

# ANALISIS PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN METODE STRUT AND TIE MODEL

(Studi Kasus Gedung Teknologi Informatika Politeknik Negeri Jember)

Ahmad Raihan Syah, Arief Alihudien, ST.,MT, Ilanka Cahya Dewi, ST.,MT  
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Jln. Karimata 49, Jember 68121  
E-mail: araihansyah@ymail.com

## Abstrak

Secara umum proyek konstruksi berkembang semakin besar dan rumit seiring dengan berkembangnya zaman. Sehingga Kontruksi bangunan gedung bertingkat banyak digunakan, hal ini disebabkan pertumbuhan penduduk yang selalu meningkat dan kelangkaan lahan dan harga lahan yang tinggi, sehingga muncul bangunan gedung bertingkat untuk memenuhi kebutuhan penduduk baik untuk tempat tinggal, perkantoran, sekolah, dan lain sebagainya. Pada bangunan bertingkat tinggi gaya-gaya pada kolom cukup besar untuk menahan gaya gempa yang terjadi sehingga pada umumnya perlu menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser. Perencanaan dinding geser dengan metode STRUT AND TIE MODEL dapat dilakukan, karena pengaplikasiannya cukup efektif dan praktis pada komponen beton bertulang. Elemen-elemen struktur yang dianalisis dipisahkan menjadi Free Body dengan gaya-gaya yang bekerja dan selanjutnya elemen ini direncanakan dengan pendekatan truss analogi. STRUT adalah bagian yang akan tertekan yang dilawan oleh komponen beton dengan atau tanpa penulangan dan TIE adalah bagian tarik yang dipikul oleh baja tulangan. Dari hasil analisa data, perencanaan dinding geser dengan metode STRUT AND TIE MODEL gaya-gaya yang bekerja dapat dianalisis secara bersama, sedangkan dengan cara konvensional tulangan lentur, geser, dan torsi direncanakan secara terpisah. Dari pemakaian tulangan lebih ekonomis dibandingkan secara konvensional dari segi jumlah tulangan yang diperoleh pada metode STRUT AND TIE MODEL.

## PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya kemajuan zaman pertumbuhan pembangunan infrastruktur gedung di Indonesia mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan. Konstruksi bangunan gedung bertingkat dengan menggunakan beton bertulang banyak digunakan, hal ini disebabkan pertumbuhan penduduk yang selalu meningkat, kelangkaan lahan, dan harga lahan yang tinggi, Sehingga muncul bangunan gedung bertingkat untuk memenuhi kebutuhan penduduk baik untuk tempat tinggal, perkantoran, sekolah, dan lain sebagainya.

Dalam perencanaan bangunan gedung bertingkat haruslah didesain tahan gempa karena gedung akan mengalami getaran akibat percepatan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi. Di Indonesia konstruksi bangunan gedung bertingkat telah banyak dijumpai, yaitu sistem portal, sistem dinding geser dan lain sebagainya. Pada bangunan gedung bertingkat umumnya gaya-gaya pada kolom cukup besar untuk menahan beban gempa yang terjadi sehingga umumnya perlu menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Dinding geser (*shear wall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau

gaya-gaya yang terjadi pada bangunan. Dinding geser berperilaku sebagai balok lentur kantilever. Oleh karena itu dinding geser selain menahan geser (*shear force*) juga menahan lentur. Kolom-kolom dianggap tidak ikut mendukung gaya horizontal, sehingga hanya didesain untuk menahan gaya normal (gaya vertikal) saja. Secara struktural dinding geser dapat dianggap sebagai balok kantilever vertikal yang terjepit bagian bawahnya pada pondasi atau *basemen*. Panjang horizontal dinding geser biasanya 3-6 meter dengan tebal 30 cm. Gaya-gaya horizontal di sebar melalui struktur plat lantai dan berlaku sebagai diafragma horizontal terhadap dinding geser, sejajar dengan aksi gaya. Dinding geser ini menahan aksi tersebut karena sangat kaku, berperan sebagai balok yang tebal dan bereaksi terhadap gaya geser dan lentur, Sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil, kerusakan pada elemen non struktural baru terjadi pada gempa yang relatif kuat.

Indonesia merupakan daerah yang mempunyai potensi besar untuk terjadinya gempa bumi. Gempa bumi dapat mengakibatkan bangunan mengalami gerakan horizontal dan vertikal, pada gaya horizontal, gaya gempa menyerang titik-titik lemah pada struktur yang kekuatannya tidak memadai dan akan langsung menyebabkan keruntuhan. Sistem bangunan dinding geser mempunyai daya tahan lentur dan geser yang tinggi sehingga dapat meminimalisir gaya horizontal yang disebabkan oleh gempa. Pada skripsi ini akan menganalisis perencanaan dinding geser dengan metode *Strut and Tie Model*.

### Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari permasalahan dalam isi dari perumusan tugas akhir ini adalah:

1. Tentukan besar gaya pada dinding geser secara umum dan analisa struktur?
2. Rencanakan pembesian dari dinding geser sesuai dengan gaya-gaya yang diperoleh pada pemodelan *Strut and Tie model* ?
3. Bandingkan tulangan secara konvensional dengan tulangan secara *Strut and Tie model* ?

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang didapat dari permasalahan dalam isi dari perumusan

tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menentukan besar gaya pada dinding geser secara umum dan analisa struktur.
2. Untuk merencanakan pembesian dari dinding geser sesuai dengan gaya-gaya yang diperoleh pada pemodelan *Strut and Tie model* tersebut.
3. Untuk membandingkan tulangan secara konvensional dengan tulangan secara *Strut and Tie model*.

### Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yakni:

1. Dimensi material komponen-komponen struktur utama seperti plat, balok, dan kolom menggunakan dimensi yang telah ada.
2. Beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa horizontal.
3. Sistem yang digunakan adalah sistem ganda dimana dinding geser memikul sebagian beban horizontal akibat gempa.
4. Perletakan struktur adalah jepit
5. Struktur yang ditinjau adalah 4 lantai sesuai dengan gambar

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Struktur Bangunan, khususnya dalam Bangunan gedung.
2. Bagi para konsultan dan kontraktor, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan sehingga menghasilkan suatu struktur bangunan yang kuat.

## TINJAUAN PUSTAKA

Dalam mendesain sistem struktural perlu diperhatikan kestabilan lateral. Bagaimana suatu struktur dapat menahan gaya lateral tidak saja akan mempengaruhi desain elemen-elemen vertikal struktur tetapi juga elemen horizontalnya. Struktur harus disusun sedemikian rupa hingga mekanisme pikul beban lateral mencukupi untuk memikul semua jenis kondisi beban lateral yang mungkin terjadi padanya.

*Shear wall*, yaitu dinding dengan material batu bata atau batako yang diperkuat secara khusus dengan anker baja, dimana struktur dengan dinding geser dan portal-portal bertulang ikut menahan beban gempa melalui aksi komposit sehingga meningkatkan kekakuan dan menahan gaya lateral. Deformasi pada dinding kantilever

menyerupai deformasi balok kantilever yang tegak lurus tanah dan selain deformasi lentur, dinding mengalami deformasi geser dan rotasi secara keseluruhan akibat deformasi tanah.

Dinding geser (*shear wall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau gempa yang bekerja pada bangunan (Wolfgang Schueller, 1989 : 105). Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan sistem struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang. Pada konstruksi pelat beton bertulang, lantai dapat dianggap tidak mengalami distorsi karena ketegaran lantai sangat besar. Jadi gaya geser yang ditahan oleh sistem struktur disetiap tingkat bisa dihitung berdasarkan rasio ketegaran dengan memakai prinsip statis tak tertentu. Berdasarkan konsep dasar ini, Dr. T. Naito menyebut proporsi yang ditahan oleh berbagai sistem sebagai koefisien distribusi gaya geser, dan menyatakannya dengan notasi  $D$  ( nilai  $D$  ).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Konsep Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan dinding geser dengan metode *strut and tie model* yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pelaksanaan sehingga menghasilkan suatu hasil struktur bangunan yang lebih kuat dimasa mendatang.

### Pemilihan Metode

Dalam kajian awal, telah dijabarkan latar belakang masalah, tujuan, sasaran penelitian, dan kerangka pemikiran. Pertanyaan penelitian yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan adalah:

4. Tentukan besar gaya pada dinding geser secara umum dan analisa struktur ?
5. Rencanakan pembesian dari dinding geser sesuai dengan gaya-gaya yang diperoleh pada pemodelan *strut and tie model* ?
6. Bandingkan tulangan secara konvensional dengan tulangan secara *strut and tie model* ?

Berdasarkan pertanyaan penelitian diatas maka cara yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian yang berupa kalimat tentukan, rencanakan dan bandingkan yaitu dengan menggunakan metode *Strut and Tie Model* dan struktur dinding geser secara konvensional. Untuk meninjau analisis perencanaan dinding geser dengan metode *strut and tie model* dan struktur dinding geser secara konvensional perlu menggunakan software bantu. Yaitu program *Structure Analysis Program (SAP)* dan *ETABS*.

### Tahapan Penelitian

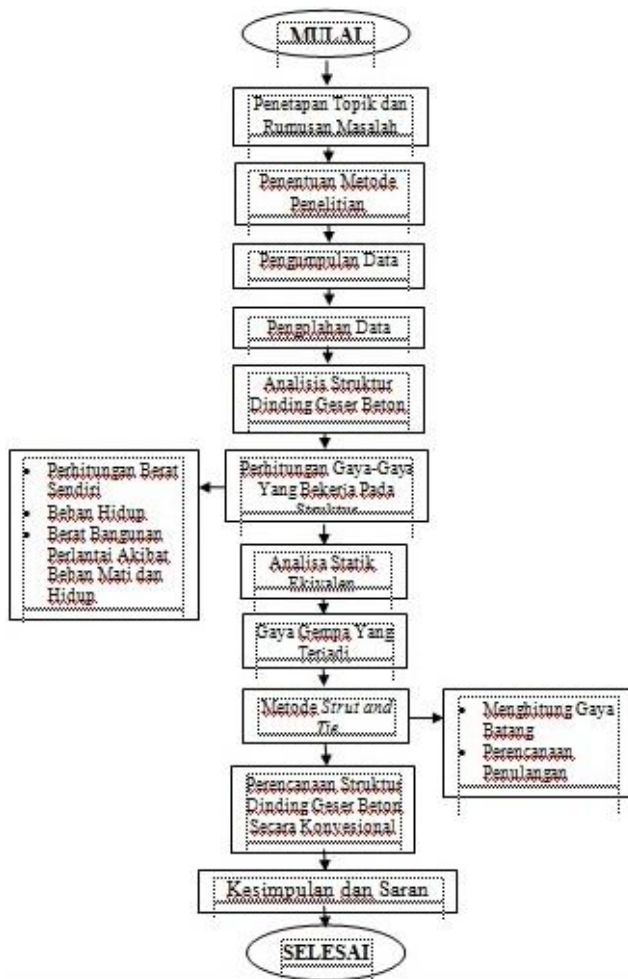
Tahap pelaksanaan penelitian dan penulisan yang dilakukan meliputi :

1. Identifikasi masalah
2. Melakukan studi literatur untuk menetapkan landasan teori
3. Mengumpulkan data
4. Membuat analisa data

5. Membuat rumusan, kesimpulan dilanjutkan menyusun laporan.

**Rancangan Penelitian**

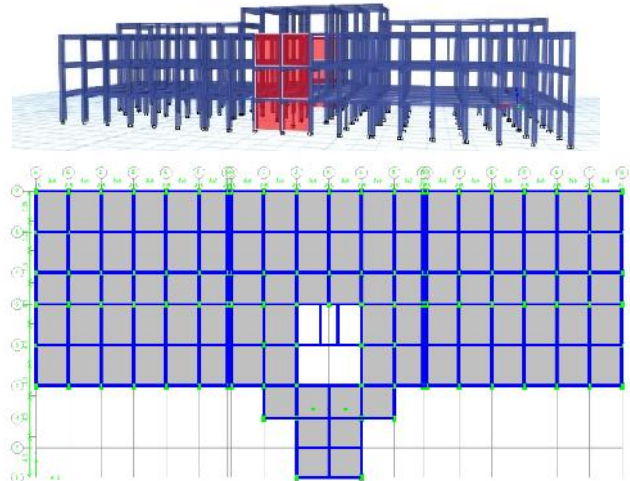
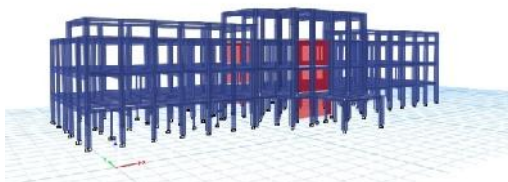
Rancangan penelitian dapat ditunjukkan dalam bentuk diagram alir berikut ini:



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Struktur Dinding Geser Beton**

- Mutu beton  $f'_c = 25$  Mpa (K300)
- $E_c = 4730$ .  $f'_c = 23650$  Mpa (Modulus Elastisitas Beton)
- Mutu baja  $f_y = 400$  Mpa
- $f_{ys} = 240$  Mpa
- $E_c = 210000$  Mpa (Modulus Elastisitas Baja)
- Berat jenis beton  $Y_b = 24$  KN/m<sup>3</sup>
- Berat jenis Keramik  $Y_k = 22$  KN/m<sup>2</sup>
- Tebal plat lantai 2  $t_2 = 12$ cm
- Tebal plat lantai 3  $t_3 = 12$ cm
- Tebal plat lantai 4  $t_4 = 12$ cm



**Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur Perhitungan Berat Sendiri**

Berat sendiri plat lantai ditambah berat finishing  
 Plat lantai 2

- Berat plat =  $0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \times 1530.5 = 440784 \text{ kg}$
- Plafond + Penggantung =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \times 1530.5 = 27540.9 \text{ kg}$
- Tegel =  $0.01 \times 2200 = 22 \text{ kg/m}^2 \times 1530.5 = 37671 \text{ kg}$
- Spesi =  $0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}^2 \times 1530.5 = 96421.5 \text{ kg}$
- Pasir =  $0.04 \times 1600 = 64 \text{ kg/m}^2 \times 1530 = 97952 \text{ kg}$
- Total berat plat lantai 2 ditambah berat finishing =  $700368.9 \text{ kg} = 7003.68 \text{ KN}$

Berat sendiri balok  
 Balok lantai 2

- Balok 30/70 =  $0.30 \times 0.70 \times 424.5 \times 2400 = 213948 \text{ kg}$
- Balok 20/35 =  $0.20 \times 0.35 \times 432.1 \times 2400 = 72576 \text{ kg}$
- Balok 20/30 =  $0.20 \times 0.30 \times 107.8 \times 2400 = 15530.4 \text{ kg}$
- Total berat balok lantai 2 =  $302054.4 \text{ kg} = 3020.5 \text{ KN}$

Berat sendiri kolom  
 Kolom lantai 1

- Kolom 40/70 =  $0.40 \times 0.70 \times 170 \times 2400 = 114240 \text{ kg}$
- Kolom 60 =  $3.14 \times 0.30^2 \times 14 \times 2400 = 9495.36 \text{ kg}$
- Kolom 30/50 =  $0.30 \times 0.50 \times 14 \times 2400 = 5040 \text{ kg}$
- Kolom 25/25 =  $0.25 \times 0.25 \times 6 \times 2400 = 900 \text{ kg}$
- Kolom 12/12 =  $0.12 \times 0.12 \times 70 \times 2400 = 2419.2 \text{ kg}$
- Total berat kolom lantai 1 =  $132058.5 \text{ kg} = 1320.5 \text{ KN}$

Berat Dinding Geser  
 Lantai 1

$$Wd_{0a} = \frac{1}{2} \cdot t_d \cdot h_d \cdot (l_{t1}) \cdot l_d \cdot Y_b$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.18 \times 4 \times 7.2 \times 24 = 62.2 \text{ KN}$$

$$Wd_{0b} = \frac{1}{2} \cdot t_d \cdot h_d \cdot (l_{t1}) \cdot l_d \cdot Y_b$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.18 \times 4 \times 7.2 \times 24 = 62.2 \text{ KN}$$

Berat sendiri Atap/Kuda-kuda  
 Berat sendiri Atap/Kuda-kuda 1

- Beban genteng =  $50 \text{ kg/m}^2 = 640.16 \times 50 = 32008$
- Beban rangka =  $12.5 \text{ kg/m}^2 = 640.16 \times 12.5 = 8002$
- Plafond + Penggantung =  $18 \text{ kg/m}^2 = 554.4 \times 18 = 9979.2$

Total = 49989.2 kg  
 Berat lain-lain 10% = 4998.9  
 Total berat sendiri atap/kuda-kuda 1  
 = 54988.1 kg = 549.8 KN

**Perhitungan Berat Total Tiap Lantai Akibat Beban Sendiri (Beban Mati)**

- Lantai 1  $W_{b1} = W_{k1} + W_{d1}$   
 $= 1320.5 + 124.2 = 1444.9$  KN
  - Lantai 2  $W_{b2} = W_{p2} + W_{b2} + W_{k2} + W_{d2}$   
 $= 7003.68 + 3020.5 + 2595.7 + 248.8 = 12868.3$  KN
  - Lantai 3  $W_{b3} = W_{p3} + W_{b3} + W_{k3} + W_{d3}$   
 $= 6631.6 + 2973.8 + 2572.6 + 248.8 = 12426.8$  KN
  - Lantai 4  $W_{b4}$ 
    - Lantai 4.1  $W_{b4.1} = W_{p4.1} + W_{b4.1} + W_{k4.1}$   
 $= 4492.9 + 2369.3 + 2195.4 = 9057.6$  KN
    - Lantai 4.2  $W_{b4.2} = W_{k4.2} + W_{b4.2} + W_{a1}$   
 $= 534.8 + 229.8 + 549.8 = 1314.4$  KN
    - Lantai 4.3  $W_{b4.3} = W_{b4.3} + W_{a2}$   
 $= 405.2 + 280.8 = 686$  KN
- Berat Total Lantai 4  $W_{b4} = 9057.6 + 1314.4 + 686 = 11058$  KN

Berat Total  $W_{bs} = W_{b0} + W_{b1} + W_{b2} + W_{b3} + W_{b4}$   
 $= 1444.9 + 12868.3 + 12426.8 + 11058 = 37798$  KN

**Perhitungan Berat Total Tiap Lantai Akibat Beban Hidup**

Beban hidup untuk perkantoran dan sekolah  $q_h = 2.5$  KN (30% yang bekerja)

- Beban hidup  $W_{l1} = 30\% \times \text{luas } l_1 \times q_h$   
 $= 0.3 \times 1492.2 \times 2.5 = 1119.5$  KN
- Beban hidup  $W_{l2} = 30\% \times \text{luas } l_2 \times q_h$   
 $= 0.3 \times 1445.04 \times 2.5 = 1083.7$  KN
- Beban hidup  $W_{l3} = 30\% \times \text{luas } l_3 \times q_h$   
 $= 0.3 \times 1445.04 \times 2.5 = 1083.7$  KN
- Beban hidup  $W_{l4} = 30\% \times \text{luas } l_4 \times q_h$   
 $= 0.3 \times 1445.04 \times 2.5 = 1083.7$  KN

Beban hidup Atap =  $1 \times 640.16 = 640.16$   
 Beban Pekerja =  $1 \times 327.01 = 327.01$   
 Beban Air Hujan =  $0.2 \times 640.16 = 128.03$   
 $= 0.2 \times 327.01 = 65.4$

Total Beban Hidup Atap =  $640.16 + 327.01 + 160.04 + 81.75 = 1160.6$

Total Beban Hidup  $W_{l4} = 1083.7 + 1160.6 = 2244.3$

Beban hidup total  
 $W_{l \text{ total}} = W_{l1} + W_{l2} + W_{l3} + W_{l4}$   
 $= 1119.5 + 1083.7 + 1083.7 + 2244.3 = 5531.2$  KN

**Perhitungan Berat Bangunan Total Tiap Lantai Akibat Beban Mati dan Beban Hidup**

- $W_1 = W_{d1} + W_{l1} = 1444.9 + 1119.5 = 2564.4$
- $W_2 = W_{d2} + W_{l2} = 12868.3 + 1083.7 = 13952$

- $W_3 = W_{d3} + W_{l3} = 12426.8 + 1083.7 = 13510.5$
  - $W_4 = W_{d4} + W_{l4} = 11058 + 2244.3 = 13302.3$
- Berat total tiap lantai akibat beban mati dan beban hidup  
 $W_{\text{total}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$   
 $= 2564.4 + 13952 + 13510.5 + 13302.3 = 43329.2$  KN

**Analisis Statik Ekuivalen**

Fungsi bangunan : Perkantoran dan Sekolah

Jenis tanah : Sedang

Data material

Berat jenis beton :  $24 \text{ KN/m}^3$

Mutu beton ( $f'c$ ) : 25 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Mutu baja ( $f_{ys}$ ) : 240 Mpa

Data gempa

Jenis tanah sedang sesuai dengan SNI 1726-2012

Faktor keutamaan (I) (untuk perkantoran dan sekolah) = 1.5  
 Pembebanan

Tingkat	Beban Mati					Beban Hidup (reduksi 30%)	Jumlah
	Balok	Kolom	Plat lantai	Dinding Geser	Atap		
	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
4	3004.3	2730.2	4492.9		830.6	1083.78	12141.78
3	2973.8	2572.6	6631.6	248.8		1083.78	13510.58
2	3020.05	2595.7	7003.68	248.8		1083.78	13952.01
1		1320.5		124.4		1119.15	2564.05
	8598.15	9219	18128.18	622	830.6		42158.42

Tabel 4.4.1 Pembebanan

Taksiran waktu getar alami T secara empiric

Tinggi gedung (hn) = 16.3 m

$C_t = 0.0488$

$T = C_t * (hn)^{3/4}$

$= 0.0488 * (16.3)^{3/4}$

$= 0.39$  detik

Untuk fungsi gedung perkantoran dan sekolah

Jenis tanah = sedang

Dicoba T = 0.39 detik

Diperoleh  $C_s$  = Koefisien respon seismic, harus ditentukan dengan

$C_s = S_{DS} / (R/I)$

$= 0.562 / (6.5 / 1.5) = 0.129$

W = Berat total gedung termasuk beban mati dan hidup

I = Faktor keutamaan (1.5)

R = Faktor reduksi gempa (6.5)

Beban gempa nominal statistic ekuivalen (V) yang ditetapkan dengan persamaan :

$V = C_s * W$

Tingkat	Tinggi (h)	W	W*H	(W*H)/S(W*H)	V	F gempa
	m	KN	KNm		KN	KN
4	16.3	13302.3	216827.5	0.433	1715.9967	742.92
3	12	13510.5	162126	0.324	1742.8545	564.19
2	8	13952	111616	0.223	1799.808	401.11
1	4	2564.4	10257.6	0.020	330.8076	6.78
		43329.2	500827.1	1		

Tabel 4.4.2 Perhitungan gaya gempa (static ekuivalen) penting

Berdasarkan pasal 6.1.4 SNI 03-1728-2002

Dipuncak gedung tidak ada beban horizontal gempa terpusat karena rasio :

$$\frac{\text{tinggi total gedung}}{\text{panjang denah gedung}} = 16.3 / 64.8 = 0.251 < 3$$

Tingkat	Tinggi (h) m	W KN	F gempa KN	di (Etabs) mm	di <sup>2</sup> mm	W*di <sup>2</sup> KN	F*di KN
4	16.3	13302.3	742.92	13.60957	185.2204	24638.57	10110.84
3	12	13510.5	564.19	4.54285	20.63749	278822.8	2563.03
2	8	13952	401.11	3.13526	9.829855	137146.1	1257.59
1	4	2564.4	6.78	1.91312	3.66028	9385.776	12.96
						2889212	13944.43

Tabel 4.4.3 Analisa T Rayleigh akibat gempa

Kontrol atau analisa terhadap T Rayleigh  
Besarnya T yang menggunakan rumus empiris harus dibandingkan dengan T<sub>Rayleigh</sub> dengan persamaan :

$$T_1 = 6.3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

$$T_r = 6.3 \times \sqrt{\frac{2889212}{9810 \times 13944.43}}$$

Tr = 0.92 detik

Dimana : g = 9810 mm/s

T<sub>ijin</sub> = 0.8 \* Tr = 0.8 \* 0.92 = 0.736

T<sub>ijin</sub> = 1.2 \* Tr = 1.2 \* 0.92 = 1.10

Dimana T pakai = 0.39 detik < 0.92 . . . . . (oke)

Maka nilai T empiris sudah memenuhi ketentuan sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan ulang gaya gempa

**Gaya Gempa Yang Terjadi**

Dari data hasil program ETABS yang kita dapat, maka dapat reaksi total pada lantai base shear untuk dinding geser, dapat dilihat pada tabel 4.5, dan akan ditemukan gaya-gaya ( D, N ) yang terjadi pada dinding geser pada seluruh bangunan (dapat dilihat 4.6), dan gaya-gaya ( M, D, N ) yang terjadi pada dinding geser (dapat dilihat pada tabel 4.7). Gambar gaya M, D, N yang terjadi pada dinding geser.

Story	Load Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MV
			kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
STORY3	COMB3	Top	708.34	-96.32	-31.87	299.90	10045.43	-22909.51
STORY3	COMB3	Bottom	1074.23	-96.32	-31.87	299.90	14817.07	-34955.39
STORY4	COMB3	Top	2016.04	-235.98	-78.09	256.66	28614.61	-65434.57
STORY4	COMB3	Bottom	2777.08	-235.98	-78.09	256.66	39150.71	-90538.81
STORY3	COMB3	Top	13779.71	-1251.47	-414.12	9421.13	274587.51	-447286.30
STORY3	COMB3	Bottom	17105.20	-1251.47	-414.12	9421.13	343318.31	-559978.00
STORY2	COMB3	Top	33830.57	-2294.75	-759.33	18731.80	688306.33	-1103344.00
STORY2	COMB3	Bottom	37176.41	-2294.75	-759.33	18731.80	758780.33	-1220817.00
STORY1	COMB3	Top	54841.69	-2842.15	-940.47	23519.31	1118726.00	-1792722.00
STORY1	COMB3	Bottom	58230.22	-2842.15	-940.47	23519.31	1189601.00	-1913522.00

Tabel 4.5.2 Gaya Lintang (V) dan gaya normal (P) yang terjadi pada bangunan

Story	Pier	Load Combo	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
STORY3	SW1	COMB3	Top	-42.9133	260.806	5.2704	0.0651	-15.041	-480.8362
STORY3	SW1	COMB3	Bottom	-115.296	260.806	5.2704	0.0631	10.0404	563.3857
STORY4	SW1	COMB3	Top	-32.3498	466.79	5.3888	-0.2681	-7.0286	-740.8688
STORY4	SW1	COMB3	Bottom	105.831	466.79	3.3888	0.2681	6.5266	1126.2907
STORY1	SW1	COMB3	Top	113.7664	526.223	2.1544	-0.4294	-4.4213	-668.4915
STORY1	SW1	COMB3	Bottom	40.4854	526.223	2.1544	-0.4294	4.1962	1426.3992
STORY3	SW2	COMB3	Top	-216.733	216.371	5.1836	0.0013	-14.857	-375.6179
STORY3	SW2	COMB3	Bottom	-290.014	216.371	5.1836	0.0013	9.8776	-85.8676
STORY2	SW2	COMB3	Top	-727.095	428.836	3.4327	0.4228	-7.0433	-655.9258
STORY2	SW2	COMB3	Bottom	-795.376	428.836	3.4322	0.4228	6.6853	1059.6194
STORY1	SW2	COMB3	Top	-1305.73	508.162	2.2475	0.5702	-4.6218	-566.1364
STORY1	SW2	COMB3	Bottom	-1379.01	508.162	2.2475	0.5702	4.3682	1466.5118
STORY3	SW3	COMB3	Top	-337.675	590.215	2.5377	0.034	-5.0711	-698.527
STORY3	SW3	COMB3	Bottom	-484.237	590.215	2.5377	0.034	5.0799	1662.3342
STORY2	SW3	COMB3	Top	-704.318	1044.16	0.7946	0.03	-4.4205	-199.2843
STORY2	SW3	COMB3	Bottom	-851.08	1044.16	0.7946	0.03	-1.242	-977.3566
STORY1	SW3	COMB3	Top	-977.278	1160.31	-0.412	0.082	3.7943	1562.0507
STORY1	SW3	COMB3	Bottom	1124.14	1160.31	0.412	0.082	2.1457	6203.2705

Tabel 4.5.3 Momen (M), gaya lintang (V), dan gaya normal (P) yang terjadi pada dinding geser

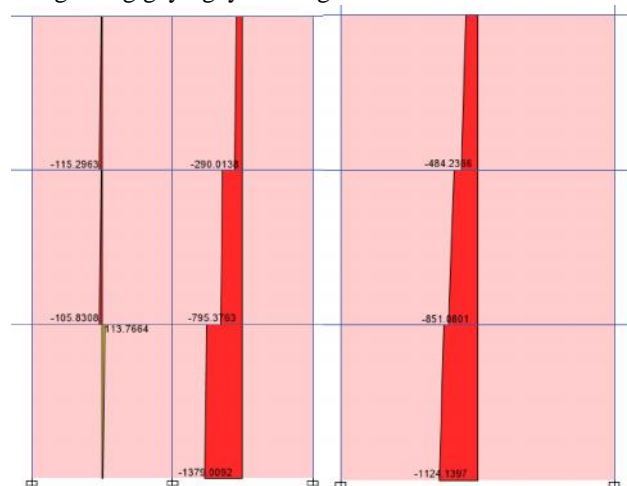
Pada sistem ganda (SG) beban lateral bumi (beban gempa) dipikul bersama oleh dinding geser (DS) dan rangka secara proporsional. Dimana dinding geser (DS) tersebut memikul maksimum 75% dari gaya lateral yang terjadi. Dapat dilihat pada tabel 4.5.4

Story	Load	Loc	V1 (kN) Pada dinding Geser	V2 (kN) Pada seluruh bangunan	% (V1/V2)
STORY3	COMB3	Bottom	727.5954	1251.4708	58%
STORY2	COMB3	Bottom	742.5941	2294.7283	32%
STORY1	COMB3	Bottom	937.0483	2842.1299	33%

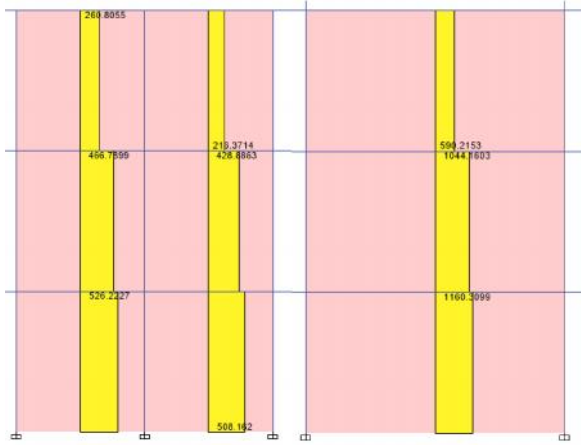
Tabel 4.5.4 perbandingan beban lateral yang dipikul oleh dinding geser dengan seluruh bangunan.

Gaya lateral yang dipikul dinding geser 58 %, maka dinding geser memenuhi pada sistem ganda.

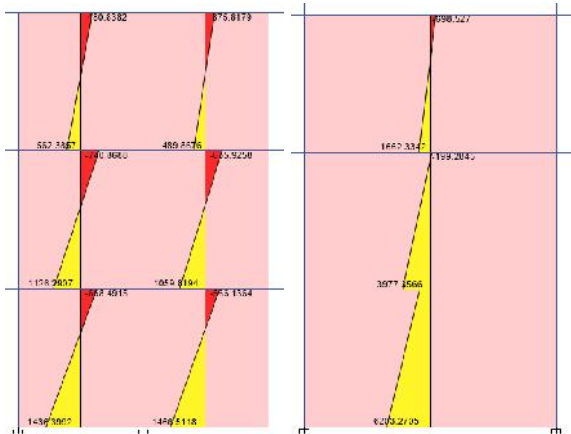
**Pemodelan Dinding Geser dengan Metode Strut and Tie Menghitung gaya-gaya batang**



Gaya Normal

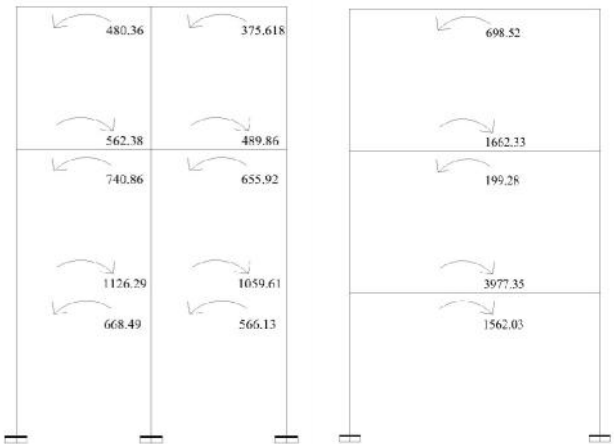
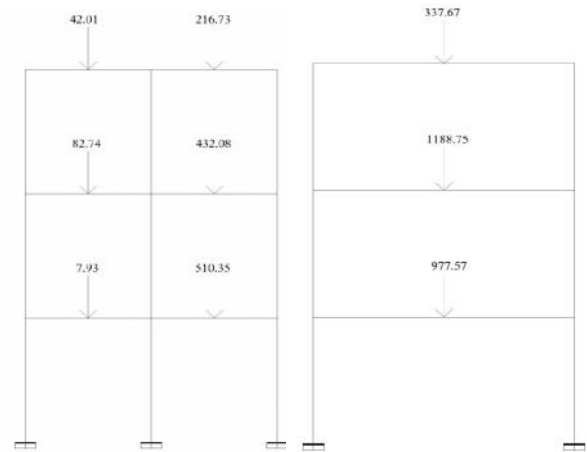
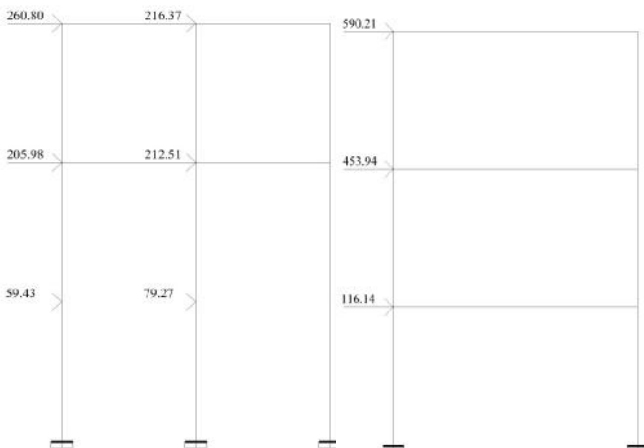


Gaya Lintang



Momen

Dari hasil momen, gaya lintang, dan gaya normal yang didapat pada gambar dinding geser diatas. Maka akan kita peroleh gaya-gaya yang terjadi pada tiap tingkat bangunan. Untuk memperoleh gaya-gaya batang maka dilakukan perhitungan dengan program SAP 2000, hasil gaya batang yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dibawah ini akan dijelaskan asumsi gaya-gaya batang dan pemodelan dinding geser dengan metode Strut and Tie. Berikut gambar gaya-gaya pada dinding geser :

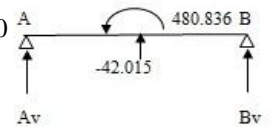


Gambar 4.6.4 Gaya lintang, gaya normal, dan momen pada dinding geser

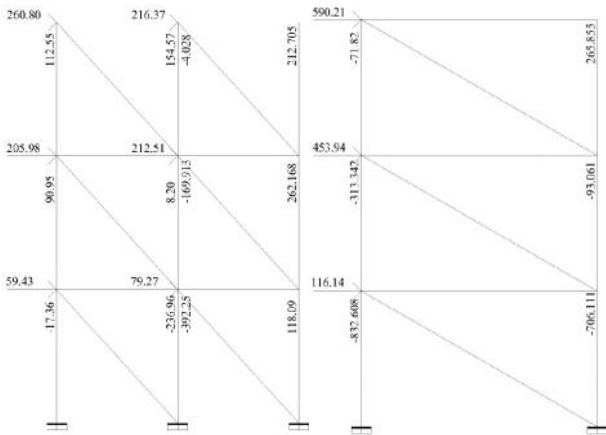
Dari hasil gaya lintang, gaya normal, dan momen yang didapat pada dinding geser. Maka akan diasumsikan gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser sebagai berikut :

**Lantai 3  
 SW 1**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 0 \\
 A_v(3.6) - 42.015(1.8) - 480.83 &= 0 \\
 3.6 A_v &= 405.209 \\
 A_v &= 112.558 \text{ kN} \\
 M_a &= 0 \\
 B_v(3.6) + 42.015(1.8) - 480.83 &= 0 \\
 3.6 B_v &= 556.46 \\
 B_v &= 154.47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Setelah mendapatkan gaya-gaya diatas, maka digambarkan gaya-gaya yang terjadi pada dinding geser pada pemodelan strut and tie seperti gambar berikut :

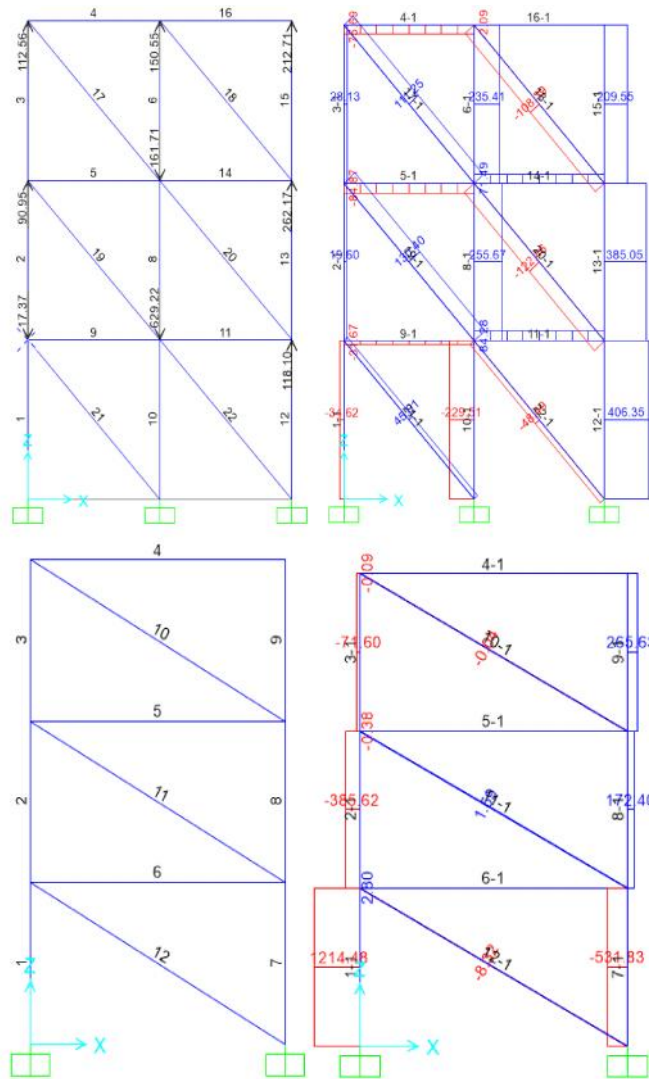


Gambar 4.6.5 Gaya – gaya pada dinding geser

Setelah didapat gaya – gaya pada dinding geser, Dibutuhkan gaya – gaya batang pada pemodelan *strut and tie model*. Maka dengan menggunakan program SAP 2000, akan diperoleh besar gaya setiap batang pada gambar berikut :

Dari program SAP maka akan diperoleh gaya – gaya batang yang terjadi :

Frame	P	KET	Frame	P	KET
1	-34.621	TEKAN	1	-1214.5	TEKAN
2	19.599	TARIK	2	-385.62	TEKAN
3	28.126	TARIK	3	-71.596	TEKAN
4	-75.689	TEKAN	4	-0.094	TEKAN
5	-84.871	TEKAN	5	-0.384	TEKAN
6	235.413	TARIK	6	2.799	TARIK
8	255.674	TARIK	7	-531.83	TEKAN
9	-31.668	TEKAN	8	172.404	TARIK
10	-229.515	TEKAN	9	265.634	TARIK
11	84.285	TARIK	10	-0.036	TEKAN
12	406.351	TARIK	11	1.587	TARIK
13	385.053	TARIK	12	-8.318	TEKAN
14	71.49	TARIK			
15	209.549	TARIK			
16	-2.095	TEKAN			
17	111.252	TARIK			
18	-108.394	TEKAN			
19	130.4	TARIK			
20	-122.455	TEKAN			
21	45.009	TARIK			
22	-48.495	TEKAN			



Gambar 4.6.6 Gaya – gaya batang

**Perencanaan Tulangan Pada Strut and Tie Model**

Dimana :  $\Phi = 75$  f'c = 25 MPa fy = 400 MPa n=1  
b=700mm

Tie pada batang tegak untuk **lantai 1 SW1**

$$At = \frac{S1}{Fy \cdot \phi} = \frac{34.621(1000)}{0.75 \cdot 400} = 115.40 \text{ mm}^2$$

Pakai = 12 mm

Dipakai 2 12 (As = 226 mm<sup>2</sup>)

Tie pada batang horizontal untuk **lantai 1 SW1**

$$At = \frac{S9}{Fy \cdot \phi} = \frac{31.66(1000)}{0.75 \cdot 400} = 784.7 \text{ mm}^2$$

Pakai = 12 mm

Dipakai 2 12 (As = 226 mm<sup>2</sup>)

Pemeriksaan *Strut* tekan

$$Fcu = (0.85) (0.75) (f'c) = (0.85) (0.75) (1) (25) = 15.94 \text{ MPa}$$

Lebar strut batang SW1 S21 I<sub>21</sub>

$$= \frac{S21}{Fcu \cdot \phi \cdot b} = \frac{45.009(1000)}{15.94(250)} = 11.29 \text{ mm}$$

Ambil 12 mm

Maka semua strut berada didaerah region berarti diterima. Distribusi tulangan minimum dan tulangan berbentuk botol

Penulangan horizontal

$$Ah = 0.0025 bw \cdot sh \text{ (asumsi spasi 300mm)}$$

$$\text{Minimal } Ah = 0.0025 \times 180 \times 300 = 135 \text{ mm}^2, \text{ pakai } 2 \text{ } 10 - 300 \text{ mm}$$

Penulangan vertikal

$$Av = 0.0015 bw \cdot sh$$

$$Av = 0.0015 \times 180 \times 300$$

$$Av = 81 \text{ mm}^2, \text{ pakai } 2 \text{ } 10 - 300 \text{ mm}$$

## Perencanaan Struktur Dinding Geser Beton Secara Konvensional

Data struktur :

Mutu beton  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$  (K300)

$E_c = 4730$ .  $f'_c = 23650 \text{ Mpa}$  (Modulus

Elastisitas Beton)

Mutu baja  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$f_{ys} = 240 \text{ Mpa}$

$E_s = 210000 \text{ Mpa}$  (Modulus Elastisitas Baja)

Berat jenis beton  $Y_b = 24 \text{ KN/m}^3$

Berat jenis Keramik  $Y_k = 22 \text{ KN/m}^2$

Panjang bentang  $l_x = 3.6 \text{ m}$  (arah memanjang)

$l_y = 4 \text{ m}$  (arah melintang)

Banyak lantai  $n_l = 3$  tinggi lantai  $h_w = 4 \text{ m}$

Tinggi bangunan  $h_{wt} = 12 \text{ m}$

Panjang dinding geser = 3.6 m

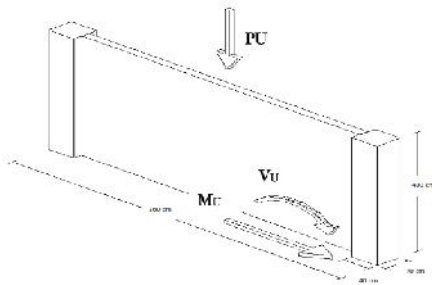
Tebal dinding geser = 18 cm

Dimensi kolom = 40 x 70 cm

Dimensi Balok = 20 x 35 cm

## Perencanaan Tulangan Pada Dinding Geser Konvensional Lantai 1 SW1

- Periksa apakah dibutuhkan dua lapis tulangan



Dimana :

$M_u = 1436.339$

$V_u = 526.223$

$P_u = 40.48$

Dipakai baja tulangan dua lapis

$V_u$  ada.  $A_{cv} = l_w \cdot t_w = 360 \cdot 18 = 6480 \text{ cm}^2 = 0.648 \text{ m}^2$

$V_u$  ada  $= \frac{1}{6} \cdot A_{cv} \cdot f'_c = \frac{1}{6} \cdot (0.648) \cdot (25) = 540 \text{ kN}$

$V_u = 526.223 < V_u$  ada  $= 540 \text{ kN}$  (memerlukan dua lapis tulangan).

Kuat geser maksimum  $V_u$  maks  $= \frac{5}{6} \cdot A_{cv} \cdot f'_c = \frac{5}{6} \cdot (0.648) \cdot (25) = 2700 \text{ kN}$  (Ok, gaya geser yang bekerja masih dibawah batas atas kuat geser dinding geser).

- Baja tulangan horizontal dan transversal yang dibutuhkan. Rasio distribusi tulangan minimum  $p = 0.0025$  dan spasi maksimum 45 cm,

Luas dinding geser / meter panjang  $A_{sw} = t_w \cdot 1 \text{ m} = 0.18 \cdot (1) = 0.18 \text{ m}^2$

Perimeter minimal harus ada  $A_{swt} = A_{sw} \cdot (0.0025) = 0.18 \cdot (0.0025) = 450 \text{ mm}$ . Bila digunakan baja tulangan D13 untuk vertikal dan horizontal, maka untuk 2 lapis menjadi :

$A_{tul} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dtul^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot (13)^2 = 265.33 \text{ mm}^2$  karena digunakan dua lapis, maka jumlah tulangan yang diperlukan adalah :

$N_{tul} = \frac{A_{swt}}{A_{tul}} = \frac{450}{265.33} = 1.69 = 2$  pasang

$S = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$  (tidak memenuhi syarat batas minimum, spasi harus diperkecil dan tidak boleh melebihi 45 cm), maka diambil  $S = 300 \text{ mm}$ .

- Tulangan untuk menahan geser

Diatas diasumsikan memakai tulangan 2 lapis dengan tulangan D13 - 300 mm. Kuat geser dinding geser  $V_n = A_{cv} \cdot (a_c \cdot \sqrt{f'_c} + p_n f_y)$ .

Dimana,  $\frac{h_{wt}}{l_w} = \frac{12}{3.6} = 3.33 > 3$

$a_c = \frac{1}{6}$  untuk  $\frac{h_{wt}}{l_w} > 2$ ,  $a_c = \frac{1}{4}$  untuk  $\frac{h_{wt}}{l_w} < 1.5$

$p_n = \frac{A_s}{A_{cv}} = \frac{2 \cdot (\frac{1}{4}) \cdot \pi \cdot dtul^2 \cdot (\frac{3600}{400})}{180.3600} = 0.0036$

Ok,  $p_n > p_{n \text{ min}}$

$V_n = A_{cv} \cdot (a_c \cdot f'_c + p_n f_y)$

$V_n = (180.3600) \cdot (0.1667 \cdot 25 + 0.0036 \cdot 400) \times 10^{-3}$   
 $= 1473.228 \text{ kN}$

Ok,  $V_u = 526.223 \text{ kN} < V_n 1473.228 \text{ kN}$  (dinding geser kuat menahan geser)

Maka bisa digunakan tulangan dua lapis D13 - 300 mm.

- Menentukan tulangan transversal yang diperlukan

Kolom dengan ukuran 40 x 70 cm, kita asumsikan sengkang berbentuk persegi dengan tulangan D13 karakteristik inti penampang :

$H_c$  = dimensi inti (jarak yang diukur dari titik pusat ke titik pusat sengkang)

$H_c = l_w - (2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot \frac{13 \text{ mm}}{2}) = 267 \text{ mm}$

Spasi sengkang,  $S_x = 100 + \frac{350 \text{ mm} - (\frac{2}{3} H_c)}{3} = 157.3 \text{ mm}$

Jadi digunakan hoops (sengkang) dengan D13 - 150 mm

Dengan D13 - 150 mm, confinement (penahan) yang dibutuhkan :

$A_{sh} = \frac{0.09 \cdot s_p \cdot h_c \cdot f_c}{f_y} = \frac{0.09 \cdot 150 \cdot 267 \cdot 25}{400} = 225.28 \text{ mm}^2$

Kolom menggunakan 20 D19. Sehingga hanya dapat mengaitkan 4 hoops (sengkang) dan cross ties dimasing - masing sisi.

$A_s = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dtul^2 = 530.66 \text{ mm}^2 > 225.28 \text{ mm}^2$  (oke)

4 hoops (sengkang) D13 - 150 mm dapat digunakan.

Confinement (penahan) untuk dinding geser

Sebagai percobaan digunakan D tulangan = 13 mm

$H_c = t_w - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - dtul = 87 \text{ mm}$

Spasi,  $S = 100 + \frac{350 \text{ mm} - (\frac{2}{3} H_c)}{3} = 197 \text{ mm}$

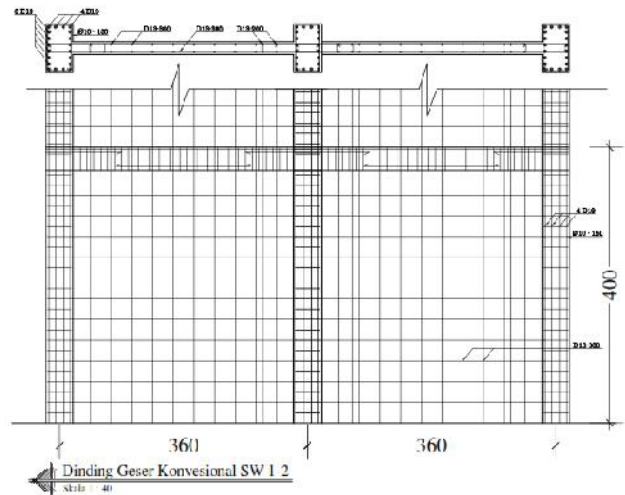
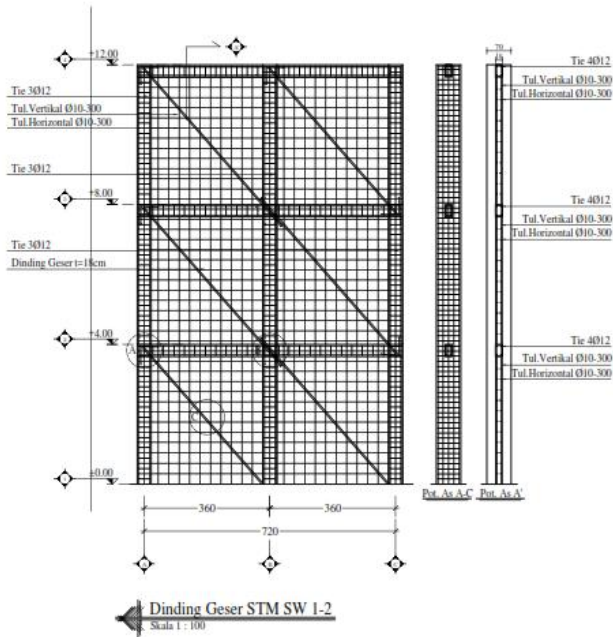
Ambil jarak 200 mm

Untuk confinement (penahan) arah pararel terhadap dinding geser digunakan D13 - 200 mm.

$A_{sh} = \frac{0.09 \cdot s_p \cdot h_c \cdot f_c}{f_y} = \frac{0.09 \cdot 200 \cdot 87 \cdot 25}{400} = 97.875 \text{ mm}^2$

$A_s = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dtul^2 = 265.33 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 97.875 \text{ mm}^2$  (oke)





Lampiran 2 Dinding Geser Konvensional SW 1-2

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

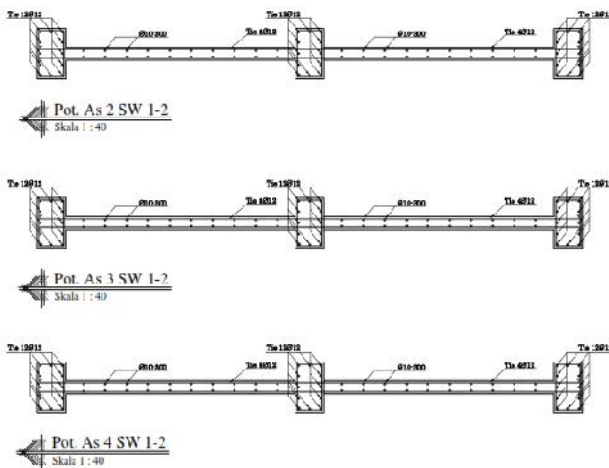
1. Metode *Strut and Tie Model* dapat menganalisis semua gaya secara bersama, sedangkan secara konvensional tulangan lentur, geser, dan torsi direncanakan secara terpisah.
2. Dari hasil perencanaan tulangan pembesian pada dinding geser dari gaya-gaya yang diperoleh dengan metode *Strut and Tie*, untuk tulangan *Strut* mempunyai lebar maksimal 33mm
3. Dalam perencanaan dinding geser dengan metode *Strut and Tie Model*, perbandingan volume tulangan lebih ekonomis dan efisien menggunakan metode *Strut and Tie Model* daripada dengan cara Konvensional.
  - Volume tulangan secara *Strut and Tie Model* 2244.51 kg
  - Volume tulangan secara Konvensional 2980.22 kg
4. Dalam perencanaan *Strut* dengan menggunakan satu arah diagonal ke kanan atau ke kiri sebagai arah tulangan dapat menyebabkan salah satu sisi kanan atau kiri dinding geser menerima gaya yang lebih besar, Sehingga tulangan yang dibutuhkan lebih banyak pada sisi yang menerima arah diagonal *Strut*.

#### Saran

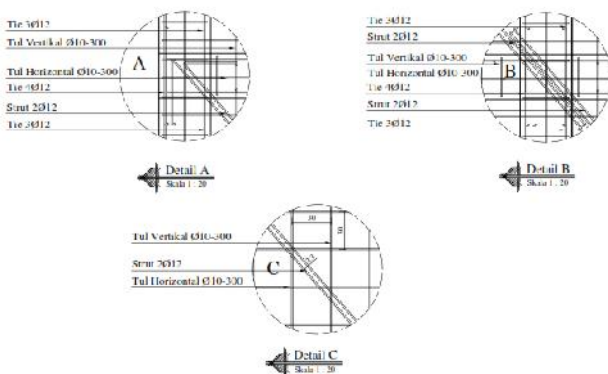
1. Dalam perencanaan metode *Strut and Tie Model* penggunaan truss analogi dan analisa rangka batang sangat diperlukan.
2. Dalam perencanaan metode *Strut and Tie Model* pemasangan *Strut* arah diagonal sebaiknya dipasang dua arah ke kanan dan ke kiri, Agar gaya yang diterima antar dua sisi menjadi sama.
3. Aplikasi pemasangan tulangan dibutuhkan pengawas dan pekerja yang ahli.

#### Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Jember, khususnya kepada pembimbing dan penguji tugas akhir yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.



Lampiran 1 Potongan Dinding Geser Strut and Tie Model SW 1-2



Lampiran 1 Detail Dinding Geser Strut and Tie Model SW 1-2

## DAFTAR PUSTAKA

- Iswandi Imran, Ester Yuliari, dan A. Kristanto, *Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang*. Seminar dan Pameran Haki 2008.
- ACI Committee 318. 2005. *Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318 05) and Commentary (ACI 318 05)*.
- Karl Heinz Reineck. 2002. *Example For The Design of Strucktural Concrete with Strut and Tie Model*. ACI SP-208.
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 1726-2012), Badan Standardisasi Nasioanal.
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. (SNI 2847-2013), Badan Standardisasi Nasioanal.
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (SNI 1727-2013), Badan Standardisasi Nasioanal.
- Pakpahan, Ridwan. *Analisis Perencanaan Dinding Geser Dengan Metode Strut and Tie Model*. Program Sarjana Teknik. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara. 2009.