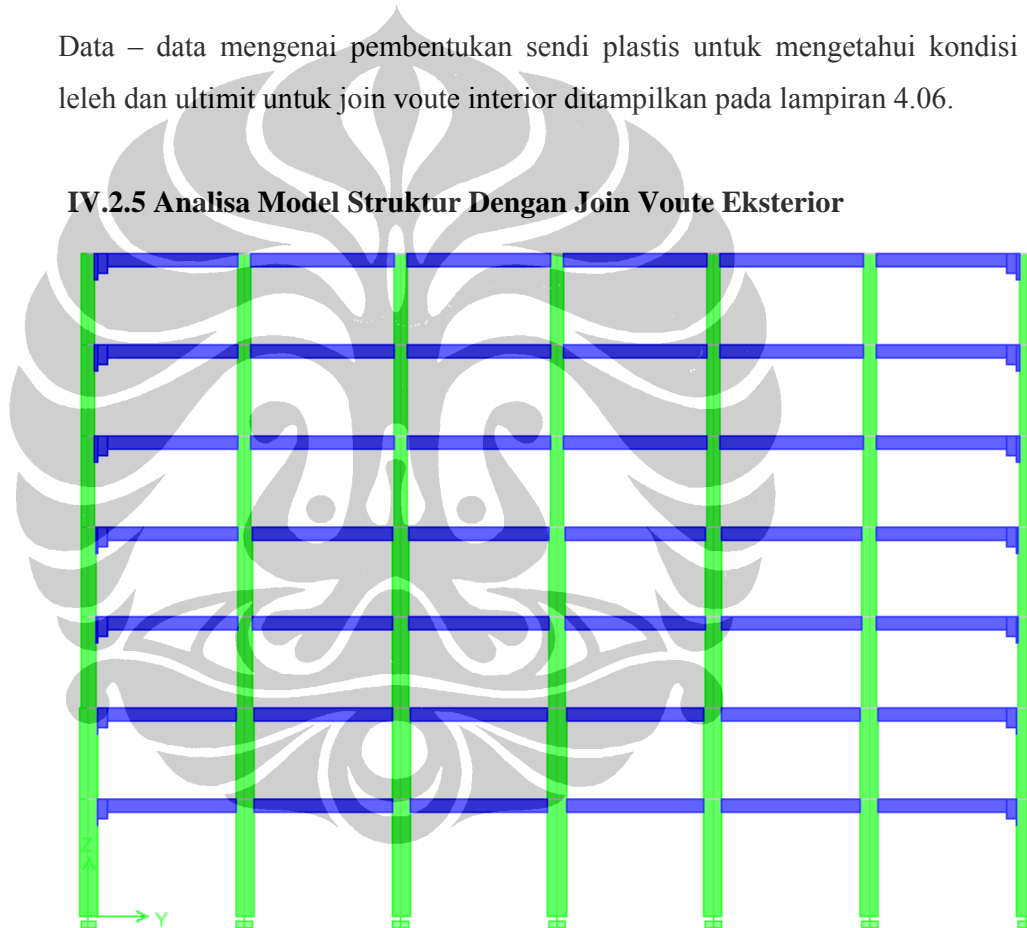
Dalam hal *performance level* struktur, untuk join voute 1,2 dan 3, *performance level*-nya adalah CP (*collapse prevention*) dengan jumlah sendi plastis adalah 60. Jumlah ini meningkat dibandingkan elemen struktur tanpa voute, yaitu CP (43 *Hinges*). Sementara untuk join voute 2,4 dan 5, *performance level*-nya meningkat meski jumlah sendi plastis yang terjadi sama untuk kedua tipe voute tersebut:

Tabel 4.16 Performance level elemen struktur dengan join voute interior pada gedung 7 lantai

	Performance Level	Hinges
Model standar	CP	43
join voute1	CP	60
join voute2	CP	60
join voute3	CP	60
join voute4	CP	66
join voute5	CP	66

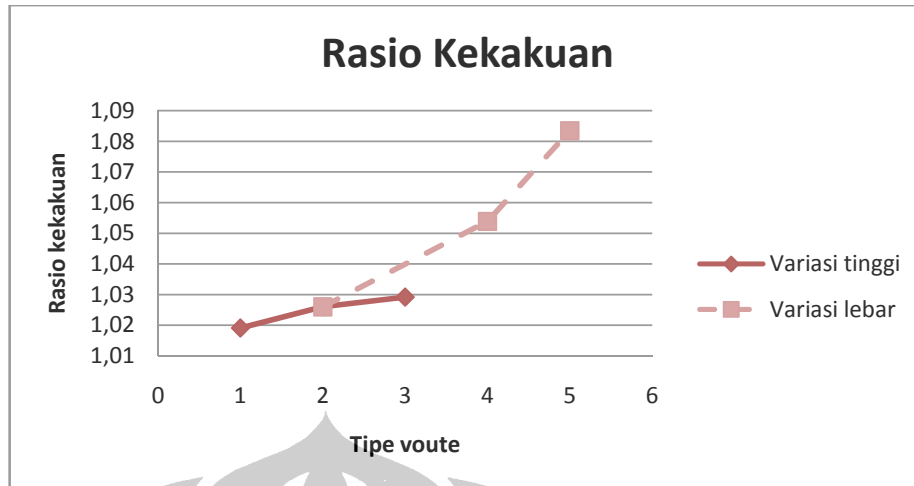
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute interior ditampilkan pada lampiran 4.06.

#### IV.2.5 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Eksterior



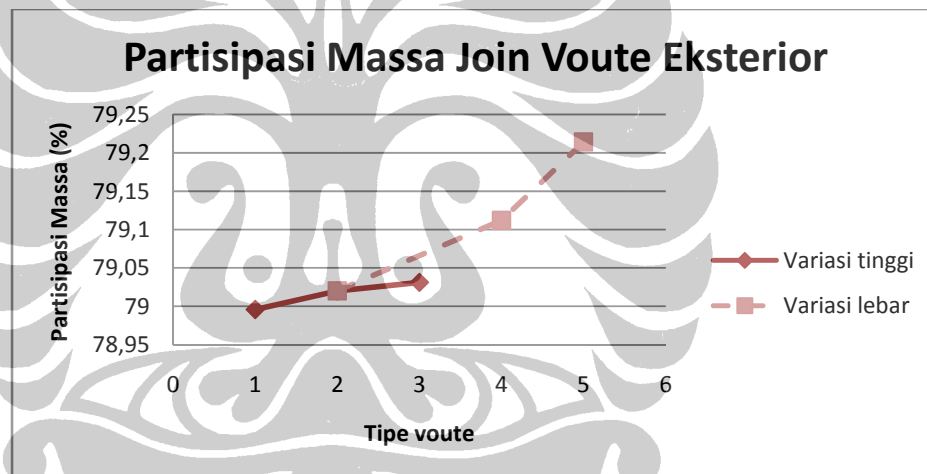
Gambar 4.31 Model struktur gedung 7 lantai dengan join voute eksterior

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior juga menambah kekakuan model struktur, meskipun penambahannya tidak begitu besar. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute eksterior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



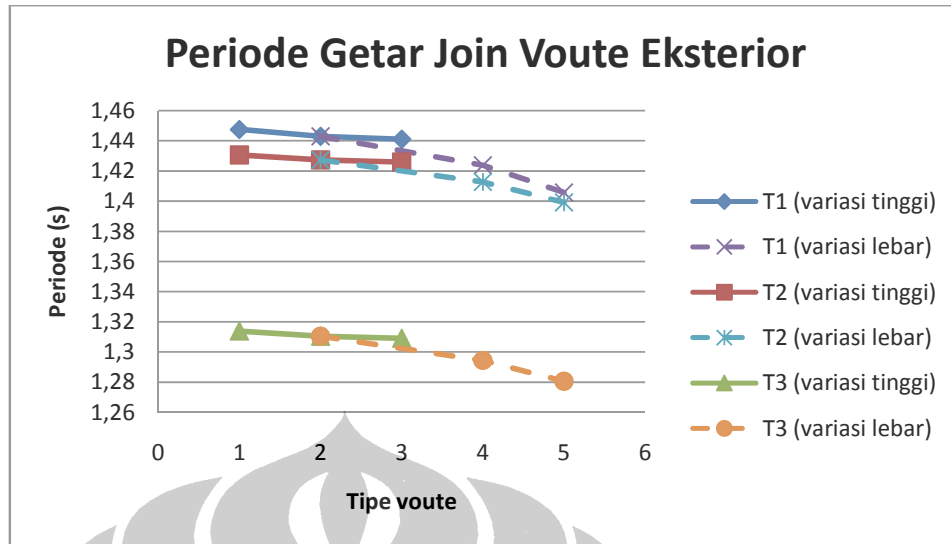
Gambar 4.32 Grafik rasio kekakuan join voute eksterior (gedung 7 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



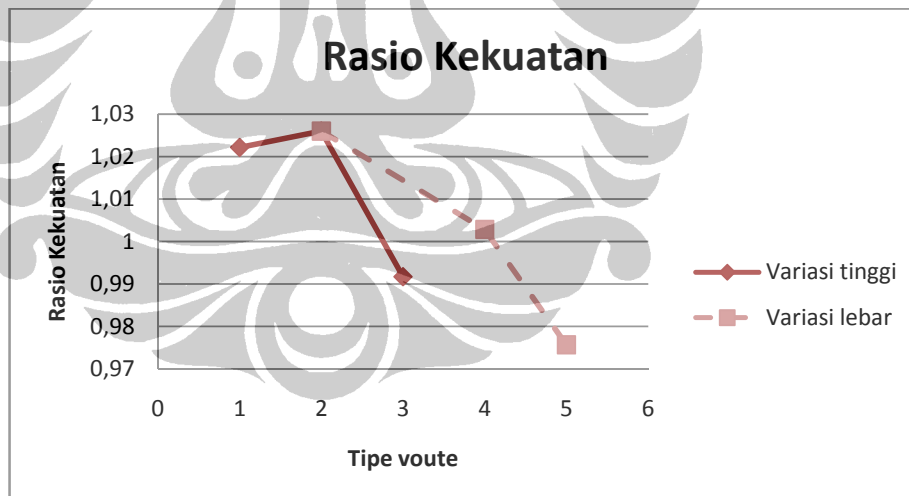
Gambar 4.33 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute eksterior (gedung 7 lantai)

Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Meskipun demikian, penurunan periode yang terjadi sangatlah kecil, apabila dibandingkan dengan periode alami bangunan tanpa voute. Grafik penurunan periode bangunan terhadap dimensi voute ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



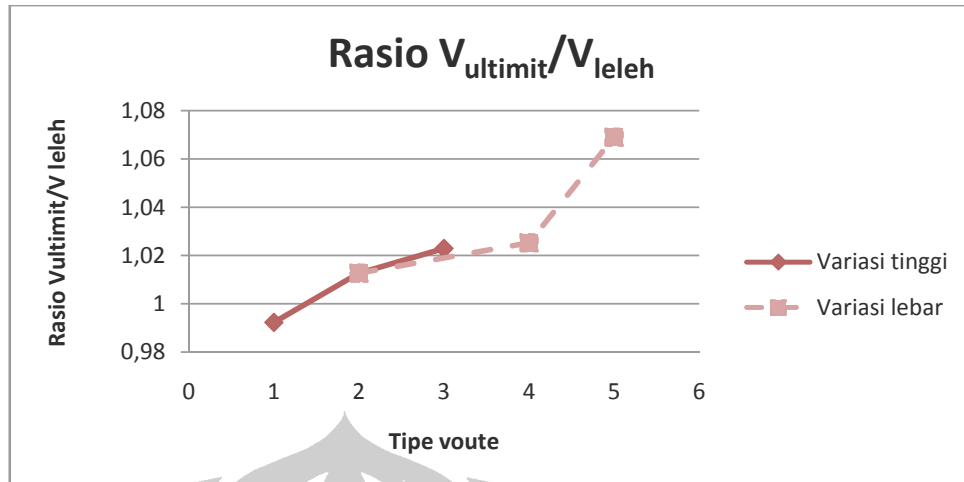
Gambar 4.34 Grafik periode alami bangunan dengan join voute eksterior (gedung 7 lantai)

Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan pada beberapa variasi dimensi join voute, kecuali pada join voute 2 meningkat sedikit dari join voute 1 dan untuk variasi lebar voute, penurunan kekuatan terjadi untuk semua variasi lebar voute. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh grafik berikut:



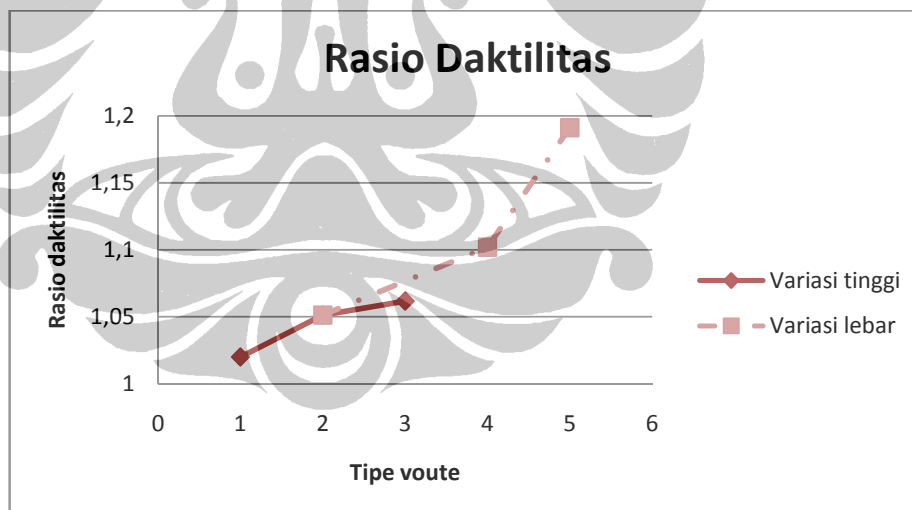
Gambar 4.35 Grafik rasio kekuatan pada join voute eksterior (gedung 7 lantai)

Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.36 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada joint voute eksterior (gedung 7 lantai)

Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan rasio daktilitas akibat variasi dimensi voute pada joint balok-kolom eksterior, dimana kurva peningkatan mencapai kemiringan yang besar untuk variasi lebar voute yaitu joint voute 2,4 dan 5, yang merupakan variasi lebar voute terhadap tinggi voute yang tetap:



Gambar 4.37 Grafik rasio daktilitas joint voute eksterior (gedung 7 lantai)

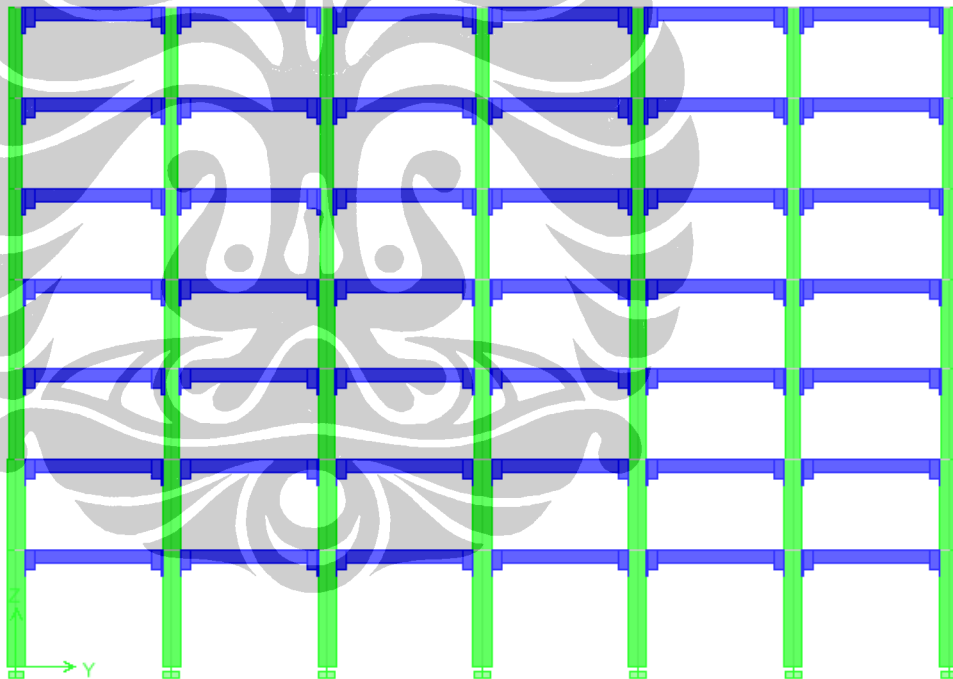
Dalam hal *performance level* struktur, untuk semua variasi joint voute, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.17 Performance level elemen struktur dengan join voute eksterior pada gedung 7 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	43
join voute1	CP	50
join voute2	CP	51
join voute3	CP	52
join voute4	CP	53
join voute5	CP	58

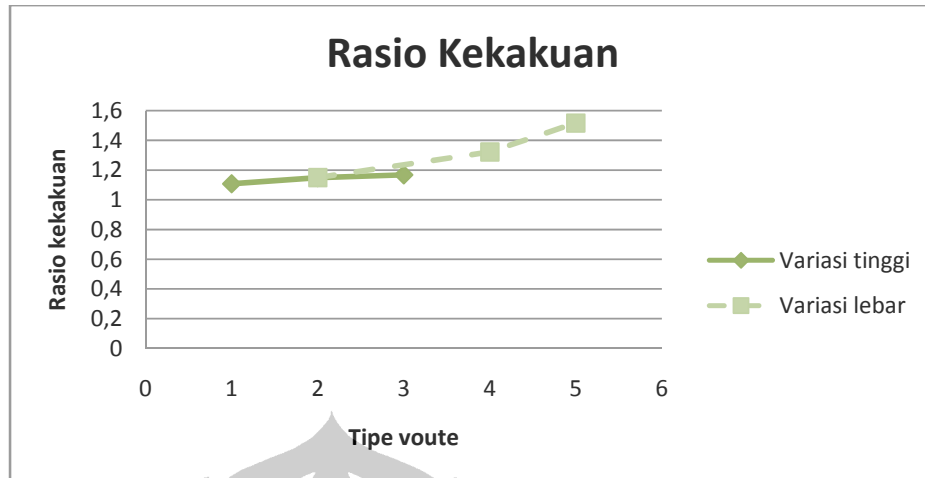
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute eksterior dapat dilihat pada lampiran 4.07.

#### IV.2.6 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Gabungan



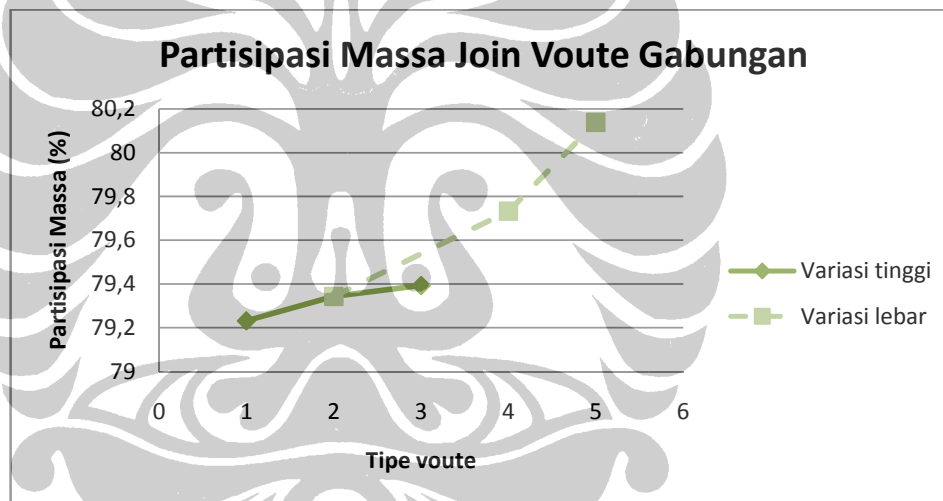
Gambar 4.38 Model struktur gedung 7 lantai dengan join voute gabungan

Penerapan voute pada join balok-kolom interior dan eksterior begitu berpengaruh dalam peningkatan kekakuan model struktur. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute gabungan dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



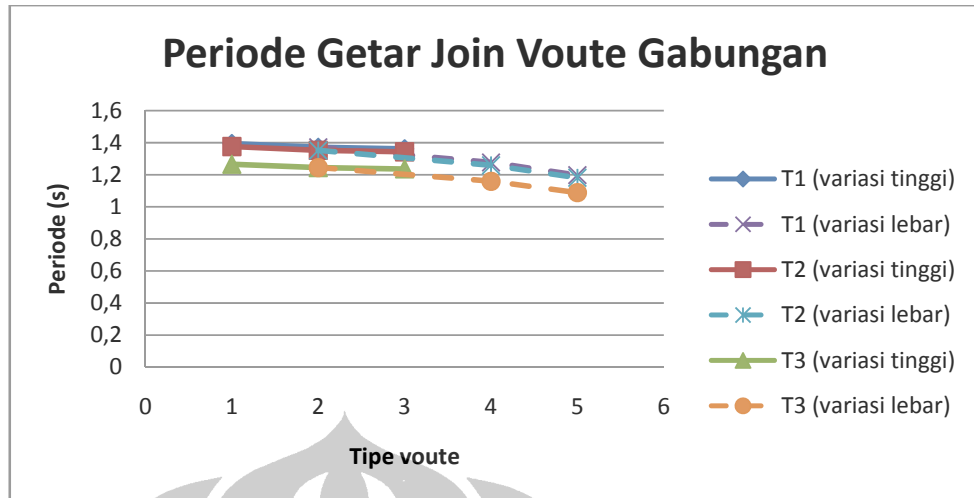
Gambar 4.39 Grafik rasio kekakuan join voute gabungan (gedung 7 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



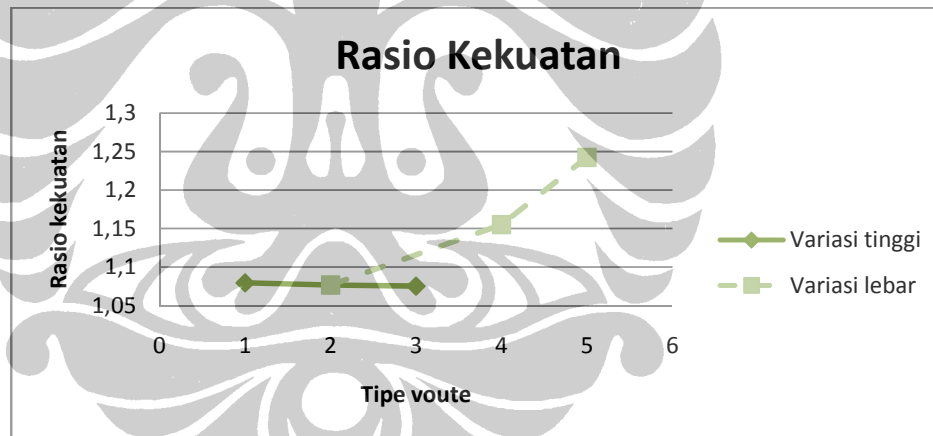
Gambar 4.40 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute gabungan (gedung 7 lantai)

Akibat pemberian voute pada join balok-kolom interior dan eksterior pada model struktur, periode alami bangunan mengalami penurunan dibandingkan periode alami bangunan tanpa voute, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.41 Grafik periode alami bangunan dengan join voute gabungan (gedung 7 lantai)

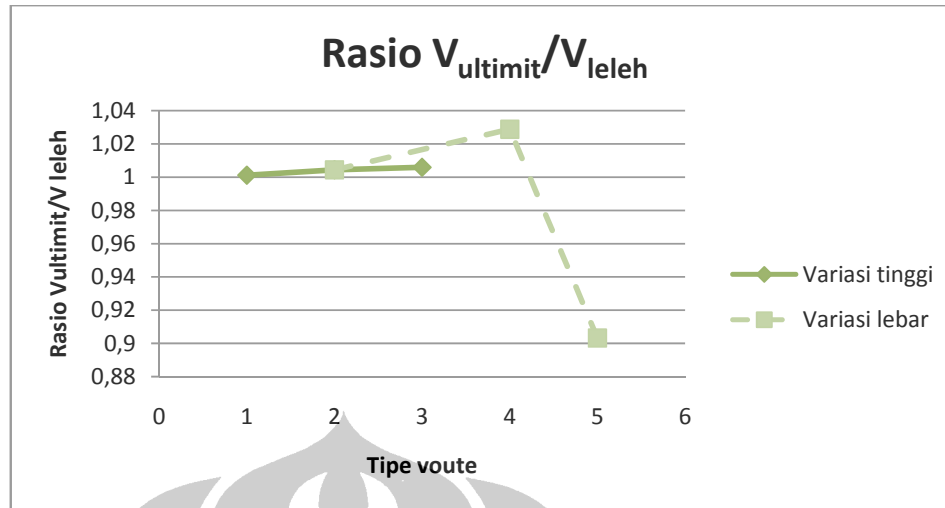
Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan untuk variasi tinggi voute, yaitu join voute 1, 2 dan 3, sementara pada variasi lebar voute, join voute 2, 4 dan 5, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.42 Grafik rasio kekuatan pada join voute gabungan (gedung 7 lantai)

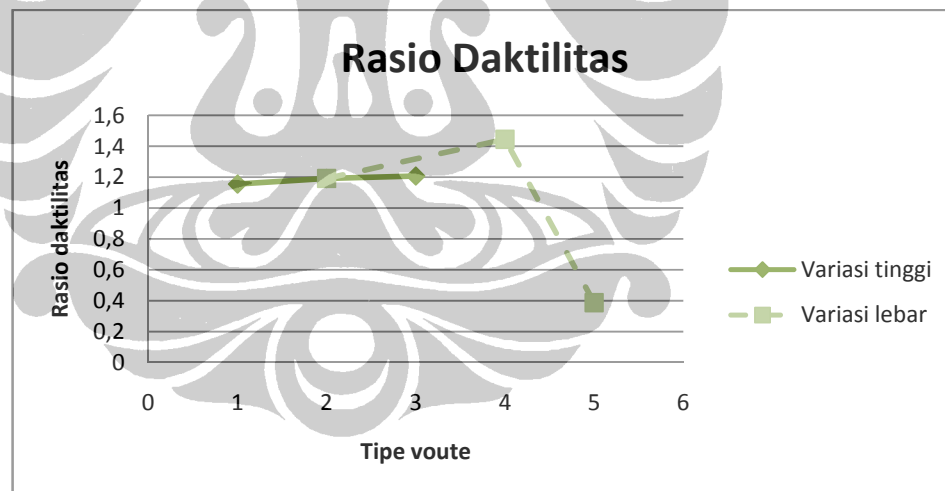
Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan. Namun pada join voute 5, terjadi penurunan dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* yang tidak tercapai:





Gambar 4.43 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute gabungan (gedung 7 lantai)

Dalam hal daktilitas dari elemen struktur, pemberian voute pada join balok kolom interior dan eksterior memberikan peningkatan. Namun untuk join voute 5, terjadi penurunan daktilitas struktur. Hal ini dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan oleh grafik di bawah ini:



Gambar 4.44 Grafik rasio daktilitas join voute gabungan (gedung 7 lantai)

Dalam hal *performance level* struktur, untuk variasi join voute 1, performa struktur meningkat dibandingkan model struktur tanpa voute. Sementara untuk variasi tinggi voute dengan lebar voute tetap (join voute 2 dan 3), performa struktur yang dicapai sama dengan join voute 1. Sementara untuk variasi lebar voute pada join voute 2 dan 4, performa struktur kembali meningkat. Pada join voute 5, penurunan *performance level* yang sangat signifikan terjadi, karena

kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Performance level elemen struktur dengan join voute gabungan pada gedung 7 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	43
join voute1	CP	62
join voute2	CP	62
join voute3	CP	62
join voute4	CP	66
join voute5	CP	6

Untuk lebih memahami penjelasan diatas, data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk join voute gabungan dapat dilihat pada lampiran 4.08.

### IV.3 MODEL STRUKTUR GEDUNG 9 LANTAI

#### IV.3.1 Analisa Beban Gempa

Dengan melakukan analisa model struktur gedung 9 lantai dengan ETABSv9.0.7, diperoleh periode alami bangunan sebagai berikut:

Tabel 4.19 Periode alami bangunan gedung 9 lantai

Mode	Period	UX	UY	UZ
1	1,80373	0	76,356	0
2	1,777493	76,4788	0	0
3	1,629169	0	0	0

Dari tabel diatas, diketahui bahwa untuk pola ragam getar (mode shape) 1, periodenya adalah 1,80373 detik dengan arah utama Y. Sementara untuk pola ragam getar 2, periodenya adalah 1,777493 dengan arah utama X. Untuk bangunan gedung 9 lantai, perlu dilakukan pembatasan periode getar<sup>(7)</sup> agar penggunaan struktur gedung tidak terlalu fleksibel. Pembatasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$T_{\text{batas}} = 0,18.(9) = 1,62 \text{ detik}$$

Karena periode alami bangunan melampaui  $T_{\text{batas}}$ , maka periode yang digunakan untuk analisa beban gempa secara statik ekuivalen adalah  $T_{\text{batas}}$ ,

yaitu 1,62 detik. Berikut adalah hasil perhitungan beban gempa secara statik ekuivalen:

Tabel 4.20 Perhitungan beban gempa statik ekuivalen untuk gedung 9 lantai

FLOOR	Elevation (hi)	DIAPHRAM	Cumulative Mass (kg)	Mass / Floor (kg)	Weight / Floor (kgf)	Wi x hi (D1 Diaphragm) (kgf-m)	Fix (Static) (kgf)	Fiy (Static) (kgf)
	(m)							
9FL	32,50000	D1	108538,24530	108538,2453	1084760,18639	34804708,05777	105948,45255	105948,45255
8FL	29,00000	D1	231914,91050	123376,8852	1210325,08561	35099427,48275	107481,10145	107481,10145
7FL	25,50000	D1	355291,57570	123376,8852	1210325,08561	30883289,68311	94491,85817	94491,85817
6FL	22,00000	D1	481235,21280	125943,8389	1235507,07799	27181155,71576	83218,38398	83218,38398
5FL	18,50000	D1	610150,08870	128914,8561	1284854,73834	23398112,65931	71830,00129	71830,00129
4FL	15,00000	D1	742172,11810	132022,0494	1295136,30461	19427044,58921	59478,22392	59478,22392
3FL	11,50000	D1	877705,60840	135533,4903	1329583,53984	15290210,70819	46812,81155	46812,81155
2FL	8,00000	D1	1016888,81370	139180,9053	1385364,68099	10922917,44794	33441,82011	33441,82011
1FL	4,50000	D1	1186053,25120	148171,7375	1453564,74488	6541041,35194	20028,18159	20028,18159
					11429221,44427	203325905,67598	622508,61461	622508,61461

Dengan melakukan analisa respon dinamik terhadap model struktur, maka diperoleh gaya geser dasar dinamik (V):

Tabel 4.21 Pengecekan rasio gaya geser dasar dinamik - statik

Rasio V dinamik/ Vstatik	Vdyn	Vsta	Rasio	
y	456734,06	622506,61461	0,73370	scale up
x	462935,45	622506,61461	0,74366	scale up

Dari tabel 4.21 diatas dapat diperhatikan bahwa gaya geser dinamik tidak memenuhi persyaratan, sehingga beban gempa dinamik harus discale-up sebesar:

Tabel 4.22 Penentuan besarnya kenaikan skala untuk analisa dinamik

0,8 Vsta	498005,29169	1,09036	1,10000	502407,46800
0,8 Vsta	498005,29169	1,07576	1,10000	509228,99500

Dengan menaikkan skala beban gempa dinamik sebesar 10%, maka persyaratan rasio dinamik –statik terpenuhi dan analisa beban gempa dinamik dapat digunakan dalam analisa struktur. Untuk pengecekan terhadap eksentrisitas bangunan dan drift dapat dilihat pada lampiran 4.09.

#### IV.3.2 Analisa Penulangan Balok Dan Kolom

Berdasarkan perencanaan tulangan menggunakan ETABSv9.0.7, maka diperoleh detail penulangan untuk balok dan kolom sebagai berikut:

##### 1. Detail penulangan balok

- Balok 1
  - Lokasi = lantai 1,2,3,4 dan 5
  - Diameter tulangan = 19 mm

- As Top = 1700,31 mm<sup>2</sup>
- Rasio = 1,377%
- As bottom = 850,155 mm<sup>2</sup>
- Rasio = 0,6886%
- Balok A
  - Lokasi = lantai 6 dan 7
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 1416,925 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 1,147%
  - As bottom = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
- Balok B
  - Lokasi = lantai 8
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 11333,54 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,918%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%
- Balok C
  - Lokasi = lantai 9
  - Diameter tulangan = 19 mm
  - As Top = 850,155 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,6886%
  - As bottom = 566,77 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 0,459%

## 2. Detail penulangan kolom

- Kolom 80x80
  - Lokasi = lantai 1 dan 2
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 16
  - As = 9847,04 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 1,5386%

- Kolom 70x70
  - Lokasi = lantai 3 dan 4
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 16
  - As = 9847,04 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 2,0096%
- Kolom 60x60
  - Lokasi = lantai 5 dan 6
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 16
  - As = 9847,04 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 2,735%
- Kolom 50x50
  - Lokasi = lantai 7,8 dan 9
  - Diameter tulangan = 28 mm
  - Jumlah tulangan = 16
  - As = 9847,04 mm<sup>2</sup>
  - Rasio = 3,939%

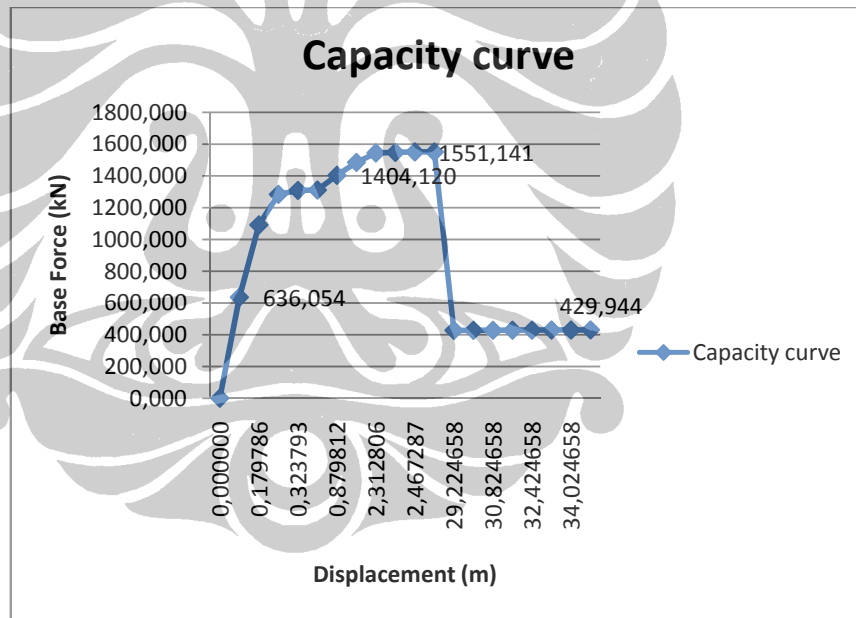
#### **IV.3.3 Analisa Push Over Pada Elemen Struktur**

Analisa push – over dilakukan untuk memperoleh kurva kapasitas struktur gedung terhadap beban gempa rencana. Elemen struktur yang ditinjau merupakan portal A-A 2D, seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya. Beban gempa tingkat yang diberikan pada elemen struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.23 Beban gempa tingkat pada portal tinjauan pada gedung 9 lantai

Fiy (dynamic) (kgf)	fiy per portal	dalam kN
103167,47000	11463,05222	114,63052
89956,13000	9995,12556	99,95126
71426,39000	7936,26556	79,36266
58836,24000	6537,36000	65,37360
51774,03000	5752,67000	57,52670
45154,20000	5017,13333	50,17133
37989,76000	4221,08444	42,21084
28816,54000	3201,83778	32,01838
15286,70000	1698,52222	16,98522

Dengan melakukan analisa push-over menggunakan SAP2000v11, diperoleh grafik yang menunjukkan kapasitas elemen struktur gedung serta tabel yang menunjukkan peristiwa pembentukan sendi plastis pada komponen struktur:



Gambar 4.45 Grafik kurva kapasitas gedung 9 lantai

Tabel 4.24 Pembentukan sendi plastis pada portal tinjauan pada gedung 9 lantai

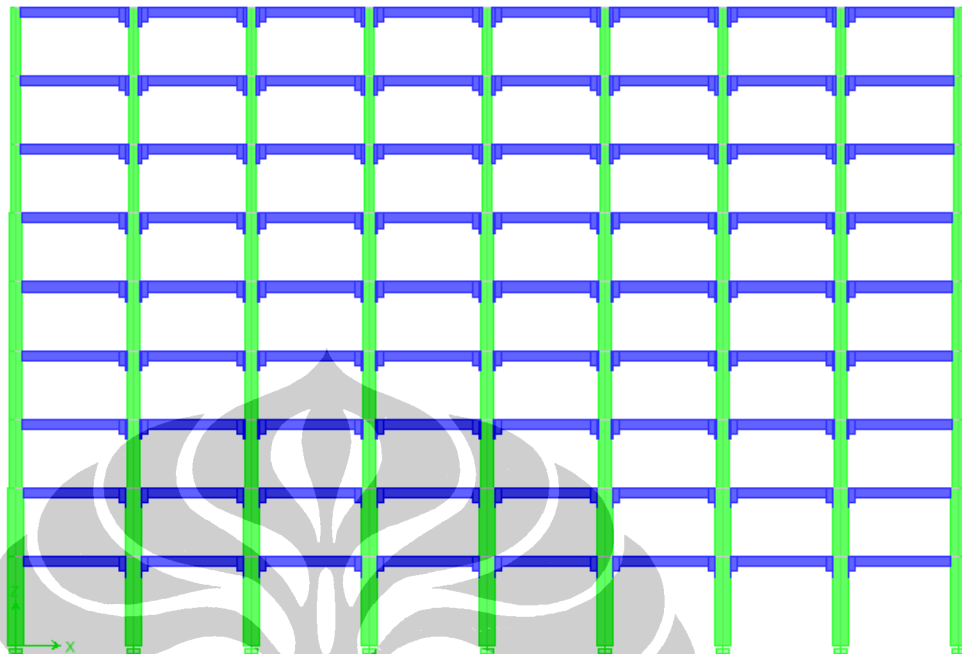
TABLE: Pushover Curve - push											
Step	Displacement	BaseForce	AtoB	BtoO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	KN									
0	0,000000	0,000	234	0	0	0	0	0	0	0	234
1	0,072868	636,054	233	1	0	0	0	0	0	0	234
2	0,179786	1091,387	180	24	30	0	0	0	0	0	234
3	0,296247	1284,209	150	42	12	12	18	0	0	0	234
4	0,323793	1308,613	142	44	18	11	19	0	0	0	234
5	0,329210	1310,929	137	43	24	9	21	0	0	0	234
6	0,879812	1404,120	119	19	16	7	73	0	0	0	234
7	1,679812	1484,951	119	7	0	0	108	0	0	0	234
8	2,312806	1544,929	119	7	0	0	77	31	0	0	234
9	2,374445	1548,151	119	7	0	0	65	43	0	0	234
10	2,467287	1551,141	119	7	0	0	51	57	0	0	234
11	2,495204	1551,273	119	7	0	0	42	66	0	0	234
12	29,224658	427,008	119	7	0	0	0	0	0	108	234
13	30,024658	427,435	119	7	0	0	0	0	0	108	234
14	30,824658	427,862	119	7	0	0	0	0	0	108	234
15	31,624658	428,288	119	7	0	0	0	0	0	108	234
16	32,424658	428,715	119	7	0	0	0	0	0	108	234
17	33,224658	429,142	119	7	0	0	0	0	0	108	234
18	34,024658	429,569	119	7	0	0	0	0	0	108	234
19	34,729373	429,944	119	7	0	0	0	0	0	108	234

Berdasarkan tabel 4.24 diatas, dapat ditentukan bahwa kondisi leleh terjadi pada *step 1* dengan displacement yang terjadi sebesar **0,072868 m** dan gaya geser dasar sebesar **636,054 kN**, sementara kondisi ultimit terjadi pada *step 6* dengan displacement sebesar **0,879812 m** dan gaya geser dasar sebesar **1404,120 kN**, sehingga diperoleh tabel yang menunjukkan *seismic performance level* dari struktur sebagai berikut:

Tabel 4.25 Performance level elemen struktur untuk gedung 9 lantai

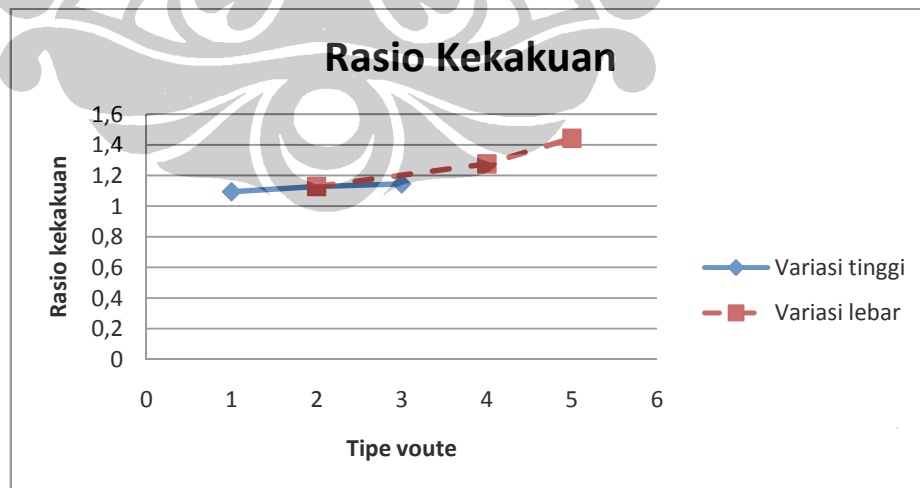
daktilitas bangunan	12,07405171	
daktilitas rencana	5,3125	
syarat daktilitas	memenuhi	
kekakuan bangunan	8728,852171	kN/m
kekuatan	636,054	kN
gaya maks/gaya leleh	2,207548416	
level performance	CP (73 HINGES)	

#### IV.3.4 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Interior



Gambar 4.46 Model struktur gedung 9 lantai dengan join voute interior

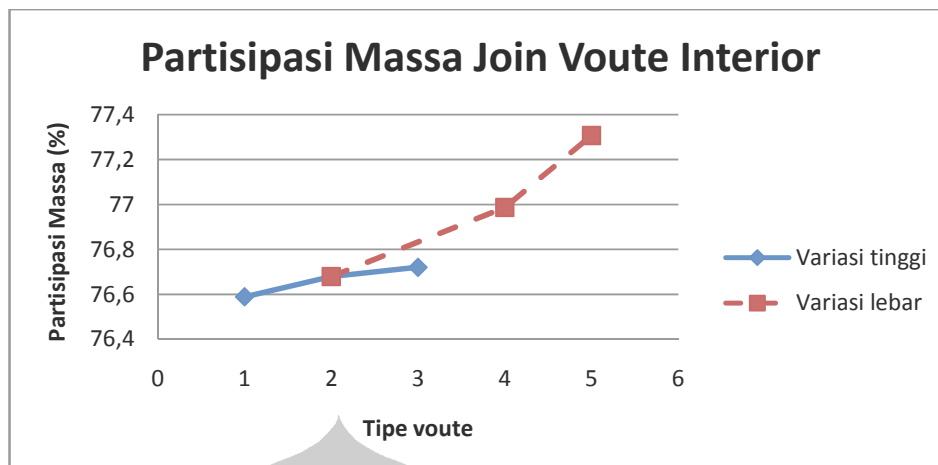
Penerapan voute pada join balok-kolom interior menambah kekakuan model struktur. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute interior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



Gambar 4.47 Grafik rasio kekakuan join voute interior (gedung 9 lantai)

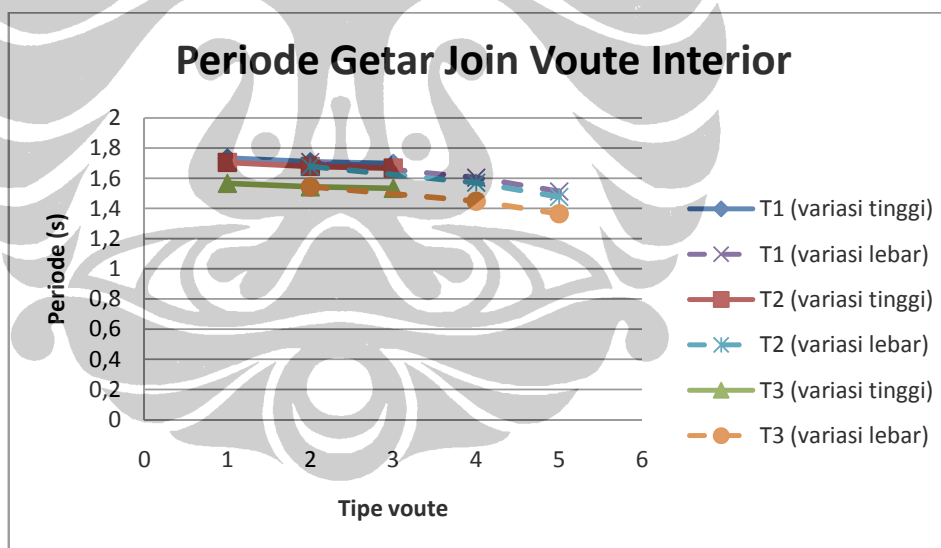
Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:





Gambar 4.48 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute interior (gedung 9 lantai)

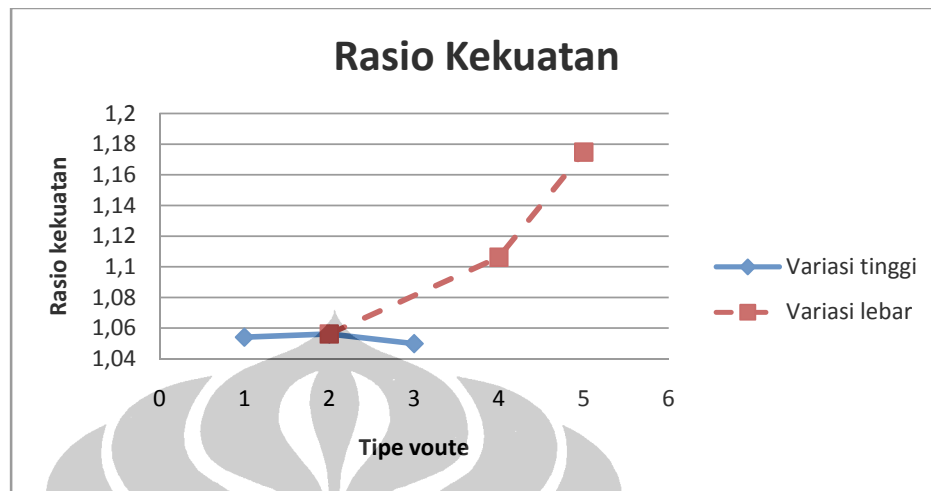
Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin kaku bangunan maka semakin kecil pula periode bangunan tersebut, seperti ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 4.49 Grafik periode getar bangunan dengan join voute interior (gedung 9 lantai)

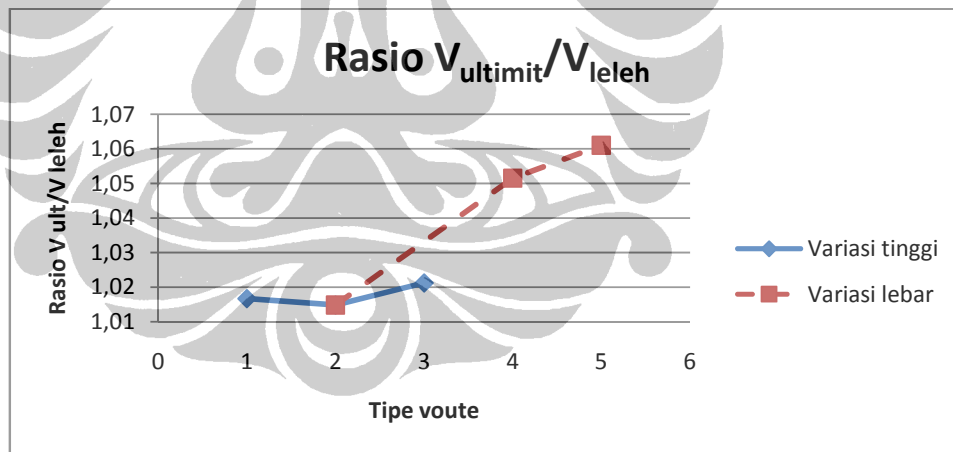
Kekuatan struktur dalam menahan beban gempa dinyatakan dengan besarnya gaya geser dasar yang diterima ketika kelelahan pertama terjadi. Dalam hal tersebut, untuk dimensi voute yang berbeda memberikan kekuatan yang berbeda pula. Untuk join voute dengan variasi tinggi, sementara lebar voute tetap, terjadi sedikit penurunan kekuatan pada join voute 3. Untuk variasi lebar

route sementara tinggi tetap pada joint route 2,4 dan 5, peningkatan yang sangat signifikan terjadi, seperti ditunjukkan oleh gambar berikut:



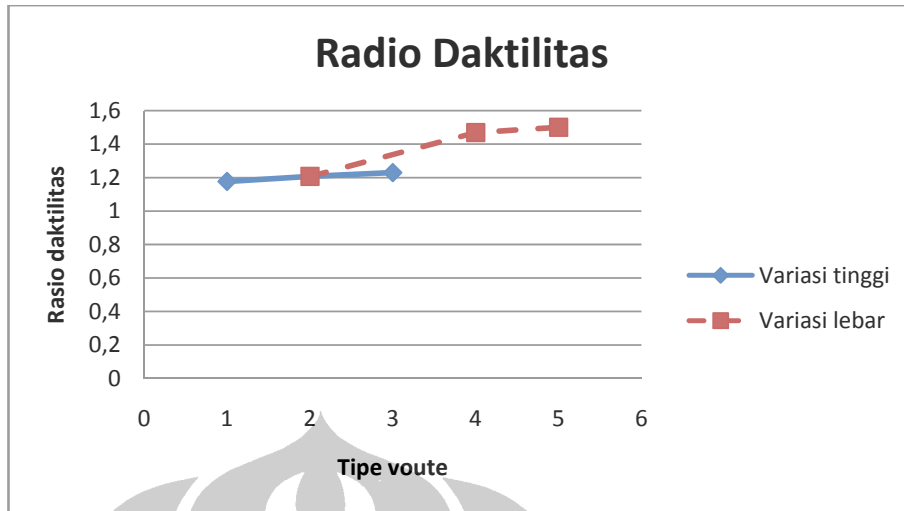
Gambar 4.50 Grafik rasio kekuatan pada joint voute interior (gedung 9 lantai)

Hal yang sedikit berbeda diberikan oleh rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh yang diderita oleh elemen struktur, dimana untuk variasi tinggi voute terjadi penurunan, namun pada variasi lebar voute, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.51 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada joint voute interior (gedung 9 lantai)

Daktilitas struktur diperoleh dengan menentukan terlebih dahulu kondisi leleh dan kondisi ultimit dari struktur, seperti telah dijelaskan sebelumnya. Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Grafik di bawah ini menunjukkan peningkatan rasio daktilitas akibat variasi dimensi voute pada joint balok-kolom interior:



Gambar 4.52 Grafik rasio daktilitas join voute interior (gedung 9 lantai)

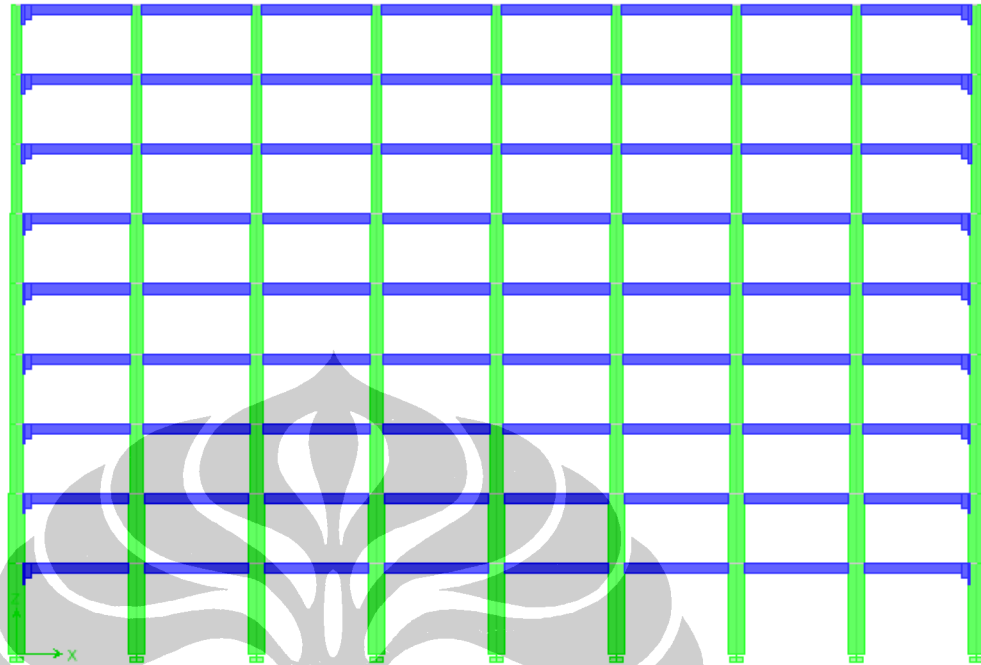
Dalam hal *performance level* struktur, untuk variasi tinggi voute (join voute 1,2 dan 3), *performance level*-nya adalah CP (*collapse prevention*) dengan jumlah sendi plastis adalah 78. Jumlah ini sedikit meningkat dibandingkan elemen struktur tanpa voute, yaitu CP (73 *Hinges*). Sementara untuk variasi lebar voute (join voute 2,4 dan 5), *performance level*-nya meningkat seperti diberikan oleh tabel berikut:

Tabel 4.26 Performance level elemen struktur dengan join voute interior pada gedung 9 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	73
join voute1	CP	78
join voute2	CP	78
join voute3	CP	78
join voute4	CP	83
join voute5	CP	89

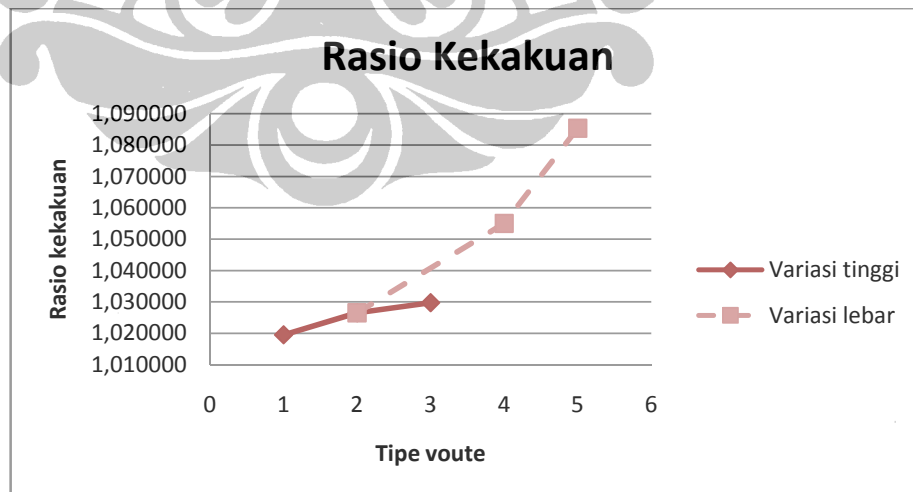
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute interior diberikan pada lampiran 4.10.

### IV.3.5 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Eksterior



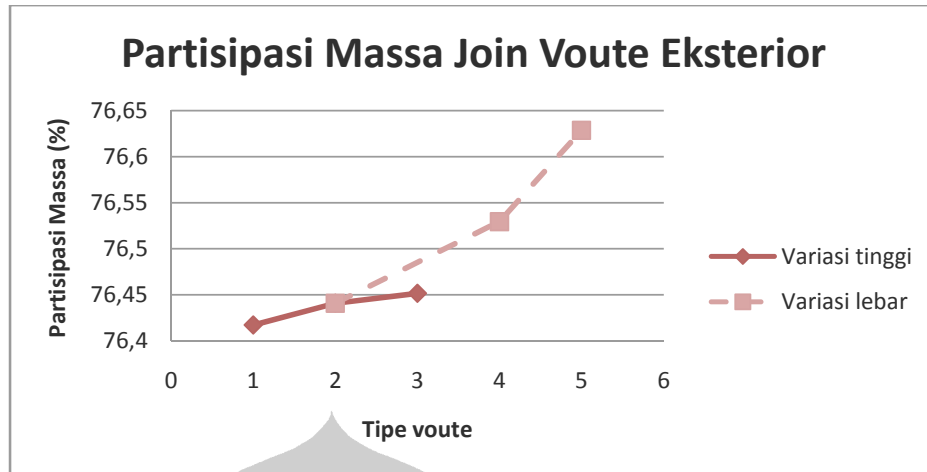
Gambar 4.53 Model struktur gedung 9 lantai dengan join voute eksterior

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior juga menambah kekakuan model struktur, meskipun penambahannya tidak begitu besar. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute eksterior dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



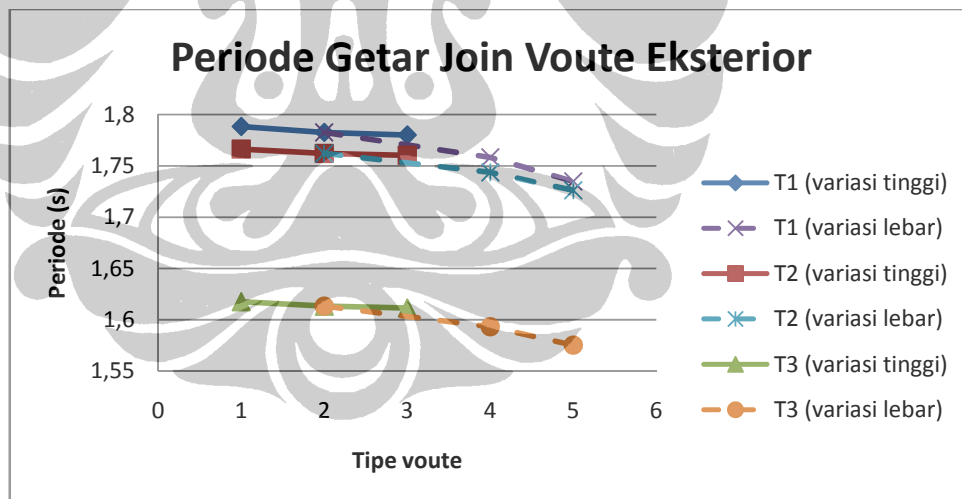
Gambar 4.54 Grafik rasio kekakuan join voute eksterior (gedung 9 lantai)

Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



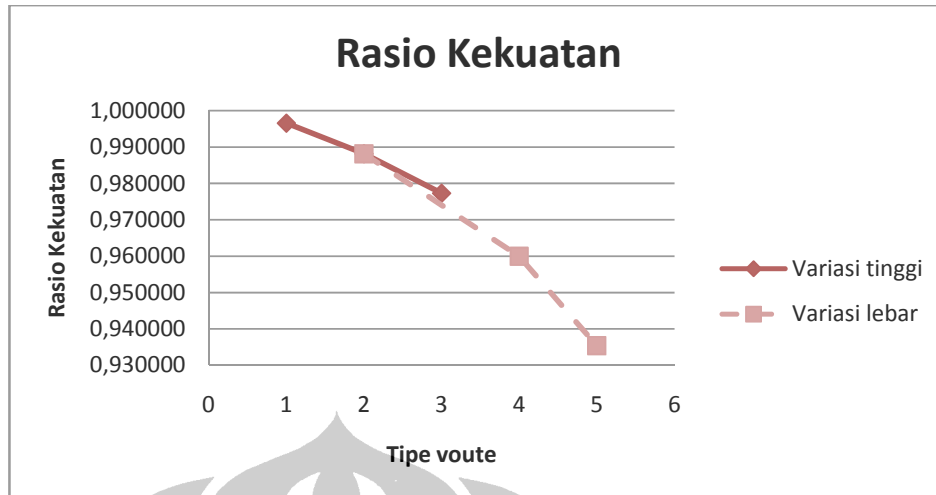
Gambar 4.55 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute eksterior (gedung 9 lantai)

Peningkatan partisipasi massa bangunan diatas berbanding terbalik dengan periode alami bangunan yang mengalami penurunan. Meskipun demikian, penurunan periode yang terjadi sangatlah kecil, apabila dibandingkan dengan periode alami bangunan tanpa voute. Grafik penurunan periode bangunan terhadap dimensi voute ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



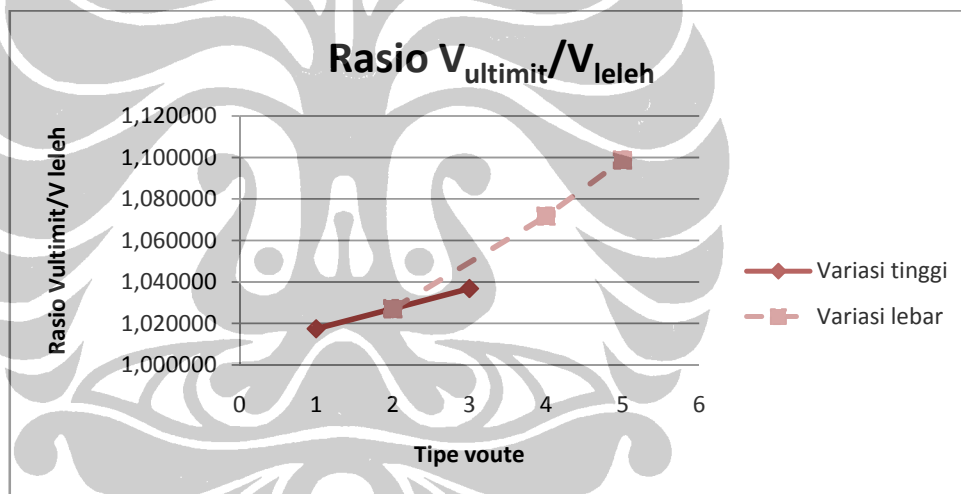
Gambar 4.56 Grafik periode alami bangunan dengan join voute eksterior (gedung 9 lantai)

Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan untuk setiap variasi dimensi join voute, untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh grafik berikut:



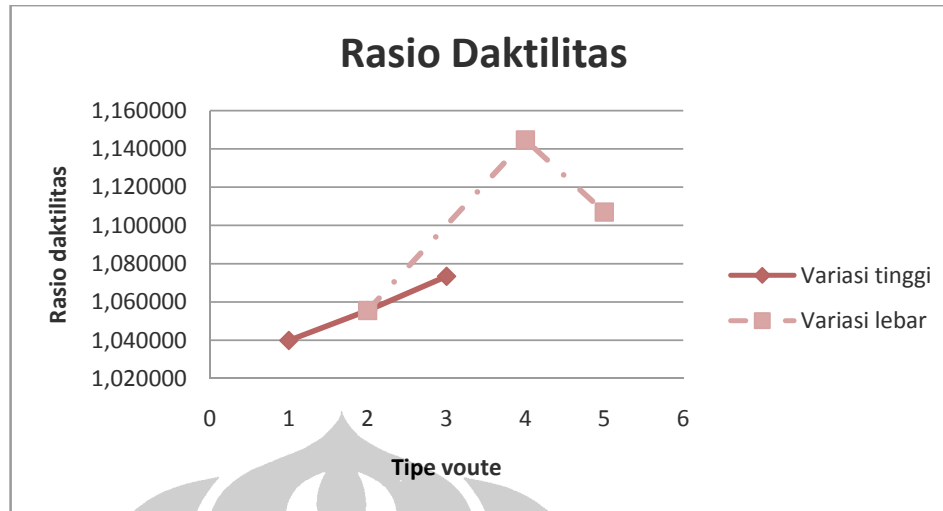
Gambar 4.57 Grafik rasio kekuatan pada join voute eksterior (gedung 9 lantai)

Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 4.58 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute eksterior (gedung 9 lantai)

Untuk dimensi voute yang berbeda, daktilitas yang dihasilkan berbeda pula. Hasil yang sangat tidak diharapkan terjadi pada join voute 5, dimana daktilitas yang terjadi menurun dibandingkan join voute 4, seperti ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 4.59 Grafik rasio daktilitas join voute eksterior (gedung 9 lantai)

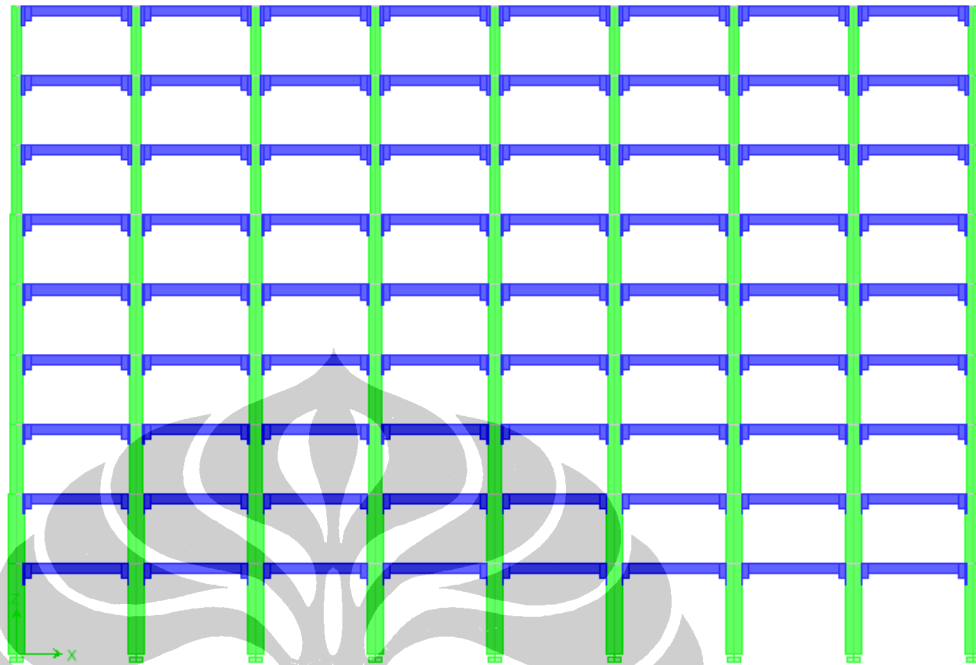
Dalam hal *performance level* struktur, terjadi peningkatan performa untuk struktur dengan join voute eksterior, dibandingkan struktur tanpa voute. Namun untuk variasi tinggi voute (join voute 1, 2, dan 3), performa yang dihasilkan adalah tetap, sementara untuk variasi lebar voute, pada join voute 2 dan 4 performa struktur tetap, namun untuk join voute 5, performa kembali meningkat seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.27 Performance level elemen struktur dengan join voute eksterior pada gedung 9 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	73
join voute1	CP	78
join voute2	CP	78
join voute3	CP	78
join voute4	CP	78
join voute5	CP	80

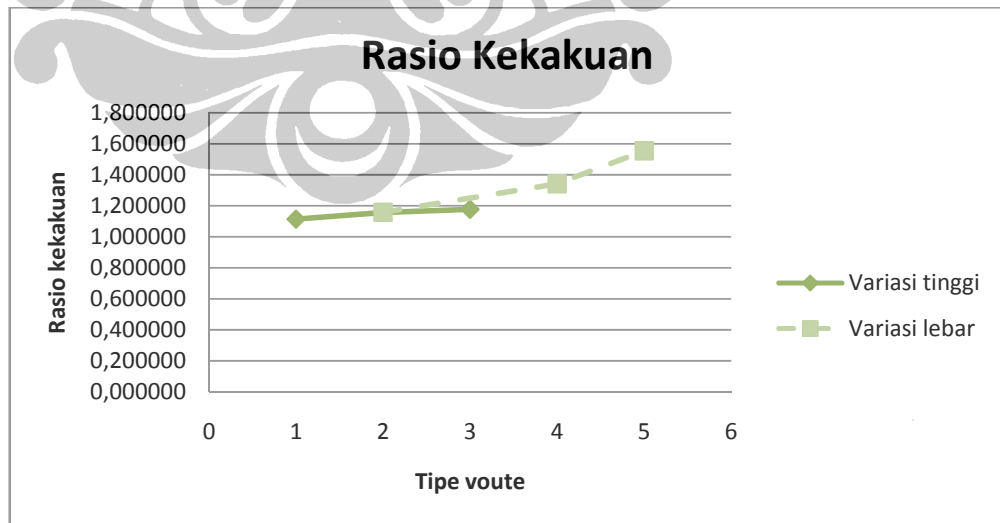
Data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk mengetahui kondisi leleh dan ultimit untuk join voute eksterior dapat dilihat pada lampiran 4.11.

### IV.3.6 Analisa Model Struktur Dengan Join Voute Gabungan



Gambar 4.60 Model struktur gedung 9 lantai dengan join voute gabungan

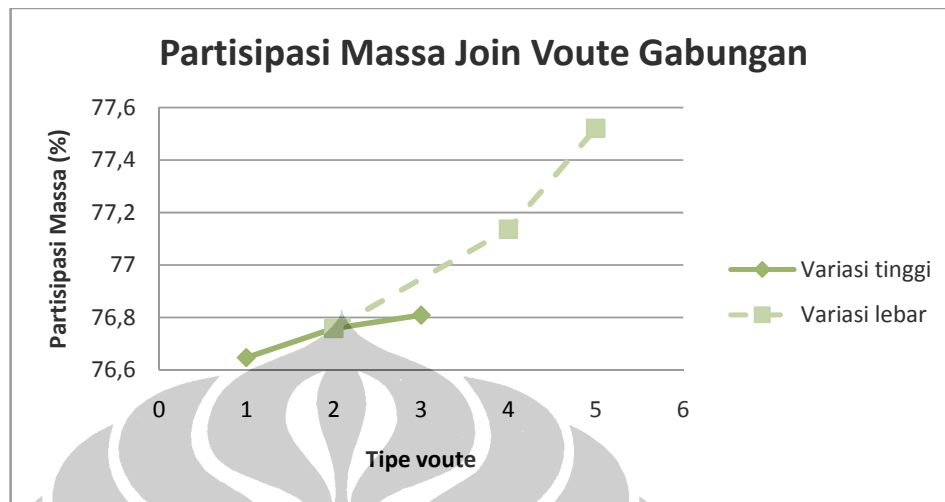
Penerapan voute pada join balok-kolom interior dan eksterior begitu berpengaruh dalam peningkatan kekakuan model struktur. Untuk menunjukkan peningkatan kekakuan digunakan cara perbandingan antara kekakuan model struktur dengan join voute gabungan dan model struktur tanpa voute, sehingga diperoleh grafik peningkatan kekakuan berikut:



Gambar 4.61 Grafik rasio kekakuan join voute gabungan (gedung 9 lantai)

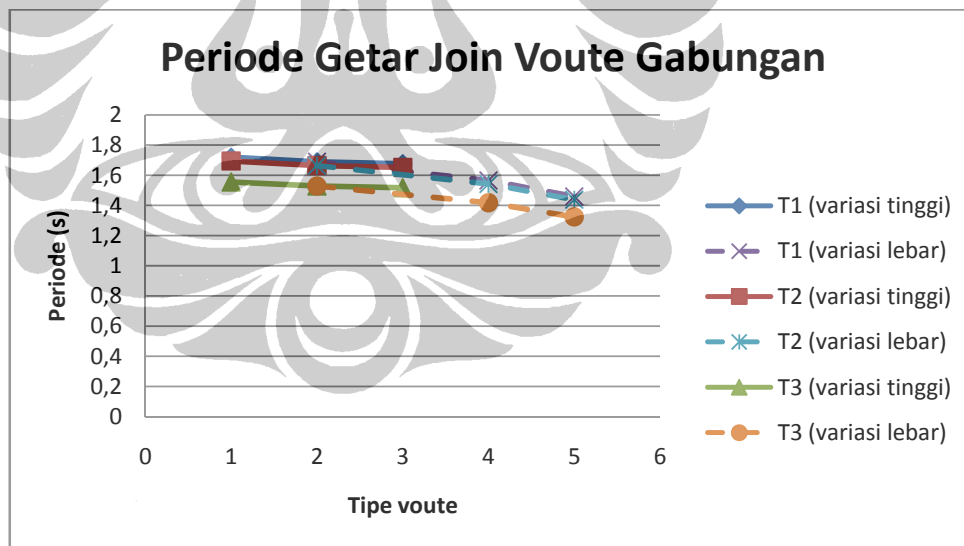


Dengan adanya voute, partisipasi massa bangunan terhadap beban gempa justru meningkat, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



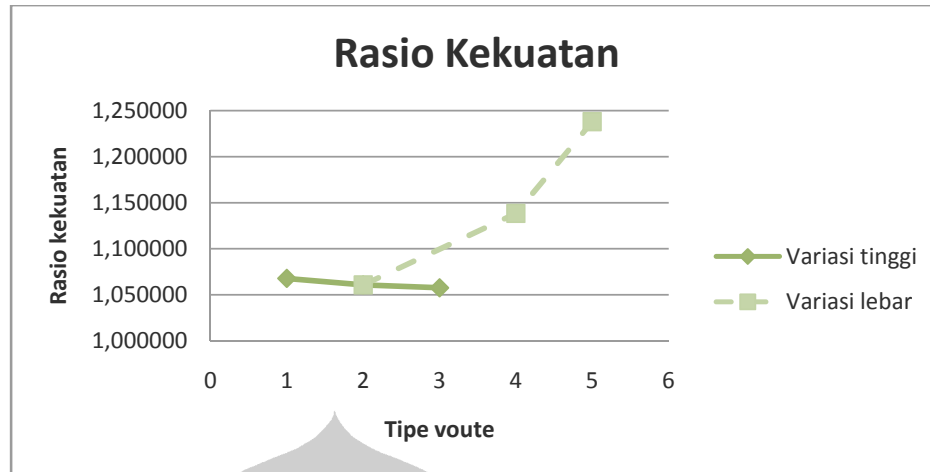
Gambar 4.62 Grafik peningkatan partisipasi massa akibat join voute gabungan (gedung 9 lantai)

Akibat pemberian voute pada join balok-kolom interior dan eksterior pada model struktur, periode alami bangunan mengalami penurunan dibandingkan periode alami bangunan tanpa voute, yaitu sebagai berikut:

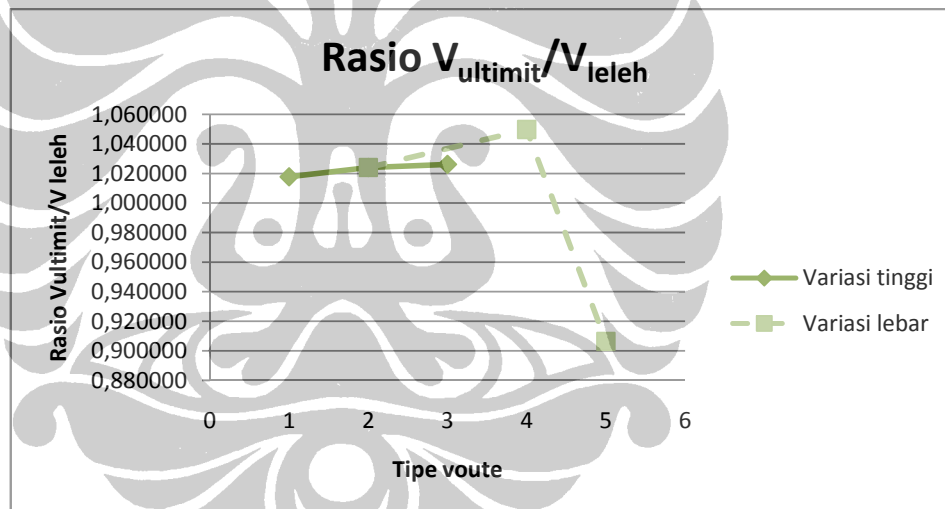


Gambar 4.63 Grafik periode alami bangunan dengan join voute gabungan (gedung 9 lantai)

Dalam hal kekuatan struktur, terjadi penurunan kekuatan untuk variasi tinggi voute (join voute 1, 2 dan 3), sementara untuk variasi lebar voute pada join voute 2,4 dan 5, terjadi peningkatan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:

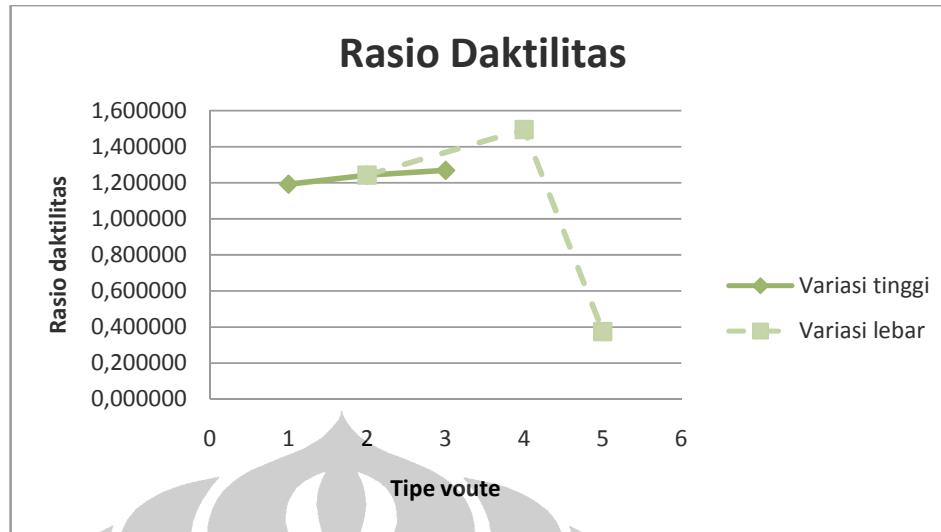


Gambar 4.64 Grafik rasio kekuatan pada join voute gabungan (gedung 9 lantai)  
 Dalam hal rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar lelehnya, terjadi peningkatan. Namun pada join voute 5, terjadi penurunan dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* yang tidak tercapai:



Gambar 4.65 Grafik rasio gaya geser dasar ultimit terhadap gaya geser dasar leleh pada join voute gabungan (gedung 9 lantai)

Dalam hal daktilitas dari elemen struktur, pemberian voute pada join balok kolom interior dan eksterior memberikan peningkatan. Namun untuk join voute 5, terjadi penurunan daktilitas struktur. Hal ini dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan oleh grafik di bawah ini:



Gambar 4.66 Grafik rasio daktilitas join voute gabungan (gedung 9 lantai)

Dalam hal *performance level* struktur, untuk variasi tinggi voute (join voute 1,2 dan 3), tidak terjadi peningkatan ataupun penurunan, namun untuk variasi lebar pada join voute 2 dan 4 meningkat. Sementara pada join voute 5, penurunan *performance level* yang sangat signifikan terjadi, karena kondisi *strong-column weak-beam* tidak tercapai, seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.28 Performance level elemen struktur dengan join voute gabungan pada gedung 9 lantai

	Performance Level	Hinges
model standar	CP	73
join voute1	CP	78
join voute2	CP	78
join voute3	CP	78
join voute4	CP	84
join voute5	CP	26

Untuk lebih memahami penjelasan diatas, data – data mengenai pembentukan sendi plastis untuk join voute gabungan dapat dilihat pada lampiran 4.12

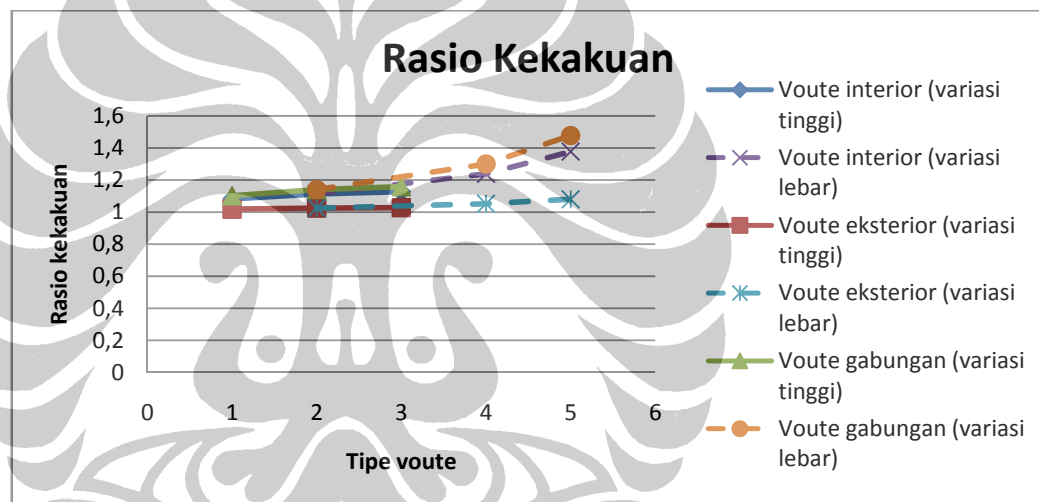
## BAB V

### ANALISA HASIL SIMULASI

#### V.1 ANALISA HASIL SIMULASI MODEL STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI

##### V.1.1 Analisa Hasil Kekakuan

Penerapan voute pada join balok-kolom, menambah kekakuan elemen struktur itu sendiri. Pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan kekakuan elemen struktur dapat dibandingkan sebagai berikut:



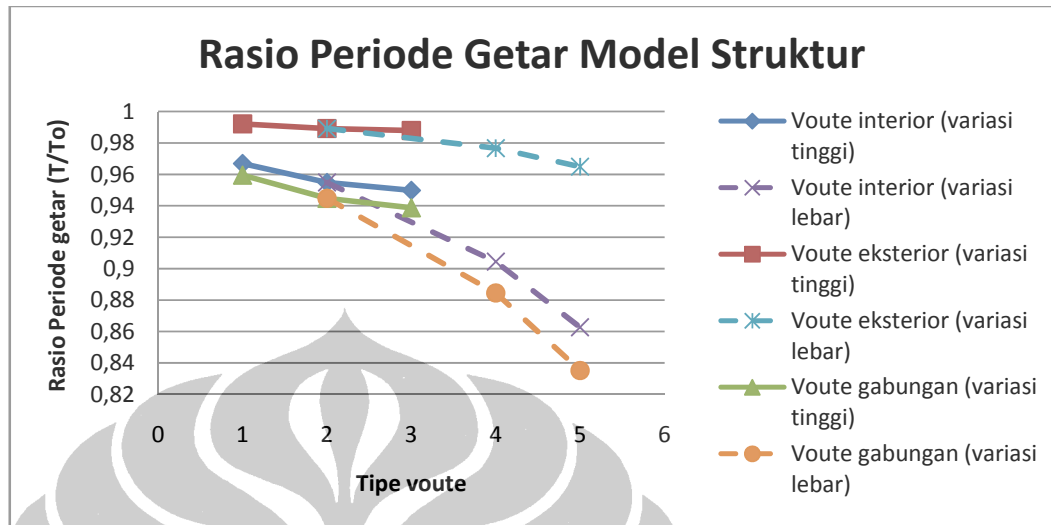
Gambar 5.1 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekakuan struktur (gedung 5 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, penerapan voute pada join eksterior tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kekakuan elemen struktur. Peningkatan kekakuan yang cukup besar didapatkan pada join voute gabungan dan join voute interior, pada variasi lebar voute, yaitu tipe voute 2,4 dan 5.

##### V.1.2 Analisa Hasil Periode Getar Dan Partisipasi Massa

Penerapan voute pada join balok-kolom, baik pada join interior, eksterior, maupun gabungan, menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute.

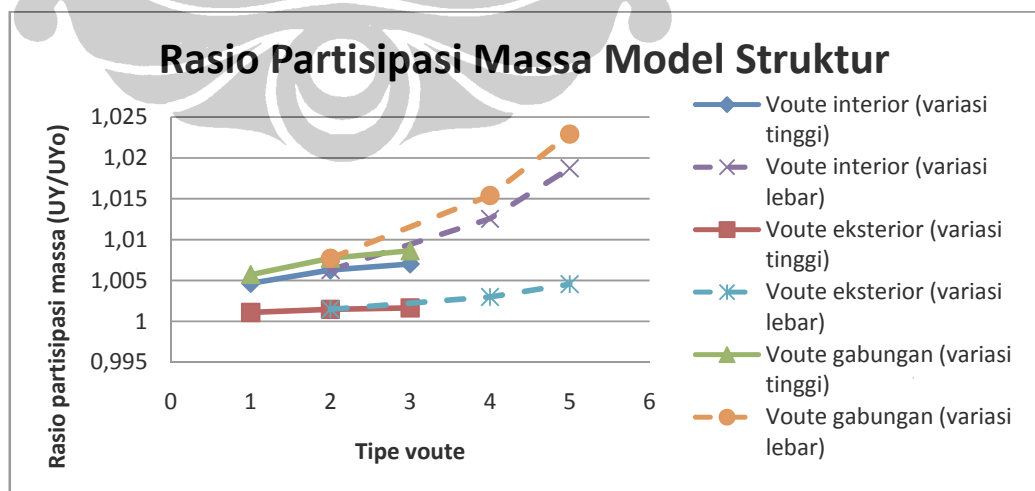
Pengaruh lokasi voute terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.2 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap penurunan rasio periode getar (gedung 5 lantai)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa penerapan voute pada join interior dan eksterior pada elemen struktur menyebabkan penurunan periode getar yang cukup besar. Sementara, penerapan voute pada join eksterior sedikit memberi pengaruh terhadap penurunan periode getar.

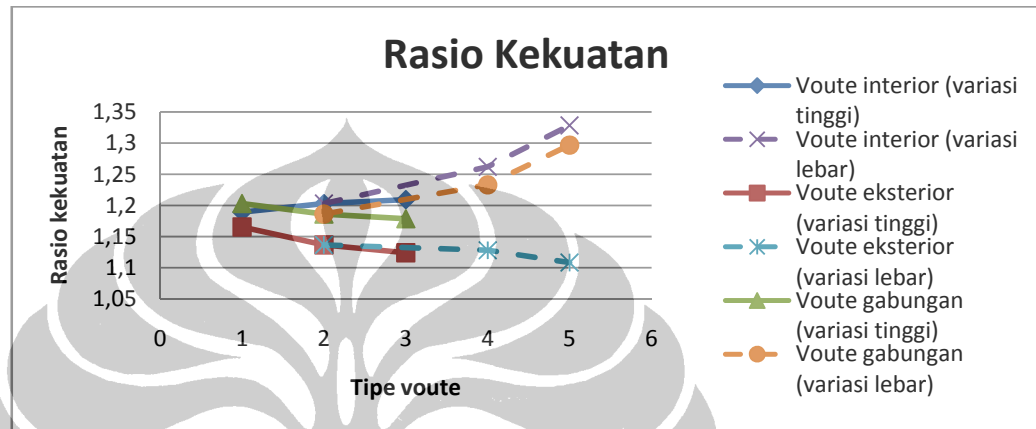
Perbandingan terbalik terjadi pada partisipasi massa, dimana dengan adanya join voute, partisipasi massa bangunan meningkat, yang ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 5.3 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan partisipasi massa (gedung 5 lantai)

### V.1.3 Analisa Hasil Kekuatan

Penerapan voute pada join balok-kolom menambah kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Lokasi join voute ternyata memberikan pengaruh terhadap seberapa besar peningkatan itu terjadi, seperti ditunjukkan pada grafik dibawah ini:



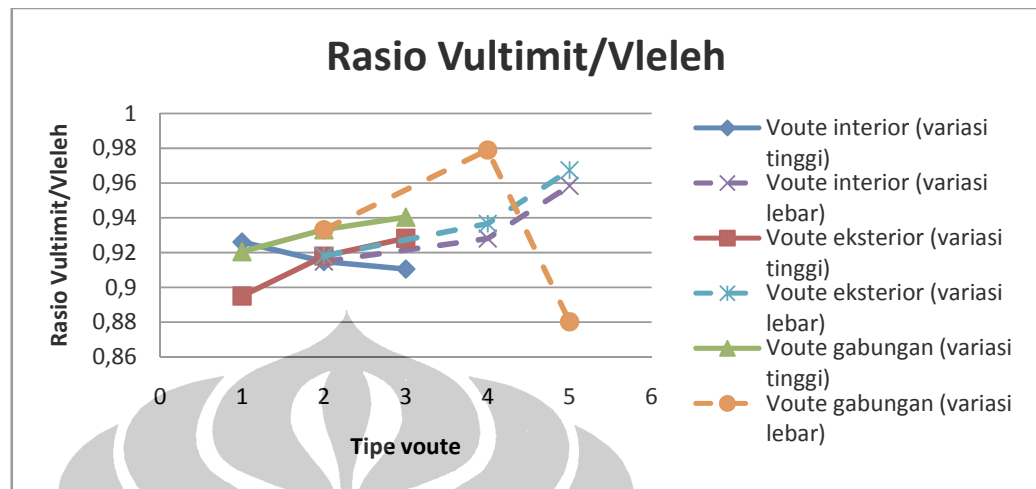
Gambar 5.4 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekuatan struktur (gedung 5 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan optimal dari elemen struktur diperoleh pada lokasi voute interior, dimana untuk setiap variasi dimensi voute, terjadi peningkatan kekuatan dengan peningkatan terbesar diperoleh pada variasi lebar voute, yaitu tipe voute 2,4 dan 5. Sementara itu, penerapan voute pada join eksterior ternyata menyebabkan penurunan kekuatan elemen struktur. Kondisi yang hampir sama terjadi pada join voute gabungan, dimana untuk variasi tinggi voute terjadi penurunan, sementara pada variasi lebar voute, kekuatan kembali meningkat.

### V.1.4 Analisa Hasil $V_{ultimit}$ Dan $V_{leleh}$

Penerapan voute pada join balok kolom, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang dapat ditahan olehnya. Akibat peningkatan gaya geser dasar leleh ini pula, rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  yang diperoleh lebih kecil dibandingkan rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  untuk

model struktur tanpa voute. Lokasi penerapan voute sangat mempengaruhi besarnya rasio tersebut, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:

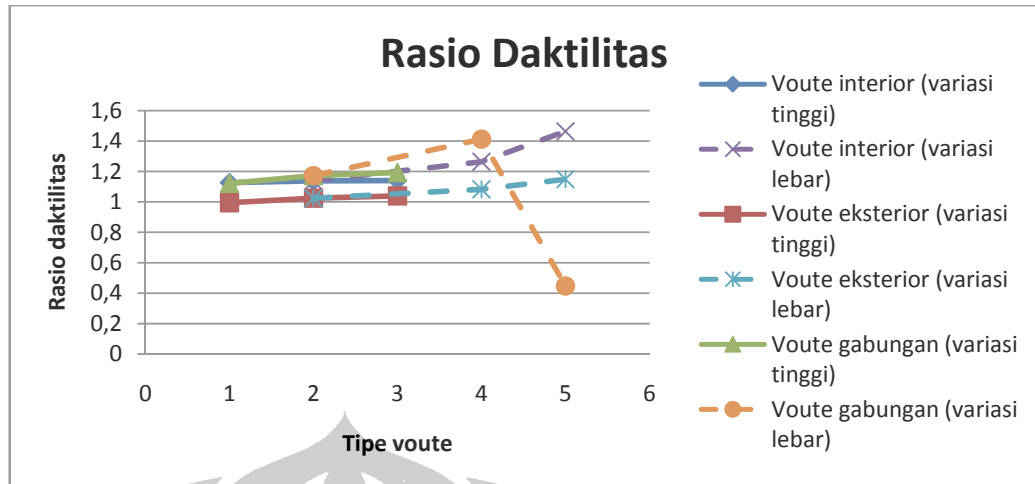


Gambar 5.5 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  (gedung 5 lantai)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk join voute interior terjadi penurunan untuk variasi tinggi voute, yaitu tipe voute 1, 2, dan 3, namun untuk variasi lebar voute (tipe voute 2,4 dan 5) terjadi peningkatan. Sementara untuk join voute eksterior, rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat untuk setiap variasi dimensi voute. Hasil yang berbeda diperoleh untuk join voute gabungan, untuk variasi tinggi dan lebar voute terjadi peningkatan, namun pada tipe voute 5 terjadi penurunan yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan pada tipe voute 5 untuk join voute gabungan, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom, sehingga kondisi *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi tidak tercapai.

### V.1.5 Analisa Hasil Daktilitas

Penerapan voute pada join balok-kolom, meningkatkan daktilitas bangunan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.6 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio daktilitas struktur (gedung 5 lantai)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan untuk join voute 5 pada voute gabungan. Hal ini dikarenakan prinsip *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi pada elemen struktur tidak tercapai. Kondisi ini terjadi karena akibat dimensi lebar voute yang besar, serta penerapan voute pada join interior dan eksterior, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom, sehingga kolom menjadi lebih lemah daripada balok. Peningkatan daktilitas bangunan yang sangat optimal terjadi pada join voute interior, pada tipe voute 4 dan 5.

#### V.1.6 Analisa Hasil Performance Level Dari Elemen Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan performance level dari struktur. Namun lokasi dari join voute itu ternyata memberikan pengaruh terhadap peningkatan performa struktur. Seperti diberikan pada tabel di bawah ini:



Tabel 5.1 Performance level untuk lokasi voute yang berbeda pada gedung 5 lantai

	Join voute Interior		Join voute eksterior		Join voute gabungan	
	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24	CP	24	CP	24
tipe voute1	CP	23	CP	24	CP	24
tipe voute2	CP	23	CP	24	CP	24
tipe voute3	CP	23	CP	24	CP	24
tipe voute4	CP	30	CP	24	CP	36
tipe voute5	CP	37	CP	24	LS	3

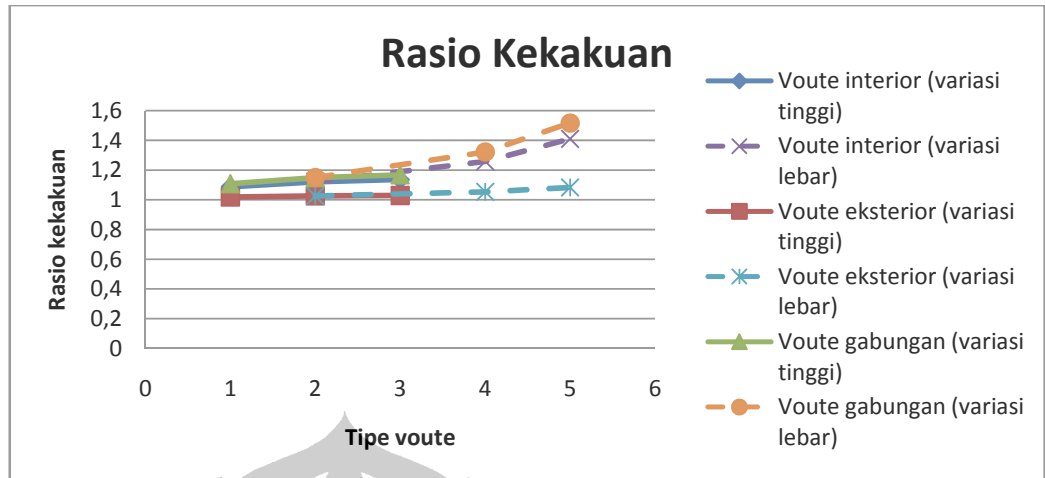
Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa variasi tinggi voute untuk tipe voute 1, 2 dan 3 tidak memberikan pengaruh dalam peningkatan performa, namun peningkatan *performance level* dari elemen struktur diperoleh ketika variasi lebar pada voute diterapkan, seperti pada tipe voute 2,4 dan 5.

Selain itu, lokasi voute juga berpengaruh terhadap peningkatan performa dari elemen struktur, seperti pada join voute eksterior dapat dilihat bahwa penerapan voute pada lokasi eksterior pada struktur tidak meningkatkan performa bangunan. Untuk join voute gabungan pada tipe voute 5, terjadi penurunan performa yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* pada elemen struktur tidak tercapai.

## V.2 ANALISA HASIL SIMULASI MODEL STRUKTUR GEDUNG 7 LANTAI

### V.2.1 Analisa Hasil Kekakuan

Penerapan voute pada join balok-kolom, menambah kekakuan elemen struktur itu sendiri. Pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan kekakuan elemen struktur dapat dibandingkan sebagai berikut:

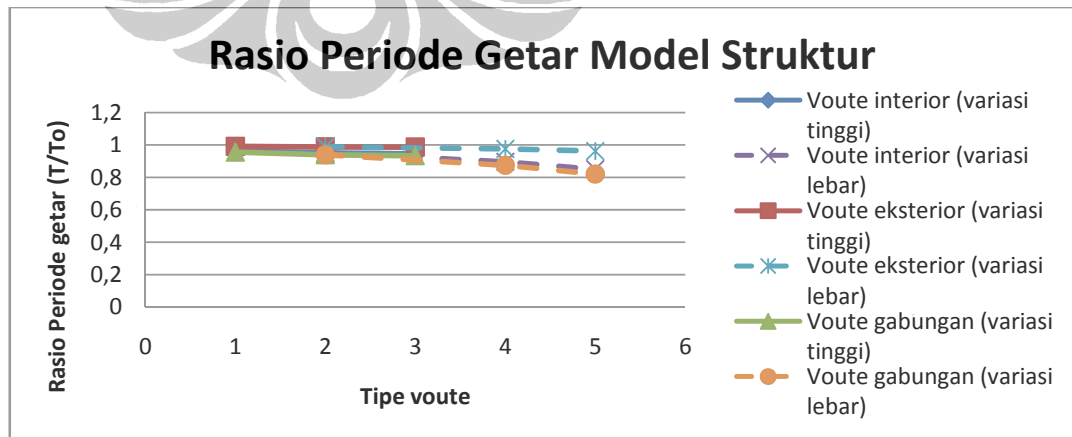


Gambar 5.7 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekakuan struktur (gedung 7 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, penerapan voute pada join eksterior tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kekakuan elemen struktur. Peningkatan kekakuan yang cukup besar didapatkan pada join voute gabungan dan join voute interior, pada variasi lebar voute, yaitu tipe voute 2,4 dan 5.

### V.2.2 Analisa Hasil Periode Getar Dan Partisipasi Massa

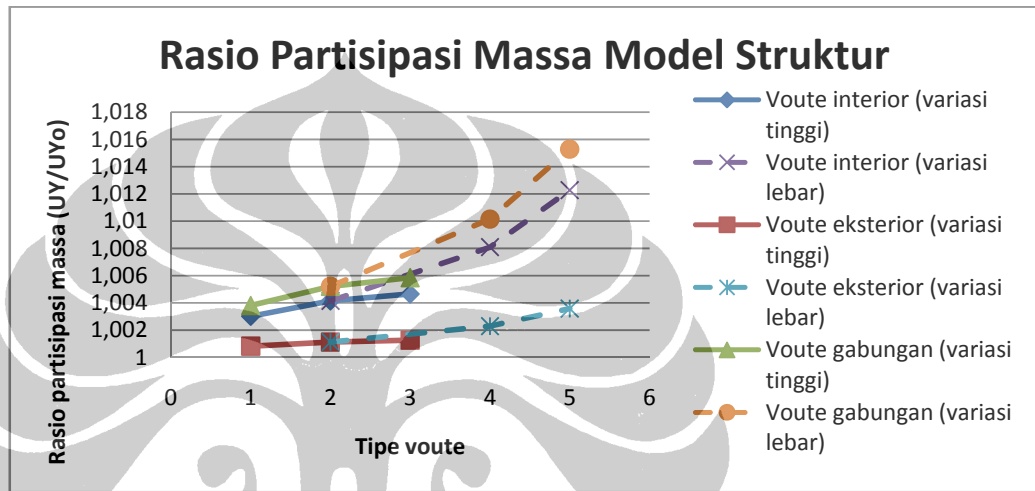
Penerapan voute pada join balok-kolom, baik pada join interior, eksterior, maupun gabungan, menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute. Pengaruh lokasi voute terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.8 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap penurunan rasio periode getar (gedung 7 lantai)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa penerapan voute pada join interior dan eksterior pada elemen struktur menyebabkan penurunan periode getar yang cukup besar. Sementara, penerapan voute pada join eksterior sedikit memberi pengaruh terhadap penurunan periode getar.

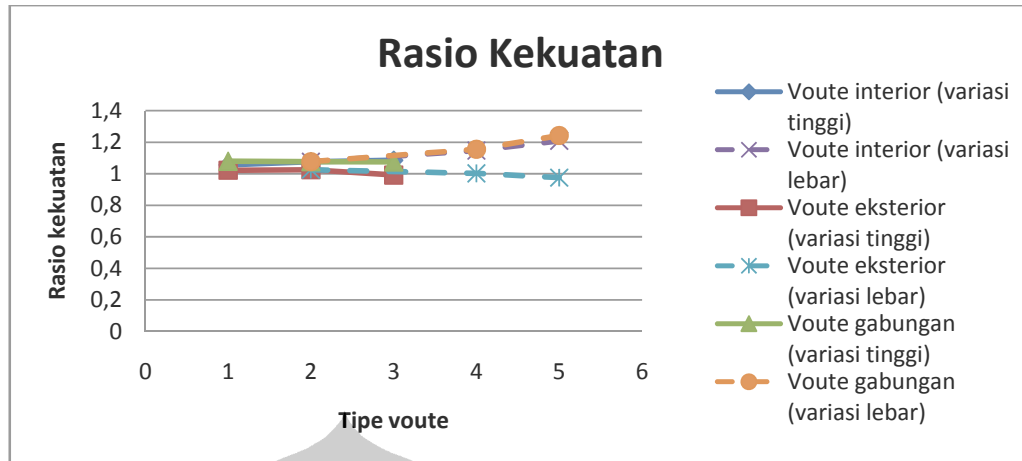
Perbandingan terbalik terjadi pada partisipasi massa, dimana dengan adanya join voute, partisipasi massa bangunan meningkat, yang ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 5.9 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan partisipasi massa (gedung 7 lantai)

### V.2.3 Analisa Hasil Kekuatan

Penerapan voute pada join balok-kolom menambah kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Lokasi join voute ternyata memberikan pengaruh terhadap seberapa besar peningkatan itu terjadi, seperti ditunjukkan pada grafik dibawah ini:

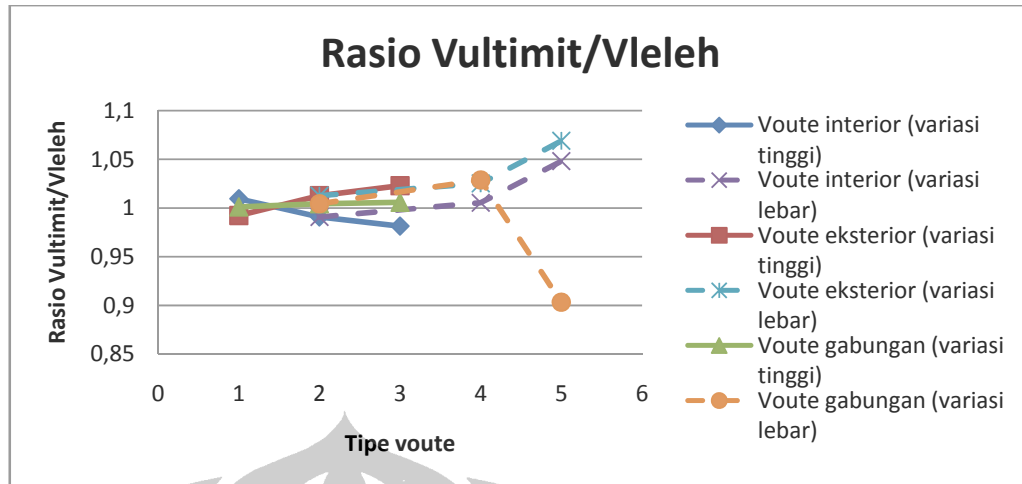


Gambar 5.10 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekuatan struktur (gedung 7 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan optimal dari elemen struktur diperoleh pada lokasi voute interior, dimana untuk setiap variasi dimensi voute, terjadi peningkatan kekuatan dengan peningkatan terbesar diperoleh pada variasi lebar voute, yaitu tipe voute 2,4 dan 5. Sementara itu, penerapan voute pada join eksterior ternyata menyebabkan penurunan kekuatan elemen struktur. Kondisi yang hampir sama terjadi pada join voute gabungan, dimana untuk join voute 1, 2 dan 3 kekuatan struktur menurun, sedangkan untuk join voute 2,4 dan 5, kekuatan struktur kembali meningkat.

#### V.2.4 Analisa Hasil $V_{ultimit}$ Dan $V_{leleh}$

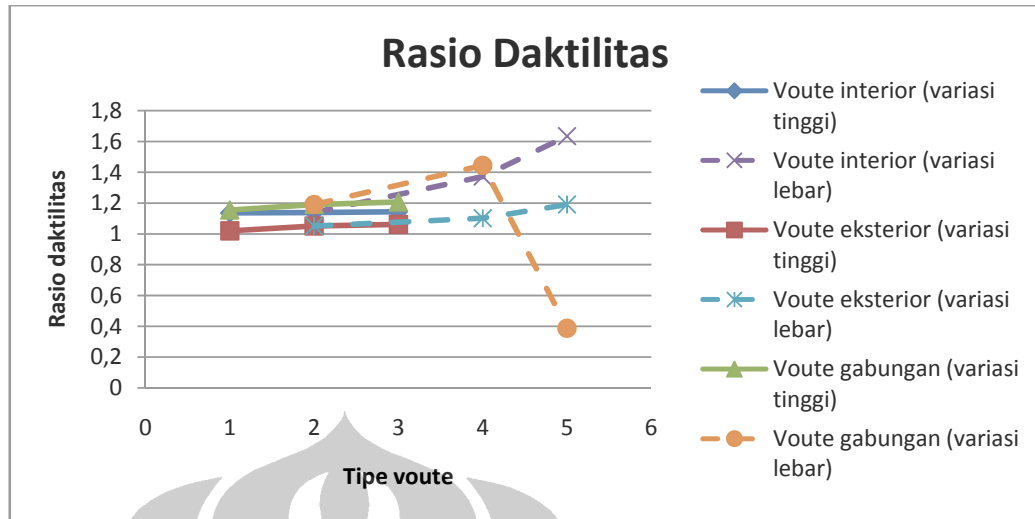
Penerapan voute pada join balok kolom, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang dapat ditahan olehnya. Lokasi penerapan voute sangat mempengaruhi besarnya rasio tersebut, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.11 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  (gedung 7 lantai). Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk joint voute interior terjadi penurunan untuk variasi tinggi voute, yaitu tipe voute 1, 2, dan 3, namun untuk variasi lebar voute (tipe voute 2,4 dan 5) terjadi peningkatan. Sementara untuk joint voute eksterior, rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat untuk setiap variasi dimensi voute. Hasil yang berbeda diperoleh untuk joint voute gabungan, untuk variasi tinggi dan lebar voute, terjadi peningkatan, namun pada tipe voute 5 terjadi penurunan yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan pada tipe voute 5 untuk joint voute gabungan, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom, sehingga kondisi *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi tidak tercapai.

### V.2.5 Analisa Hasil Daktilitas

Penerapan voute pada join balok-kolom, meningkatkan daktilitas bangunan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.12 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio daktilitas struktur (gedung 7 lantai)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan untuk join voute 5 pada voute gabungan. Hal ini dikarenakan prinsip *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi pada elemen struktur tidak tercapai. Kondisi ini terjadi karena akibat dimensi lebar voute yang besar, serta penerapan voute pada join interior dan eksterior, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom, sehingga kolom menjadi lebih lemah daripada balok. Peningkatan daktilitas bangunan yang sangat optimal terjadi pada join voute interior, pada tipe voute 4 dan 5.

### V.2.6 Analisa Hasil Performance Level Dari Elemen Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan performance level dari struktur. Namun lokasi dari join voute itu ternyata memberikan pengaruh terhadap peningkatan performa struktur. Seperti diberikan pada tabel di bawah ini:

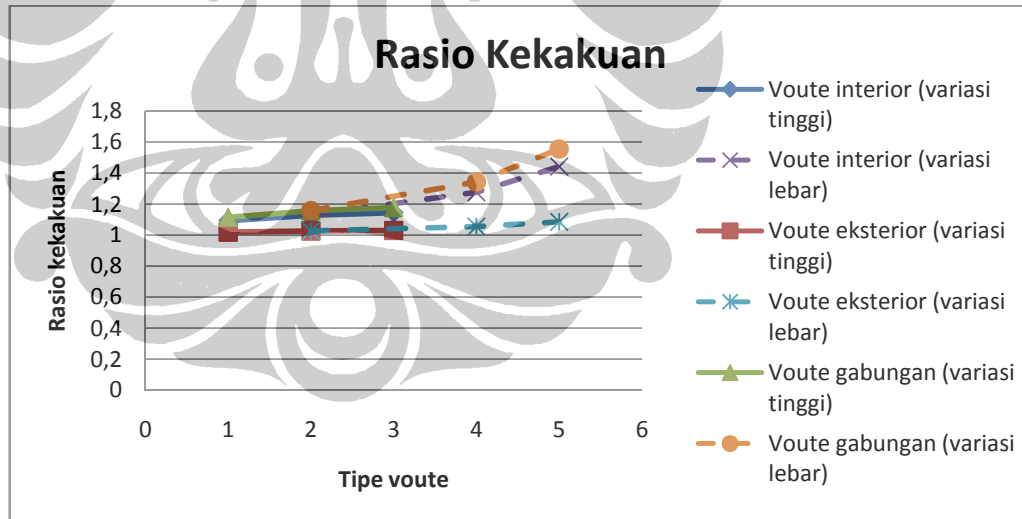
Tabel 5.2 Performance level untuk lokasi voute yang berbeda pada gedung 7 lantai

	Join voute Interior		Join voute eksterior		Join voute gabungan	
	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges
model standar	CP	43	CP	43	CP	43
tipe voute1	CP	60	CP	50	CP	62
tipe voute2	CP	60	CP	51	CP	62
tipe voute3	CP	60	CP	52	CP	62
tipe voute4	CP	66	CP	53	CP	66
tipe voute5	CP	66	CP	58	CP	6

### V.3 ANALISA HASIL SIMULASI MODEL STRUKTUR GEDUNG 9 LANTAI

#### V.3.1 Analisa Hasil Kekakuan

Penerapan voute pada join balok-kolom, menambah kekakuan elemen struktur itu sendiri. Pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan kekakuan elemen struktur dapat dibandingkan sebagai berikut:

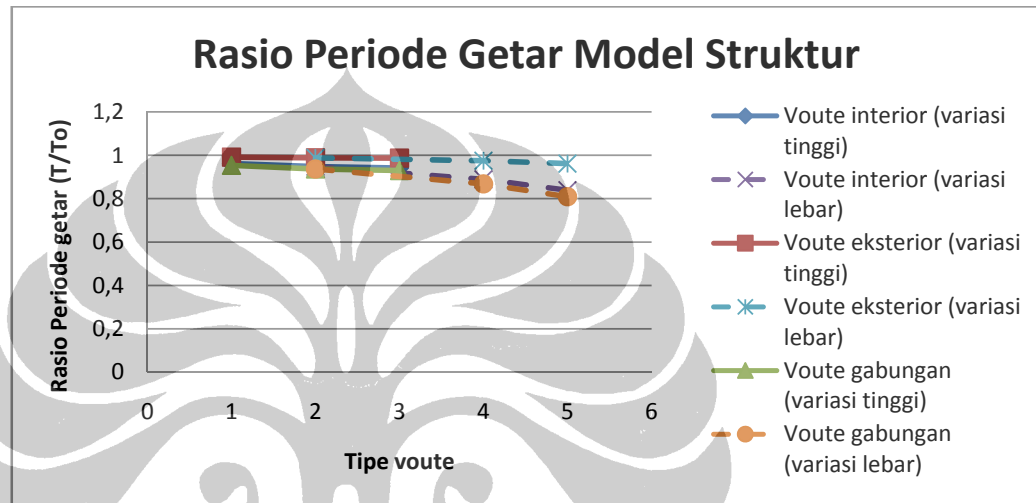


Gambar 5.13 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekakuan struktur (gedung 9 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, penerapan voute pada join eksterior tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kekakuan elemen struktur. Peningkatan kekakuan yang cukup besar didapatkan pada join voute gabungan dan join voute interior, pada variasi lebar voute (tipe voute 2,4 dan 5).

### V.3.2 Analisa Hasil Periode Getar Dan Partisipasi Massa

Penerapan voute pada join balok-kolom, baik pada join interior, eksterior, maupun gabungan, menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute. Pengaruh lokasi voute terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:

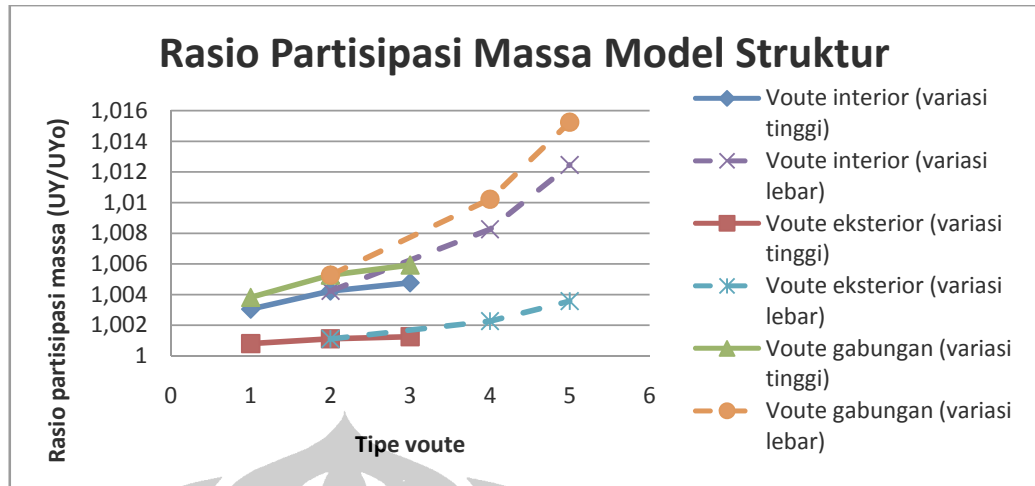


Gambar 5.14 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap penurunan rasio periode getar (gedung 9 lantai)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa penerapan voute pada join interior dan eksterior pada elemen struktur menyebabkan penurunan periode getar yang cukup besar. Sementara, penerapan voute pada join eksterior sedikit memberi pengaruh terhadap penurunan periode getar.

Perbandingan terbalik terjadi pada partisipasi massa, dimana dengan adanya join voute, partisipasi massa bangunan meningkat, yang ditunjukkan sebagai berikut:

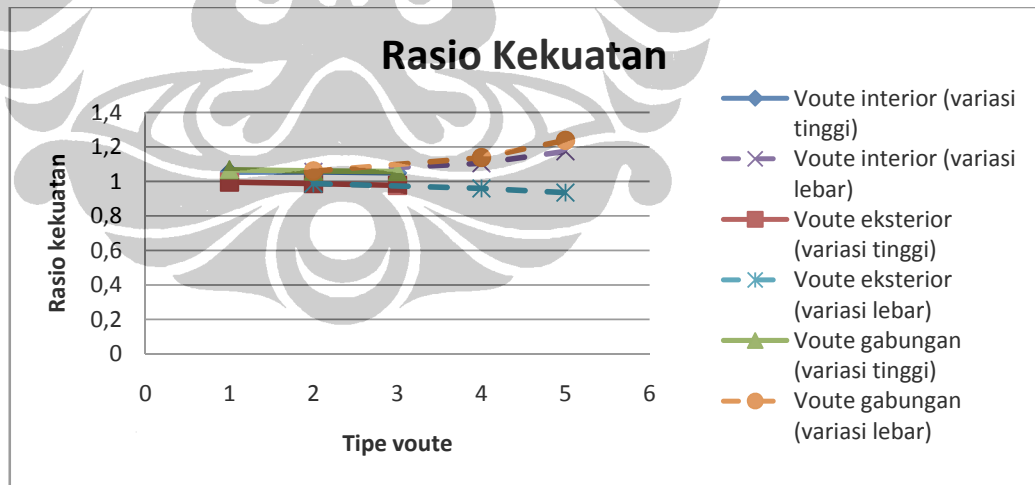




Gambar 5.15 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap peningkatan partisipasi massa (gedung 9 lantai)

### V.3.3 Analisa Hasil Kekuatan

Penerapan voute pada join balok-kolom menambah kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Lokasi join voute ternyata memberikan pengaruh terhadap seberapa besar peningkatan itu terjadi, seperti ditunjukkan pada grafik dibawah ini:



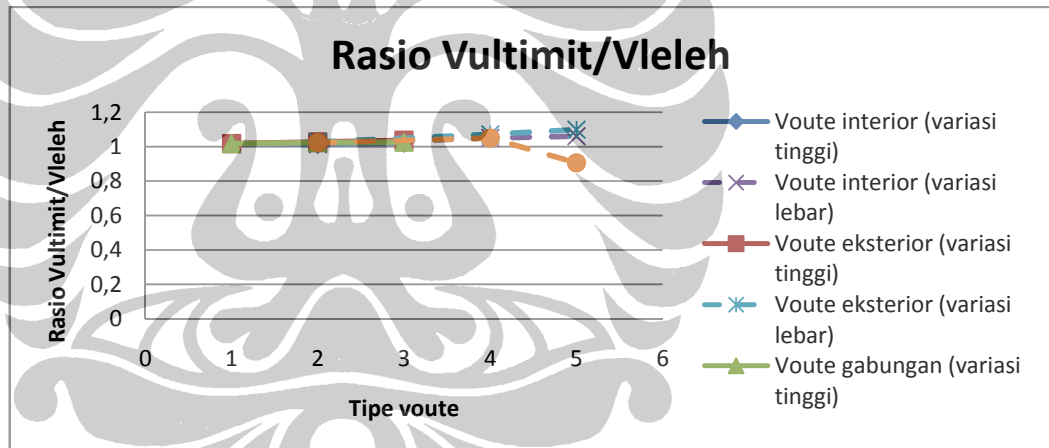
Gambar 5.16 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio kekuatan struktur (gedung 9 lantai)

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan optimal dari elemen struktur diperoleh pada lokasi voute interior, dimana untuk setiap variasi dimensi voute, terjadi peningkatan kekuatan dengan peningkatan terbesar diperoleh pada variasi lebar

route, yaitu tipe route 2,4 dan 5. Sementara itu, penerapan route pada join eksterior ternyata menyebabkan penurunan kekuatan elemen struktur. Kondisi yang hampir sama terjadi pada join route gabungan, dimana untuk join route 1, 2 dan 3 (variasi tinggi route) kekuatan struktur menurun, sedangkan untuk join route 2,4 dan 5 (variasi lebar route), kekuatan struktur kembali meningkat.

### V.3.4 Analisa Hasil $V_{ultimit}$ Dan $V_{leleh}$

Penerapan route pada join balok kolom, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang dapat ditahan olehnya. Lokasi penerapan route sangat mempengaruhi besarnya rasio tersebut, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



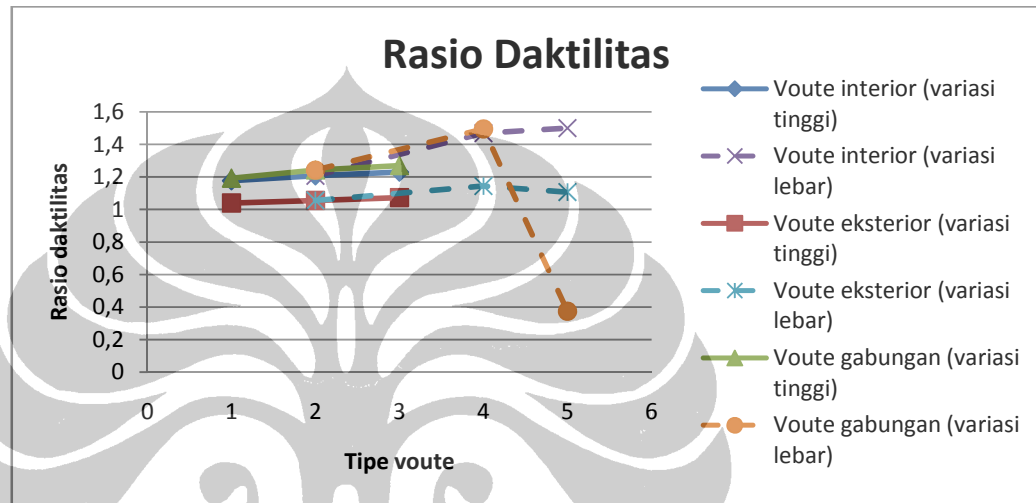
Gambar 5.17 Grafik pengaruh lokasi route terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  (gedung 9 lantai)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk join route interior terjadi penurunan untuk variasi tinggi route (tipe route 1, 2, dan 3), namun untuk tipe route 2,4 dan 5 (variasi lebar route) terjadi peningkatan. Sementara untuk join route eksterior, rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat untuk setiap variasi dimensi route. Hasil yang berbeda diperoleh untuk join route gabungan, untuk variasi tinggi dan lebar route, terjadi peningkatan, namun pada tipe route 5 terjadi penurunan yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan pada tipe route 5 untuk join route gabungan, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom,

sehingga kondisi *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi tidak tercapai.

### V.3.5 Analisa Hasil Daktilitas

Penerapan voute pada join balok-kolom, meningkatkan daktilitas bangunan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.18 Grafik pengaruh lokasi voute terhadap rasio daktilitas struktur (gedung 9 lantai)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan untuk join voute 5 pada voute gabungan. Hal ini dikarenakan prinsip *strong-column weak-beam* yang diharapkan terjadi pada elemen struktur tidak tercapai. Kondisi ini terjadi karena akibat dimensi lebar voute yang besar, serta penerapan voute pada join interior dan eksterior, kapasitas balok menjadi lebih tinggi dari kolom, sehingga kolom menjadi lebih lemah daripada balok. Peningkatan daktilitas bangunan yang sangat optimal terjadi pada join voute interior, pada tipe voute 2,4 dan 5 (variasi lebar voute).

### V.3.6 Analisa Hasil Performance Level Dari Elemen Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan performance level dari struktur. Namun lokasi dari join voute itu ternyata memberikan pengaruh

terhadap peningkatan performa struktur. Seperti diberikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.3 Performance level untuk lokasi voute yang berbeda pada gedung 9 lantai

	Join voute Interior		Join voute eksterior		Join voute gabungan	
	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges	Performance Level	Hinges
model standar	CP	73	CP	73	CP	73
tipe voute1	CP	78	CP	78	CP	78
tipe voute2	CP	78	CP	78	CP	78
tipe voute3	CP	78	CP	78	CP	78
tipe voute4	CP	83	CP	78	CP	84
tipe voute5	CP	89	CP	80	CP	26

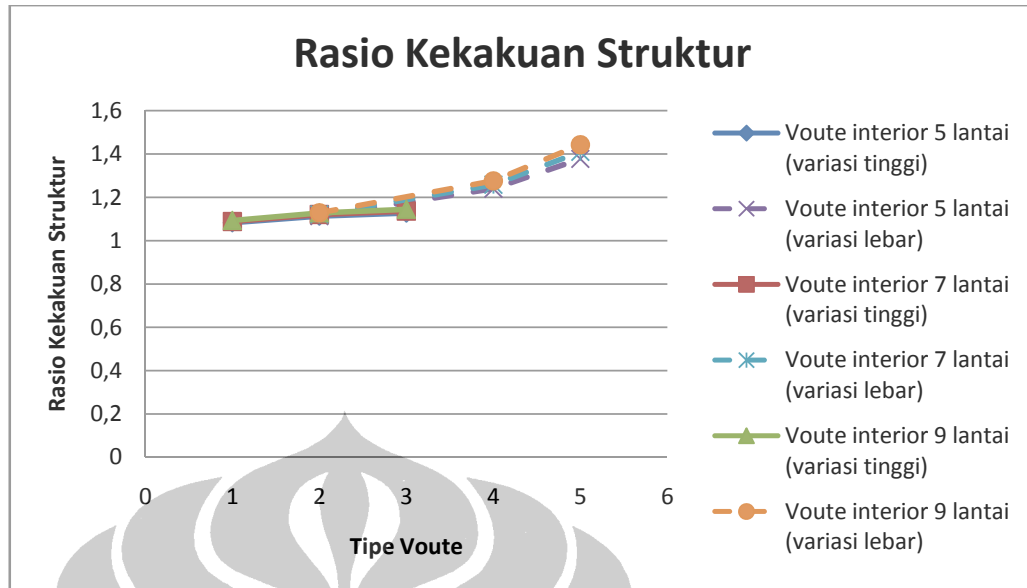
Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa akibat pemberian join voute interior tipe 1, *performance level* struktur meningkat. Namun untuk variasi tinggi voute seperti pada tipe voute 2 dan 3, performa yang dihasilkan sama dengan join voute 1. Peningkatan terjadi ketika variasi lebar pada voute diterapkan, seperti pada tipe voute 2,4 dan 5.

Selain itu, akibat join voute eksterior, *performance level* struktur juga meningkat. Namun untuk setiap variasi voute, peningkatan performa tidak terjadi, kecuali pada join voute 5. Untuk join voute gabungan pada tipe voute 5, terjadi penurunan performa yang sangat drastis. Hal ini dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* pada elemen struktur tidak tercapai.

#### V.4 PENGARUH JUMLAH LANTAI TERHADAP SEISMIC PERFORMANCE LEVEL ELEMEN STRUKTUR PADA JOIN VOUTE INTERIOR

##### V.4.1 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekakuan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom interior, menambah kekakuan elemen struktur. Untuk melihat apakah jumlah lantai mempengaruhi kekakuan struktur, dapat dilihat grafik perbandingan berikut:

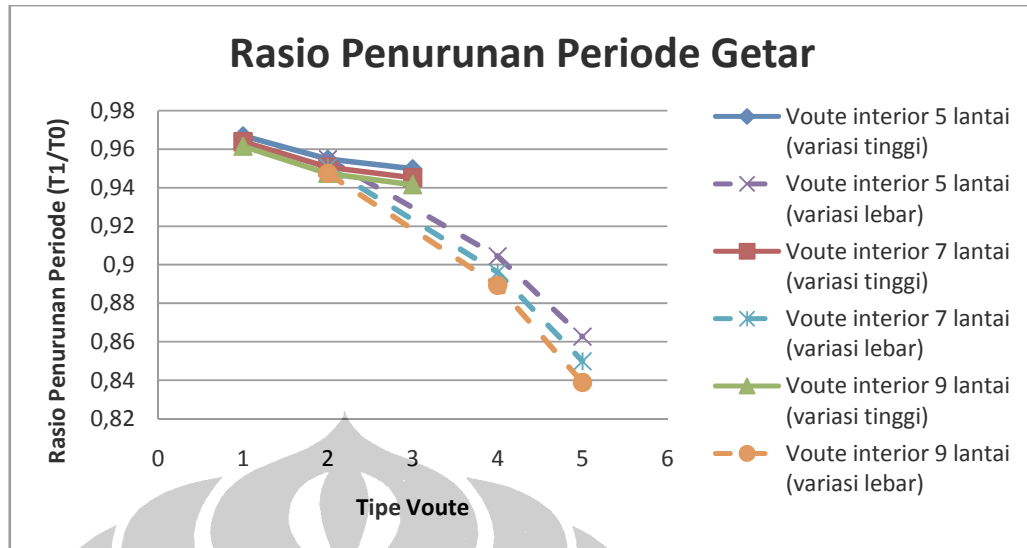


Gambar 5.19 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekakuan struktur pada join voute interior

Berdasarkan grafik diatas, kekakuan struktur yang dihasilkan oleh join voute interior, baik pada gedung 5, 7 dan 9 lantai, hampir tidak mengalami perbedaan. Maka, jumlah lantai ternyata tidak mempengaruhi rasio kekakuan struktur.

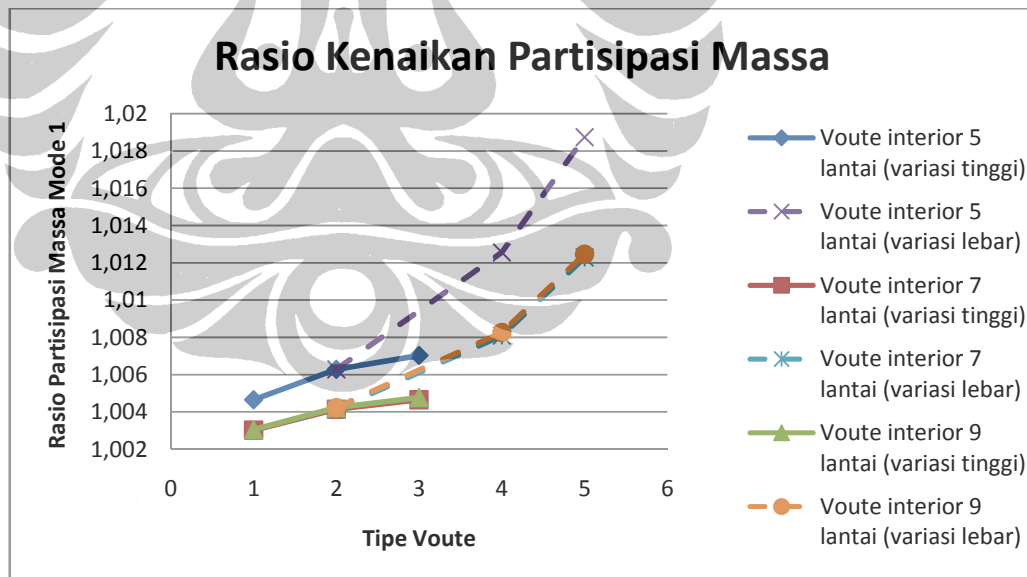
#### V.4.2 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Periode Getar Dan Partisipasi Massa Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom interior menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute. Pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.20 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan rasio periode getar pada join voute interior

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk gedung 5 lantai, rasio penurunan periode yang terjadi lebih kecil dibandingkan gedung 7 lantai dan 9 lantai. Sementara pengaruh jumlah lantai terhadap rasio partisipasi massa dapat dilihat pada grafik berikut:



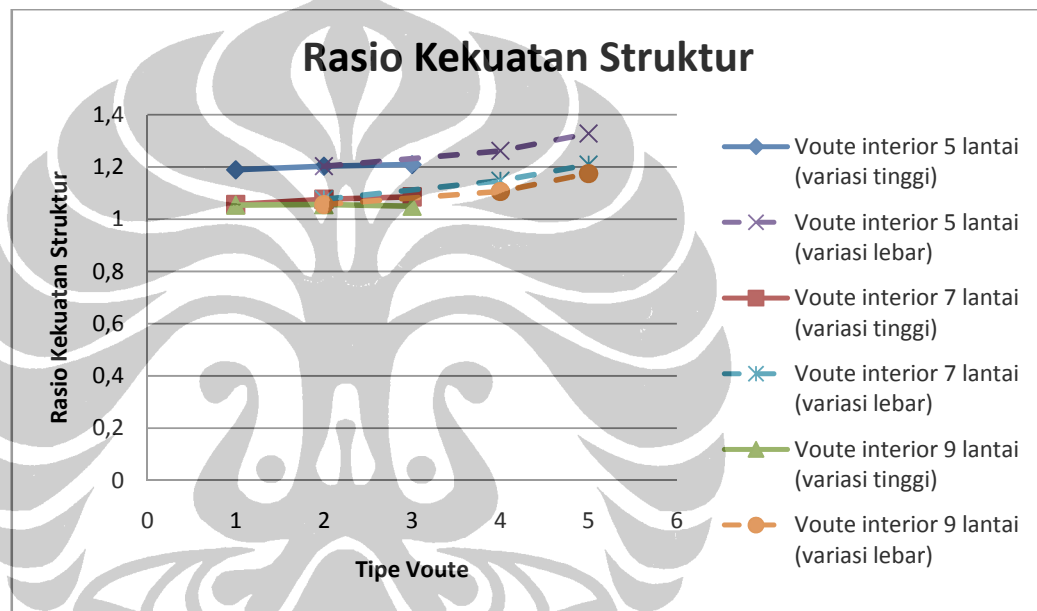
Gambar 5.21 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan rasio partisipasi massa pada join voute interior

Berdasarkan grafik diatas, gedung 5 lantai memiliki partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Dalam hal peningkatan rasio partisipasi massa akibat variasi dimensi voute, gedung 5 lantai juga

memberikan peningkatan partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai yang menghasilkan peningkatan partisipasi massa yang sama.

#### V.4.3 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekuatan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom interior menambah kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur ditunjukkan seperti berikut:



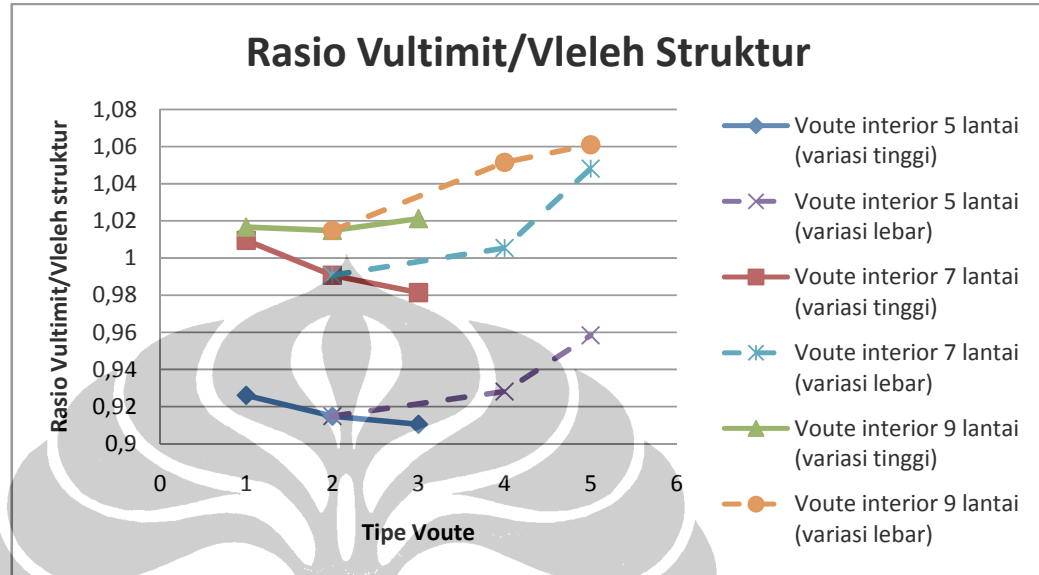
Gambar 5.22 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur pada join voute interior

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan yang dihasilkan oleh join voute interior pada gedung 5 lantai lebih tinggi dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah jumlah lantai, pengaruh voute dalam hal kekuatan struktur semakin berkurang.

#### V.4.4 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio $V_{ultimit}/V_{leleh}$ Struktur

Penerapan voute pada join balok kolom interior, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang

dapat ditahan olehnya. Jumlah lantai suatu bangunan memberikan pengaruh terhadap rasio gaya geser dasar leleh terhadap gaya geser dasar ultimit seperti ditunjukkan tabel berikut:



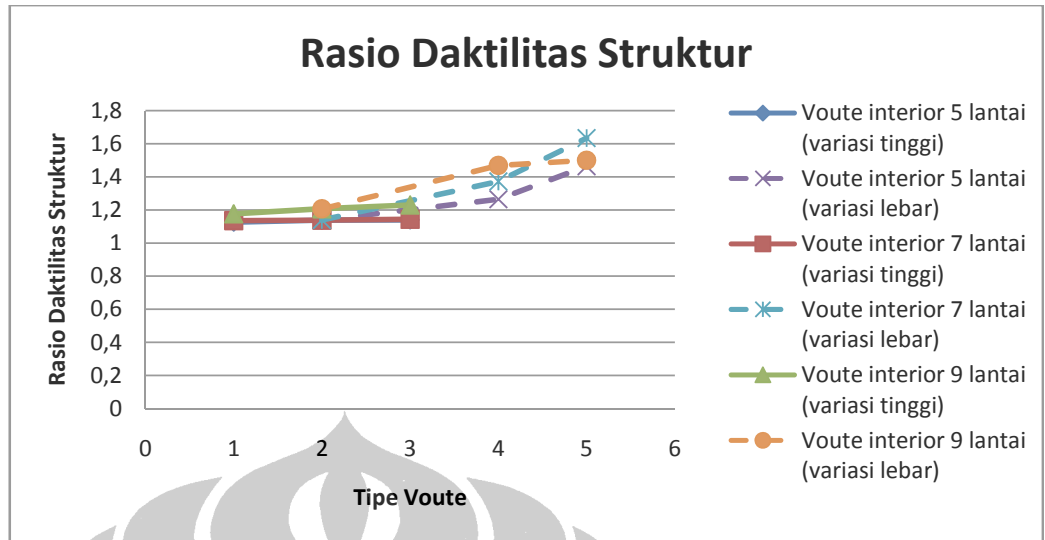
Gambar 5.23 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  pada join voute interior

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, maka rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat.

#### V.4.5 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Daktilitas Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom interior, meningkatkan daktilitas struktur, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:





Gambar 5.24 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio daktilitas struktur pada join voute interior

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, rasio daktilitas yang dihasilkan semakin besar. Hasil yang tidak sesuai diperoleh pada tipe voute 5 pada gedung 9 lantai, dimana peningkatan daktilitas struktur yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan peningkatan yang terjadi pada join voute 5 pada gedung 7 lantai.

#### V.4.6 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap *Performance Level* Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan *performance level* dari struktur. Pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan performa bangunan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5.4 Performance level untuk join voute interior pada gedung 5, 7 dan 9 lantai

Gedung 5 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 7 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 9 Lantai	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24	model standar	CP	43	model standar	CP	73
join voute1	CP	23	join voute1	CP	60	join voute1	CP	78
join voute2	CP	23	join voute2	CP	60	join voute2	CP	78
join voute3	CP	23	join voute3	CP	60	join voute3	CP	78
join voute4	CP	30	join voute4	CP	66	join voute4	CP	83
join voute5	CP	37	join voute5	CP	66	join voute5	CP	89

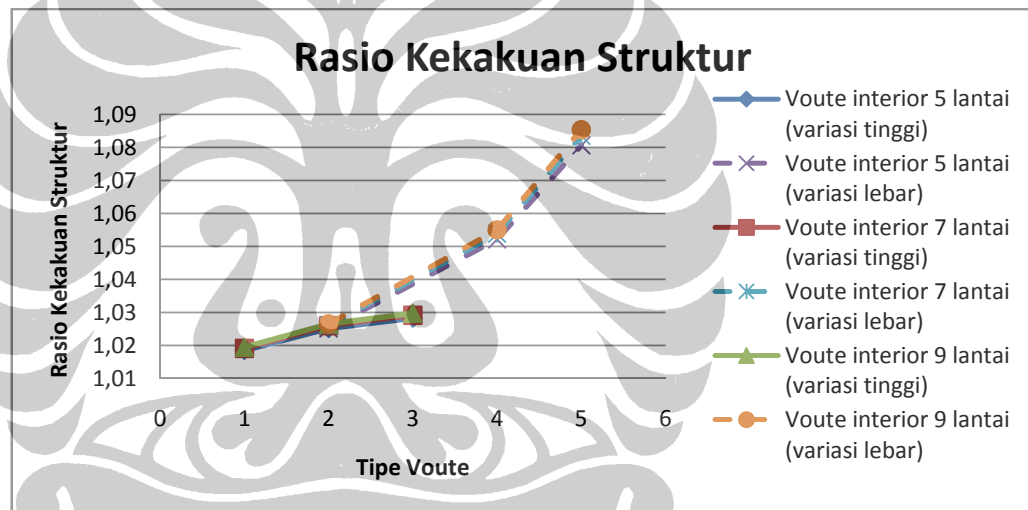
Dari tabel diatas, gedung 5 dan 9 lantai memberikan bentuk peningkatan performa yang sesuai. Hasil yang sedikit berbeda diberikan pada gedung 7

lantai, dimana performa join voute 5 tidak mengalami peningkatan dari join voute 4.

## V.5 PENGARUH JUMLAH LANTAI TERHADAP *SEISMIC PERFORMANCE LEVEL* ELEMEN STRUKTUR PADA JOIN VOUTE EKSTERIOR

### V.5.1 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekakuan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior, menambah kekakuan elemen struktur. Untuk melihat apakah jumlah lantai mempengaruhi kekakuan struktur, dapat dilihat grafik perbandingan berikut:

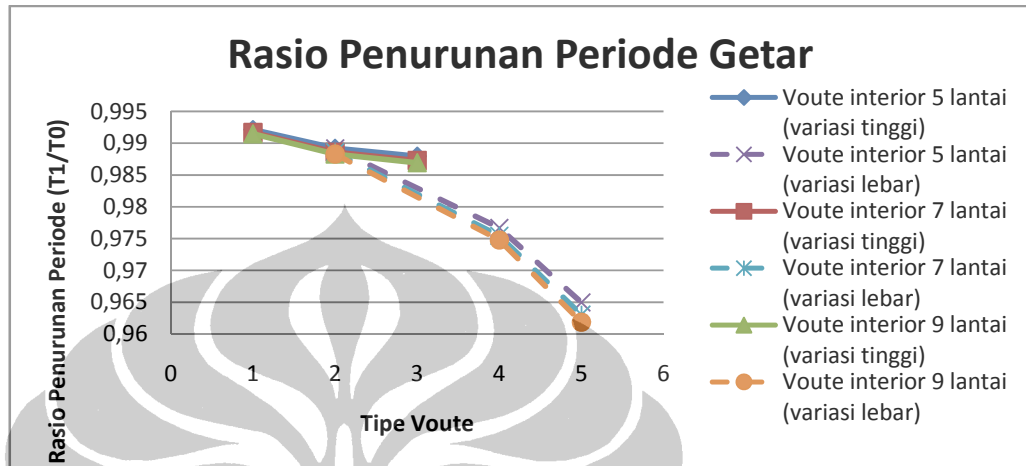


Gambar 5.25 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekakuan struktur pada join voute eksterior

Berdasarkan grafik diatas, kekakuan struktur yang dihasilkan oleh join voute eksterior, baik pada gedung 5, 7 dan 9 lantai, hampir tidak mengalami perbedaan. Maka, jumlah lantai ternyata tidak mempengaruhi rasio kekakuan struktur.

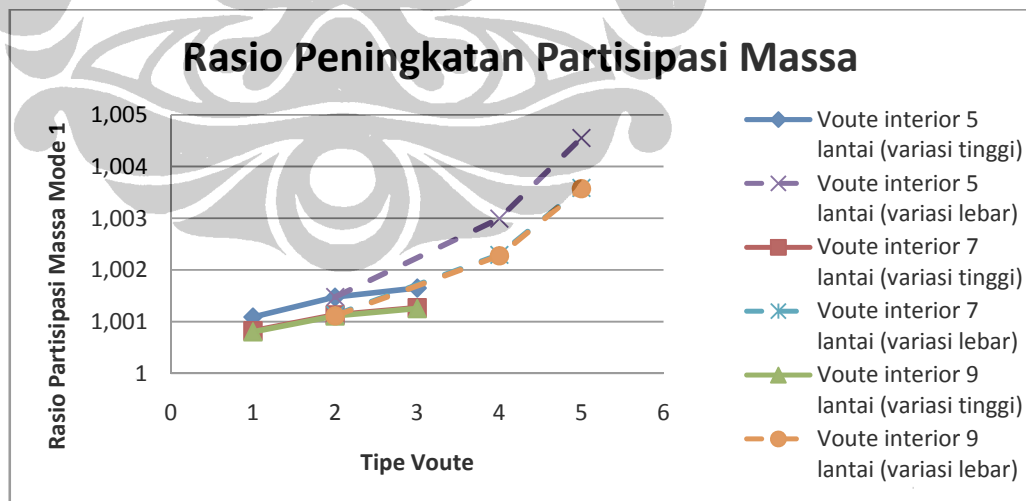
### V.5.2 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Periode Getar Dan Partisipasi Massa Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute. Pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.26 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan rasio periode getar pada join voute eksterior

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk gedung 5 lantai, rasio penurunan periode yang terjadi lebih kecil dibandingkan gedung 7 lantai dan 9 lantai. Sementara pengaruh jumlah lantai terhadap rasio partisipasi massa dapat dilihat pada grafik berikut:



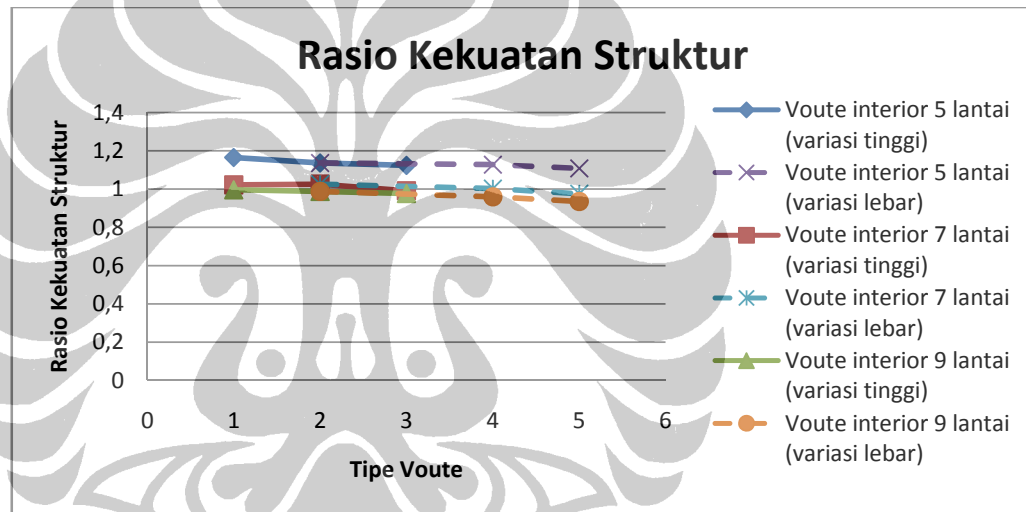
Gambar 5.27 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan rasio partisipasi massa getar pada join voute eksterior

Berdasarkan grafik diatas, gedung 5 lantai memiliki partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Dalam hal peningkatan rasio

partisipasi massa akibat variasi dimensi voute, gedung 5 lantai juga memberikan peningkatan partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai yang menghasilkan peningkatan partisipasi massa yang sama.

### V.5.3 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekuatan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior tidak meningkatkan kekuatan struktur, justru menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur ditunjukkan seperti berikut:

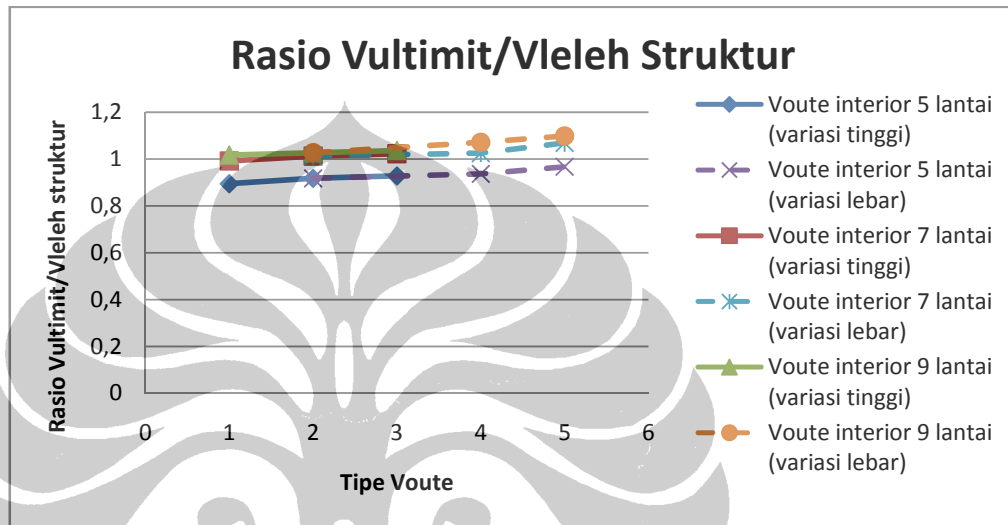


Gambar 5.28 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur getar pada join voute eksterior

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan yang dihasilkan oleh join voute eksterior pada gedung 5 lantai lebih tinggi dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah jumlah lantai, pengaruh voute dalam hal kekuatan struktur semakin berkurang. Meskipun demikian, penerapan join voute eksterior tidak efektif dikarenakan kekuatan struktur tidak meningkat, baik untuk variasi tinggi ataupun variasi lebar voute.

### V.5.4 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio $V_{ultimit}/V_{leleh}$ Struktur

Penerapan voute pada join balok kolom eksterior, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang dapat ditahan olehnya. Jumlah lantai suatu bangunan memberikan pengaruh terhadap rasio gaya geser dasar leleh terhadap gaya geser dasar ultimit seperti ditunjukkan tabel berikut:

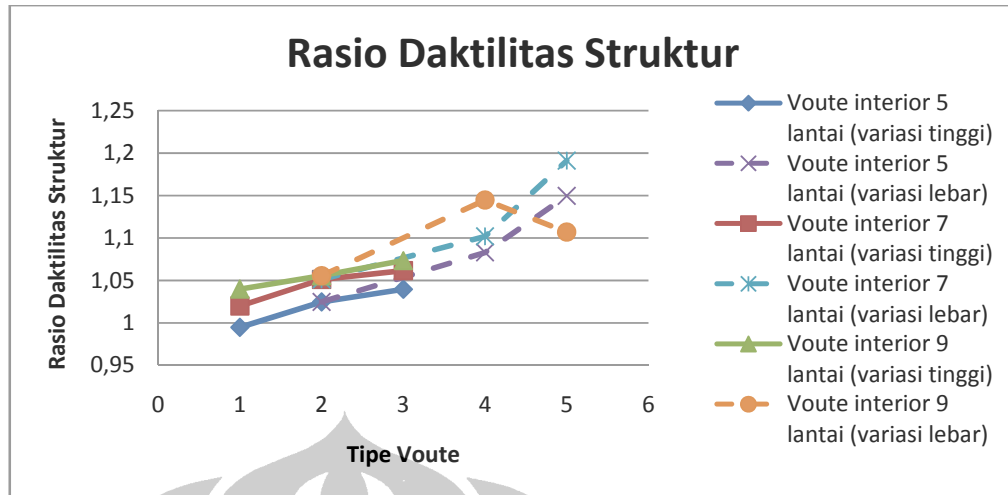


Gambar 5.29 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  getar pada join voute eksterior

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, maka rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat.

### V.5.5 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Daktilitas Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom eksterior, meningkatkan daktilitas bangunan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.30 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio daktilitas struktur getar pada join voute eksterior

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, rasio daktilitas yang dihasilkan semakin besar. Hasil yang tidak sesuai diperoleh pada tipe voute 5 pada gedung 9 lantai, dimana peningkatan daktilitas struktur yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan peningkatan yang terjadi pada join voute 5 pada gedung 7 lantai.

### V.5.6 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap *Performance Level* Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan *performance level* dari struktur. Pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan performa bangunan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5.5 Performance level untuk join voute eksterior pada gedung 5, 7 dan 9 lantai

Gedung 5 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 7 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 9 Lantai	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24	model standar	CP	43	model standar	CP	73
join voute1	CP	24	join voute1	CP	50	join voute1	CP	78
join voute2	CP	24	join voute2	CP	51	join voute2	CP	78
join voute3	CP	24	join voute3	CP	52	join voute3	CP	78
join voute4	CP	24	join voute4	CP	53	join voute4	CP	78
join voute5	CP	24	join voute5	CP	58	join voute5	CP	80

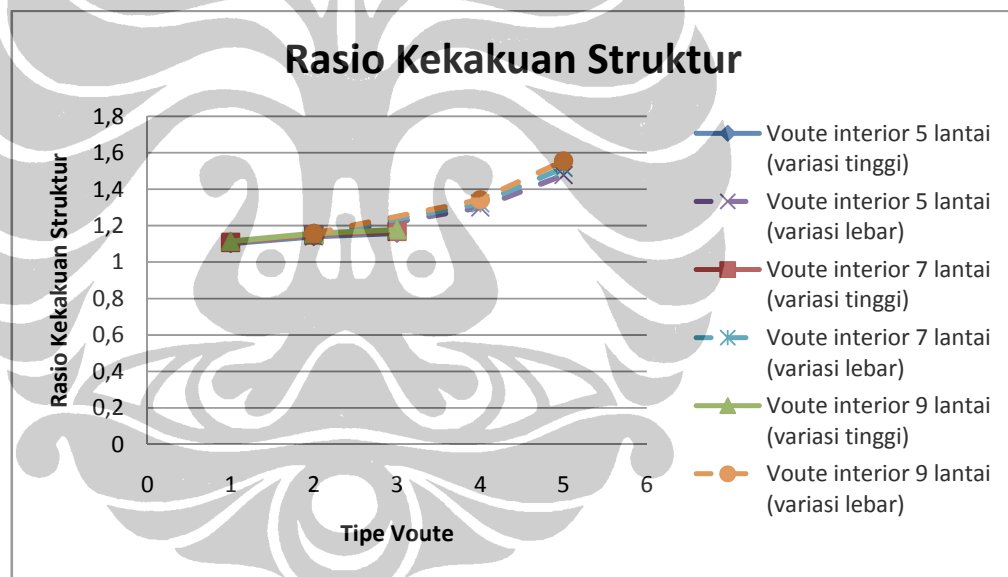
Dari tabel diatas, pada gedung 5 lantai, tidak terjadi peningkatan performa untuk setiap variasi dimensi voute. Pada gedung 7 lantai, peningkatan performa terjadi, namun tidak terlalu signifikan. Pada gedung 9 lantai, kondisi yang

terjadi hampir sama dengan gedung 5 lantai, dimana hampir tidak terjadi perubahan untuk setiap variasi dimensi voute, kecuali pada join voute 5 dimana peningkatan yang terjadi kecil.

## V.6 PENGARUH JUMLAH LANTAI TERHADAP *SEISMIC PERFORMANCE LEVEL* ELEMEN STRUKTUR PADA JOIN VOUTE GABUNGAN

### V.6.1 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekakuan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom gabungan, menambah kekakuan elemen struktur. Untuk melihat apakah jumlah lantai mempengaruhi kekakuan struktur, dapat dilihat grafik perbandingan berikut:

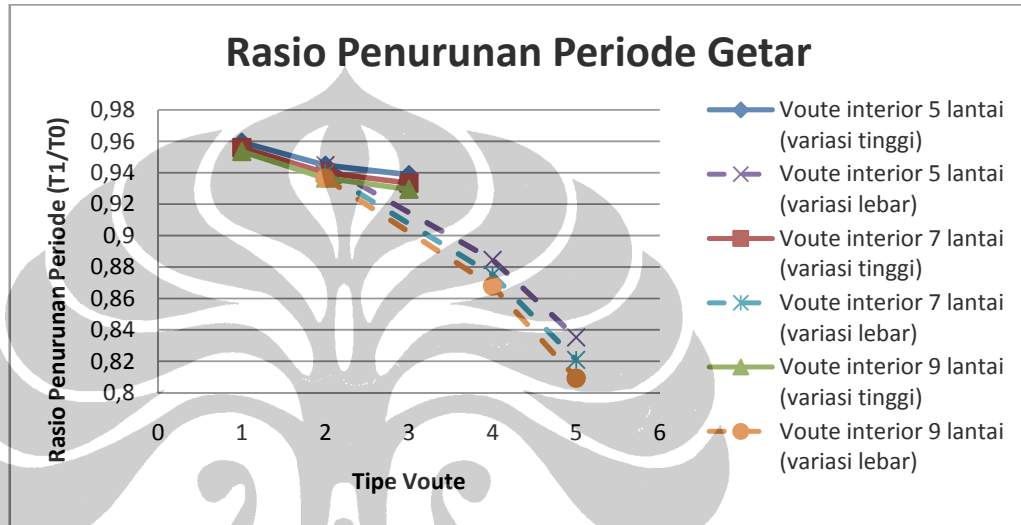


Gambar 5.31 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekakuan struktur pada join voute gabungan

Berdasarkan grafik diatas, kekakuan struktur yang dihasilkan oleh join voute gabungan, baik pada gedung 5, 7 dan 9 lantai, hampir tidak mengalami perbedaan. Maka, jumlah lantai ternyata tidak mempengaruhi rasio kekakuan struktur.

## V.6.2 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Periode Getar Dan Partisipasi Massa Struktur

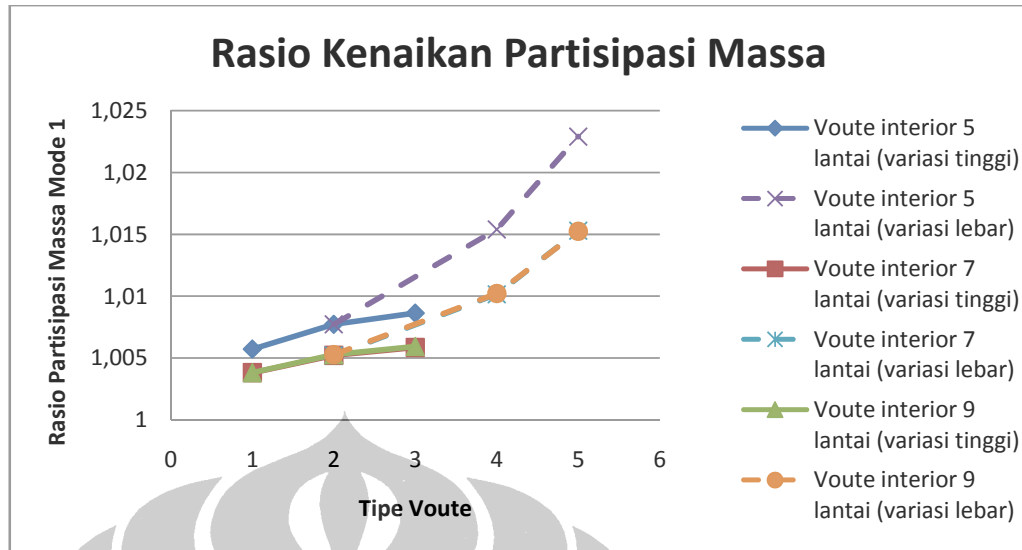
Penerapan voute pada join balok-kolom gabungan menambah kekakuan struktur, sehingga periode getar bangunan akan menjadi lebih kecil dibandingkan model struktur tanpa voute. Pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan periode getar ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.32 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap penurunan rasio periode getar pada join voute gabungan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk gedung 5 lantai, rasio penurunan periode yang terjadi lebih kecil dibandingkan gedung 7 lantai dan 9 lantai. Sementara pengaruh jumlah lantai terhadap rasio partisipasi massa dapat dilihat pada grafik berikut:



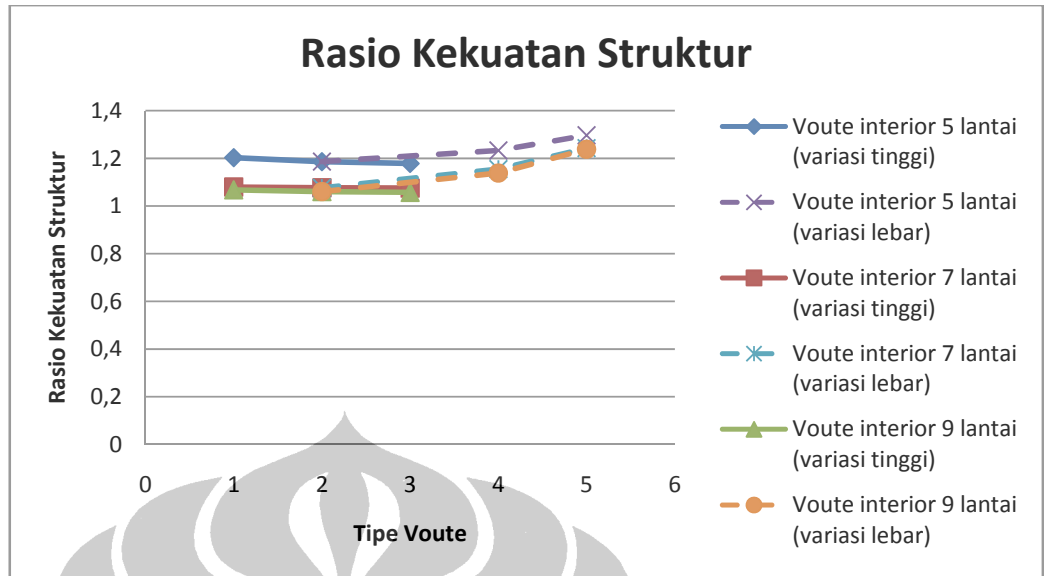


Gambar 5.21 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan rasio partisipasi massa pada join voute gabungan

Berdasarkan grafik diatas, gedung 5 lantai memiliki partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Dalam hal peningkatan rasio partisipasi massa akibat variasi dimensi voute, gedung 5 lantai juga memberikan peningkatan partisipasi massa yang lebih besar dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai yang menghasilkan peningkatan partisipasi massa yang sama.

### V.6.3 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Kekuatan Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom gabungan memberi pengaruh terhadap kekuatan struktur dalam menahan beban gempa yang diberikan. Pengaruh voute ini berbeda terhadap variasi tipe voute yang diberikan. Untuk variasi tinggi voute, kekuatan struktur mengalami penurunan. Sementara untuk variasi lebar voute, kekuatan struktur meningkat. Adapun pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur ditunjukkan seperti berikut:

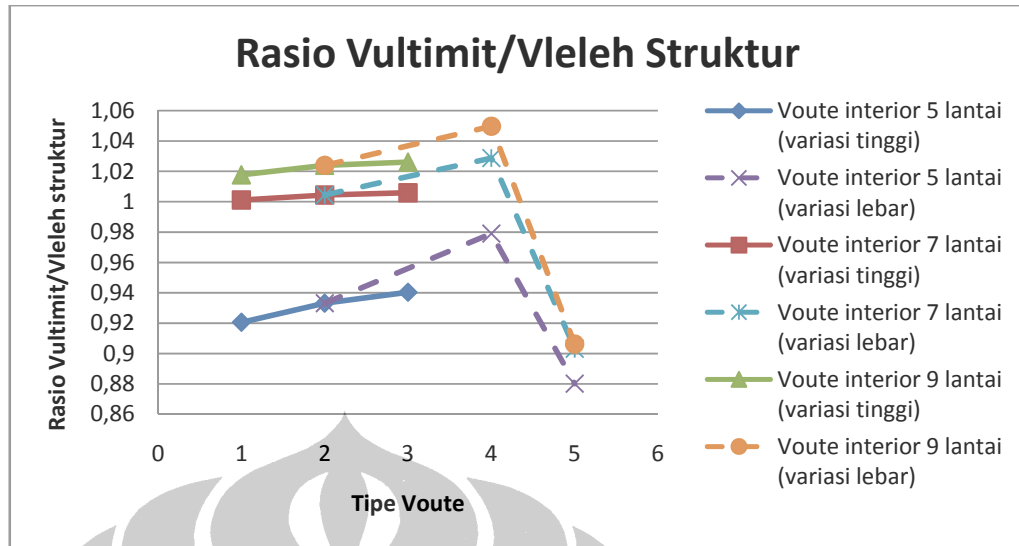


Gambar 5.33 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio kekuatan struktur pada join voute gabungan

Berdasarkan grafik diatas, kekuatan yang dihasilkan oleh join voute gabungan pada gedung 5 lantai sedikit lebih tinggi dibandingkan gedung 7 dan 9 lantai. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah jumlah lantai, pengaruh voute dalam hal kekuatan struktur semakin berkurang.

#### V.6.4 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio $V_{ultimit}/V_{leleh}$ Struktur

Penerapan voute pada join balok kolom gabungan, meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan gaya geser dasar leleh dari elemen struktur, dan gaya geser dasar ultimit yang dapat ditahan olehnya. Jumlah lantai suatu bangunan memberikan pengaruh terhadap rasio gaya geser dasar leleh terhadap gaya geser dasar ultimit seperti ditunjukkan tabel berikut:

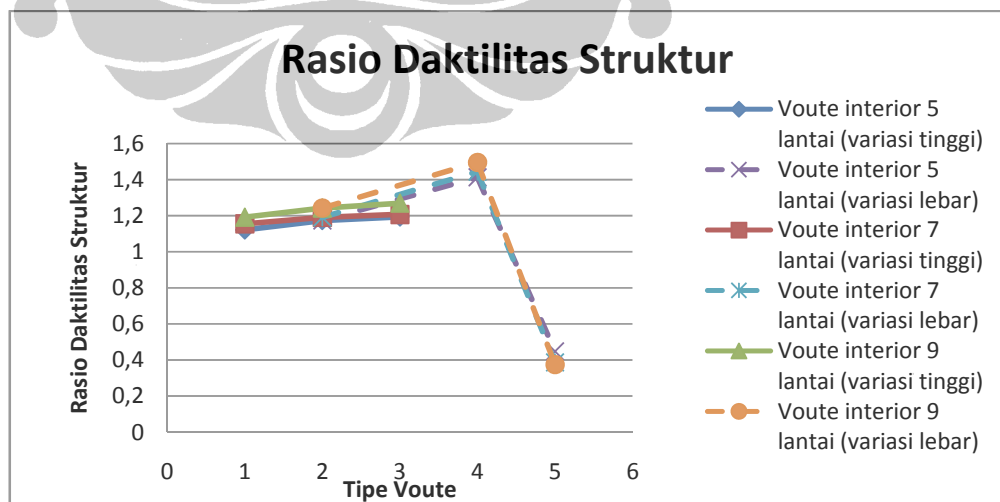


Gambar 5.34 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  pada join voute gabungan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, maka rasio  $V_{ultimit}/V_{leleh}$  semakin meningkat. Penurunan yang terjadi pada tipe voute 5 untuk ketiga tipe gedung dikarenakan kondisi *strong-column weak-beam* pada struktur tidak tercapai.

#### V.6.5 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Daktilitas Struktur

Penerapan voute pada join balok-kolom gabungan, meningkatkan daktilitas bangunan, seperti ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar 5.35 Grafik pengaruh jumlah lantai terhadap rasio daktilitas struktur pada join voute gabungan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambah jumlah lantai, rasio daktilitas yang dihasilkan semakin besar. Hasil yang tidak sesuai diperoleh pada tipe voute 5 pada ketiga tipe gedung, dimana terjadi penurunan daktilitas. Hal ini terjadi akibat kondisi *strong-column weak-beam* pada struktur tidak tercapai.

### V.6.6 Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap *Performance Level* Struktur

Secara teori, penerapan join voute akan meningkatkan *performance level* dari struktur. Pengaruh jumlah lantai terhadap peningkatan performa bangunan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5.6 Performance level untuk join voute gabungan pada gedung 5, 7 dan 9 lantai

Gedung 5 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 7 Lantai	Performance Level	Hinges	Gedung 9 Lantai	Performance Level	Hinges
model standar	CP	24	model standar	CP	43	model standar	CP	73
join voute1	CP	24	join voute1	CP	62	join voute1	CP	78
join voute2	CP	24	join voute2	CP	62	join voute2	CP	78
join voute3	CP	24	join voute3	CP	62	join voute3	CP	78
join voute4	CP	36	join voute4	CP	66	join voute4	CP	84
join voute5	LS	3	join voute5	CP	6	join voute5	CP	26

Dari tabel diatas, untuk ketiga tipe gedung, dapat dilihat bahwa variasi tinggi voute pada join voute 1, 2 dan 3 tidak meningkatkan performa struktur. Peningkatan performa terjadi pada join voute 4, dimana variasi lebar voute dilakukan. Namun untuk join voute 5 yang secara teori seharusnya juga memberikan peningkatan, justru memberikan penurunan performa. Hal ini terjadi karena akibat join voute gabungan, kondisi *strong-column weak-beam*, tidak berhasil dicapai oleh struktur.