

## Desain Elemen Dan Analisa Sistem Struktur Rumah Sakit Terhadap Kelas Situs Tanah Lunak, Tanah Sedang Dan Tanah Keras Di Kota Medan

Winda Tari Utami

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan  
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

[windatariutami@gmail.com](mailto:windatariutami@gmail.com)

### Abstrak

Keberadaan wilayah Indonesia yang secara tektonis menjadi tempat bertemunya 3 lempeng tektonik dunia menyebabkan Indonesia rawan terhadap bencana alam gempa bumi. Untuk itu desain gedung tahan gempa sudah seharusnya menjadi fokus para perencanaa struktur di Indonesia. Dalam proses perencanaan gedung tahan gempa, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah pengaruh dari lokasi dan kondisi tanah. Peraturan terbaru sebagai acuan dalam perancangan struktur juga perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil desain struktur yang efektif dan aplikatif. Dalam tugas akhir ini terdapat 3 model struktur gedung rumah sakit 5 lantai dengan sistem SRPMK. Model 1 berlokasi di tanah lunak (SE), model 2 berlokasi di tanah sedang (SD), dan model 3 struktur berada di tanah keras (SC). Struktur menggunakan material beton bertulang dengan input beban yang sama pada ketiga model. Berdasarkan hasil analisa menggunakan bantuan program analisa struktur, didapat nilai gaya geser pada model 1 ( $X= 3766.73$ ,  $Y= 3766.29$ ), model 2 ( $X= 3639.54$ ,  $Y=3639.71$ ), dan model 3 ( $X= 3834.71$ ,  $Y=3834.52$ ). Ketiga model telah memenuhi syarat pada analisa perilaku. Berdasarkan analisa dapat dilihat bahwa semakin keras tanah tempat struktur dibangun belum tentu semakin kecil pula gaya gempanya, hal ini disebabkan oleh faktor yang mempengaruhi nilai koefisien respon seismik ( $C_s$ ), khususnya nilai parameter spektral respons percepatan desain pada periode pendek ( $S_d_s$ ) dan periode 1 detik ( $S_d1$ ). Meningkatnya gaya gempa akan berpengaruh terhadap kebutuhan kekuatan elemen yang lebih besar pula.

**Kata Kunci:** SRPMK, Situs Tanah, Gaya Gempa.

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data *Word Risk Report 2018*, Indonesia berada pada urutan ke 36 dari 172 negara paling rawan bencana alam di dunia. Kondisi ini disebabkan oleh keberadaan Indonesia secara tektonis menjadi tempat bertemunya 3 lempeng tektonik dunia, yaitu Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Salah satu bencana yang cukup sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi (Hadi dkk, 2019). Untuk itu, desain gedung tahan gempa sudah seharusnya menjadi fokus dalam perencanaan struktur gedung di Indonesia. Dalam proses perencanaan gedung tahan gempa, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah pengaruh dari lokasi serta kondisi tanah. Hal ini karena besarnya beban gempa yang dialami struktur bangunan dapat meningkat akibat pengaruh lapisan tanah di bawah permukaan yang menopang pondasi bangunan. Menurut SNI 1726:2019 terdapat 6 klasifikasi situs tanah, dimana masing-masing kelas situs memiliki karakteristik yang berbeda jika terjadi gempa dan sangat berpengaruh terhadap ketahanan bangunan saat terjadi gempa. Pada akhirnya hal tersebut akan berpengaruh terhadap desain struktur yang akan dibangun. Selain itu, penggunaan peraturan terbaru sebagai acuan dalam perancangan struktur bangunan juga perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil desain struktur yang efektif dan aplikatif. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan studi analisis perencanaan struktur gedung rumah sakit pada tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras sesuai SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan dimensi dan perilaku struktur rumah sakit 5 lantai pada kelas situs tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras di kota Medan menggunakan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu perencanaan dibatasi hanya pada elemen struktur atas, (balok dan kolom). Gedung dengan material beton bertulang diasumsikan berfungsi sebagai rumah sakit dengan ketinggian 5 lantai. Peraturan yang digunakan yaitu SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI1727:2020 dan PPPURG 1987. Struktur ditinjau terhadap kelas situs tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras di Kota Medan. sistem struktur yang digunakan adalah SRPMK. Analisis perilaku dilakukakan menggunakan program analisa struktur. Terkait biaya dan waktu tidak dilakukan tinjauan.

Berdasarkan analisis dan desain perencanaan elemen balok dan kolom yang dilakukan, diharapkan tugas akhir ini dapat menambah pemahaman dalam perhitungan struktur gedung beton bertulang dan dapat menjadi referensi dalam perencanaan bangunan bertingkat struktur rumah sakit 5 lantai di Kota Medan menggunakan *software* komputer.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam tugas akhir ini struktur akan dianalisis secara linear dinamis menggunakan analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*).

### 2.1 Data Perencanaan Struktur

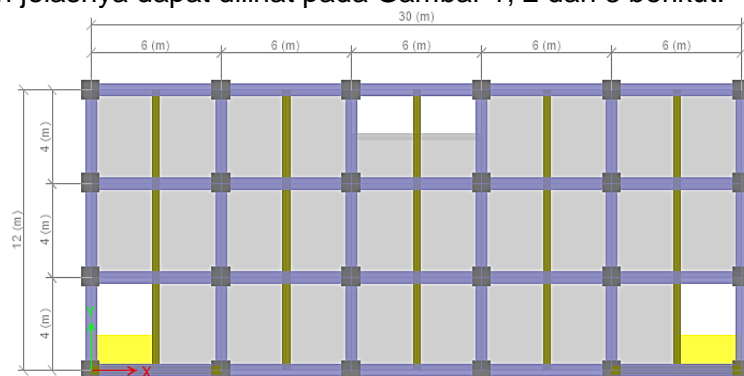
Terdapat 3 model struktur dalam tugas akhir ini, yaitu Model 1 (struktur 5 lantai pada tanah lunak, Model 2 (struktur 5 lantai pada tanah sedang), Model 3 (struktur 5 lantai pada tanah keras). Adapun data perencanaan yang digunakan pada ke tiga pemodelan sebagai berikut:

- Fungsi gedung : Rumah Sakit
- Ketinggian struktur : 5 lantai (18 m)
- Lokasi gedung : Kota Medan
- Kelas situs tanah yang ditinjau: tanah lunak (SE), tanah sedang (SD) dan tanah keras

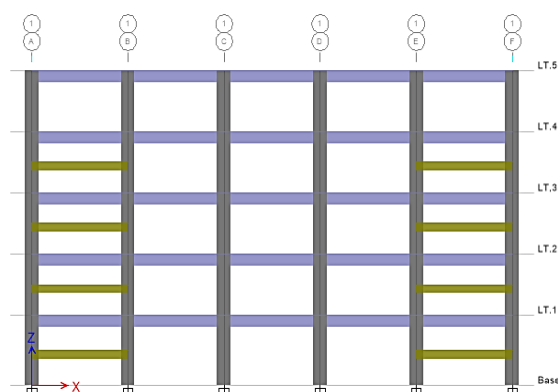
- (SC)
- Sistem struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
  - Jenis struktur : Beton bertulang.
  - Mutu beton ( $F_c'$ ) : 30 Mpa
  - Mutu Tulangan BJTP 420A
- Tegangan leleh ( $F_y$ ) : 420 MPa  
Tegangan *ultimate* : 520 MPa
- Modulus elastisitas beton : 25742,96 MPa
  - Modulus elatisitas baja : 200000 MPa

Pada tugas akhir ini, struktur gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) direncanakan memiliki bentuk persegi panjang yang simetris (*regular building*) dengan denah berukuran 30 m x 12 m. Jarak antar kolom arah x yaitu 5@6 m, jarak antar kolom arah y yaitu 3@4 m. Pada sisi tengah bangunan (sumbu C-D terhadap sumbu 3-4) terdapat *void* yang merupakan akses lift dan juga terdapat dua buah akses tangga pada sisi kiri dan sisi kanan (sumbu A-B terhadap sumbu 1-2 dan sumbu E-F terhadap sumbu 1-2). Akses lift memiliki dimensi panjang 6 meter (arah x) dan lebar 2 meter (arah y). Akses tangga memiliki dimensi lebar 3 meter (arah x) dan lebar 4 meter (arah y). Pada ketiga model, ketinggian lantai 1 (*base*) yaitu 4 m sedangkan ketinggian lantai 2 s/d lantai 5 yaitu 3,5 m.

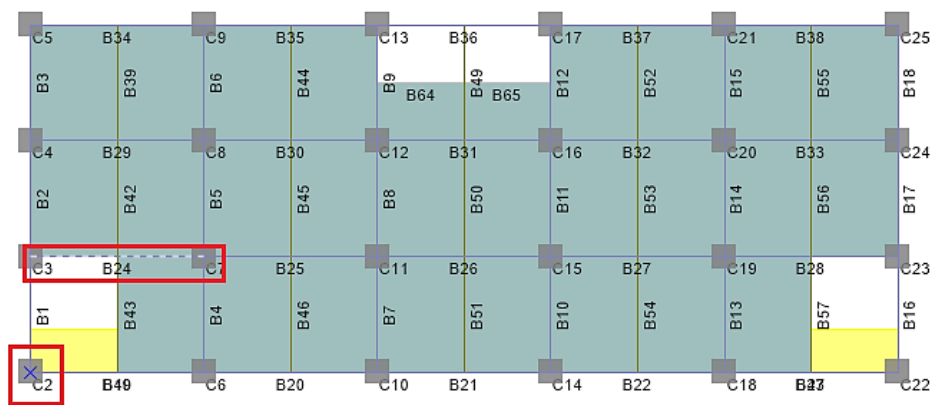
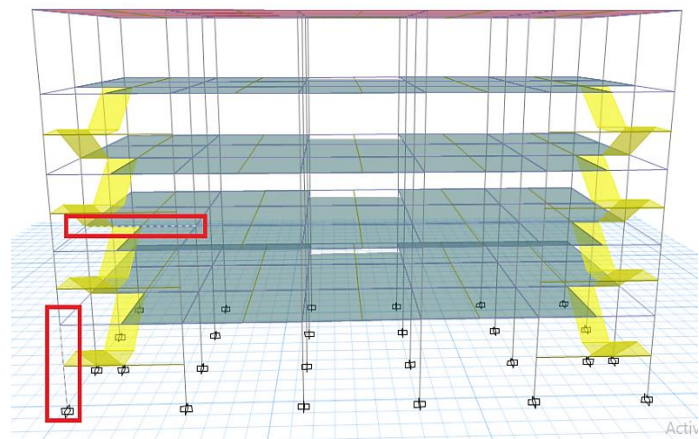
Selain itu pada tugas akhir ini dipilih satu kolom dan satu balok pada posisi yang sama antara Model 1,2 dan 3 untuk ditinjau. Kolom yang akan ditinjau yaitu kolom dengan label C2 pada lantai 1. Balok yang ditinjau yaitu balok dengan Label B24 pada lantai 2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3 berikut.



Gambar 1: Denah struktur gedung.



Gambar 2: Tampak samping struktur gedung.



Gambar 3: Elemen Balok dan Kolom yang ditinjau.

## 2.2 Dimensi Kolom, Balok dan Plat Lantai

Pada tugas akhir ini, dimensi yang digunakan dapat berubah dari dimensi saat *preliminary*, karena dalam mencari elemen struktur utama dan sistem struktur yang efisien serta aman digunakan cara *trial error*. Ukuran dimensi kolom, balok dan plat lantai yang akan digunakan pada analisa struktur pada tugas akhir ini dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1: Dimensi komponen struktur yang digunakan dalam analisis.

Model	Tipe	Dimensi (mm)
-Struktur 5 lantai pada tanah lunak (Model 1), -Struktur 5 lantai pada tanah sedang (Model 2), -Struktur 5 lantai pada tanah keras (Model 3)	<b>Balok</b>	
	Balok Utama Lantai 1-5	450 x 700
	Balok Anak Lantai 1-5	250 x 400
	<b>Kolom</b>	
	Kolom Lantai 1-5	800 x 800
	<b>Pelat</b>	
	Pelat lantai	150
Pelat atap	150	

## 2.3 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur dihitung berdasarkan Pedoman Perencanaan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan SNI 1727:2020 yang disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan. Dalam tugas akhir ini beban yang digunakan yaitu: Beban mati (terdiri dari: berat sendiri, beban mati tambahan pada

pelat lantai, beban dinding, beban lift dan beban *penthouse*), beban hidup (beban hidup untuk rumah sakit), beban angin dan beban gempa. Kombinasi pembebanan dihitung dengan mengacu pada SNI 1726:2019.

#### 2.4 Faktor redundansi

Setelah dilakukan pengecekan yang mengacu pada SNI 1726:2019, maka pada pemodelan digunakan redundansi 1,3.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Perilaku Struktur Model 5 Lantai di Situs Tanah Lunak, Tanah Sedang dan Tanah Keras di Kota Medan

#### Gaya Geser Nominal

Tabel 2: Nilai  $V$ ,  $V_t$ , dan penyesuaian skala gempa pada tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras arah x dan y.

Nilai	Tanah Lunak (SE)		Tanah Sedang (SD)		Tanah Keras (SC)	
	X	Y	X	Y	X	Y
$V$ (kN)	3764.05	3764.05	3638.47	3638.47	3832.23	3832.23
$V_t$ (kN)	3147.02	3308.32	3044.33	3201.72	3207.58	3373.12
Skala gempa ( $\text{mm/s}^2$ )	2200.01	2092.75	2198.35	2090.28	2197.57	2089.73

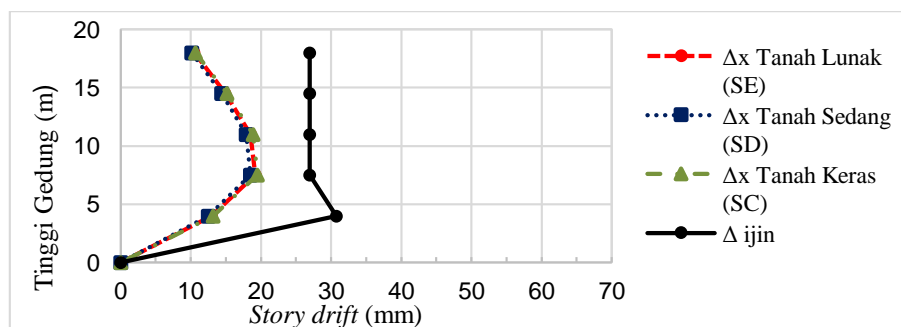
NB: Nilai penyesuaian skala gempa untuk diinput pada beban RS x & RS y pada software.

Tabel 3: Nilai gaya geser dasar pada struktur di tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras.

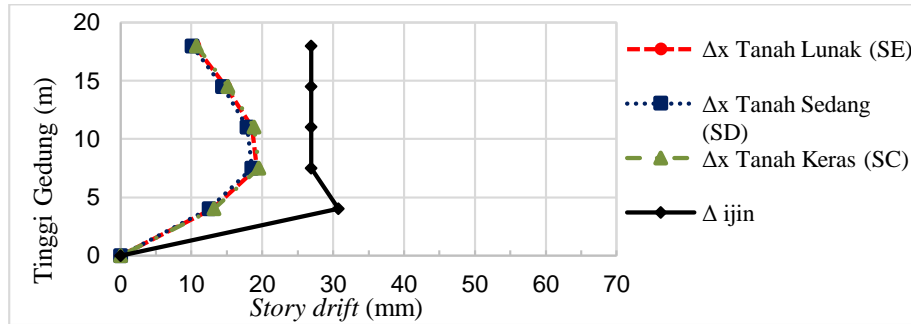
Ketinggian (m)	Tanah Lunak (SE)		Tanah Sedang (SD)		Tanah Keras (SC)	
	$V_x$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$V_y$ (kN)	$V_x$ (kN)	$V_y$ (kN)
18	1090.87	1053.5283	1058.00	1023.9015	1116.96	1080.7615
14.5	2136.88	2106.5491	2065.95	2037.7664	2176.16	2146.4137
11	2953.50	2936.6726	2853.09	2835.4575	3006.25	2987.4029
7.5	3505.18	3498.3024	3385.87	3377.858	3566.32	3557.8731
4	3764.31	3764.1899	3638.14	3637.6509	3833.22	3832.3606

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 diatas dapat diketahui bahwa gaya geser terkecil terjadi pada tanah sedang, kemudian meningkat pada tanah lunak, dan yang terbesar adalah gaya geser pada tanah keras. Hal ini disebabkan gaya gempa yang mempengaruhinya.

#### Simpangan Antar Lantai



Gambar 4: Perbandingan nilai simpangan antar lantai (*story drift*) arah x pada ketiga kondisi tanah.

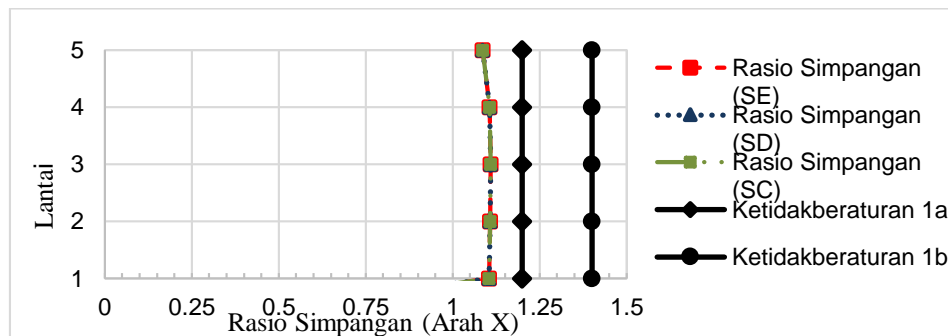


Gambar 5: Perbandingan nilai simpangan antar lantai (*story drift*) arah y pada ketiga kondisi tanah.

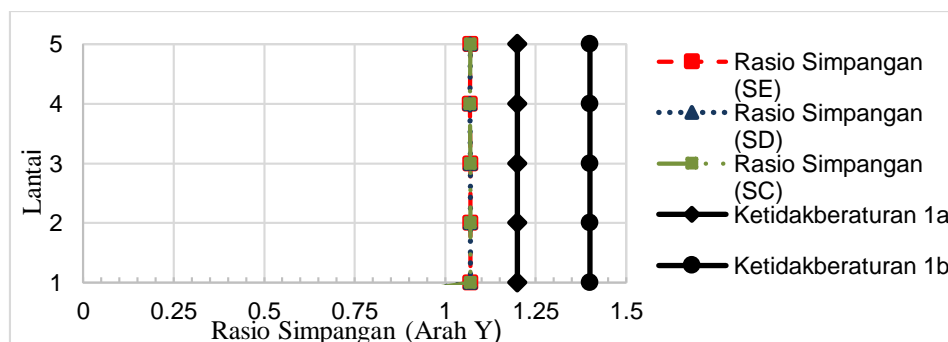
Berdasarkan Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa simpangan antar lantai semua tingkat pada struktur di tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras nilainya tidak melebihi batas izin yang disyaratkan untuk arah x dan y. Selain itu, dapat diketahui bahwa nilai simpangan terbesar ada pada struktur di atas tanah keras, sebesar 19,53 mm pada arah x. hal ini disebabkan oleh gaya gempa yang mempengaruhi struktur tersebut. Seperti yang terlihat pada tabel 3, bahwa gaya gempa terbesar terdapat pada kondisi tanah keras.

### Ketidakberaturan Horizontal

#### a. Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan



Gambar 6: Hasil analisa ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b struktur di ketiga kondisi tanah (arah x).

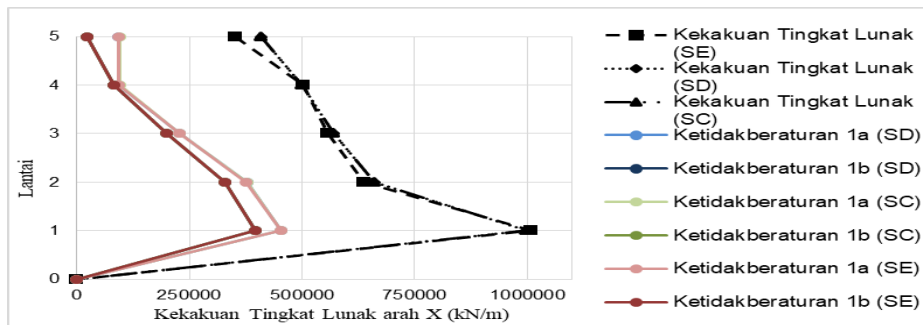


Gambar 7: Hasil analisa ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b struktur di ketiga kondisi tanah (arah y).

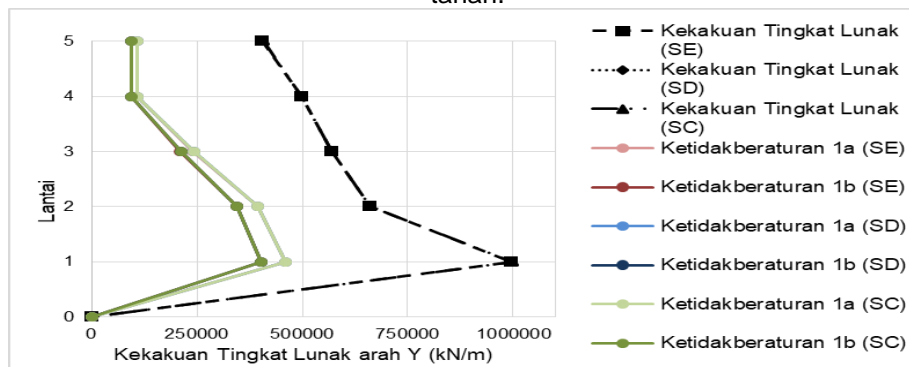
Berdasarkan Gambar 6 dan 7, rasio  $\Delta_{max}/\Delta_{avg}$  struktur pada ketiga kondisi tanah, untuk arah x dan y di semua tingkat lebih kecil dari 1,2, sehingga tidak terdapat ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan pada struktur.

### Ketidakberaturan Vertikal

#### a. Ketidakberaturan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan (*Soft Story*)/ Ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b



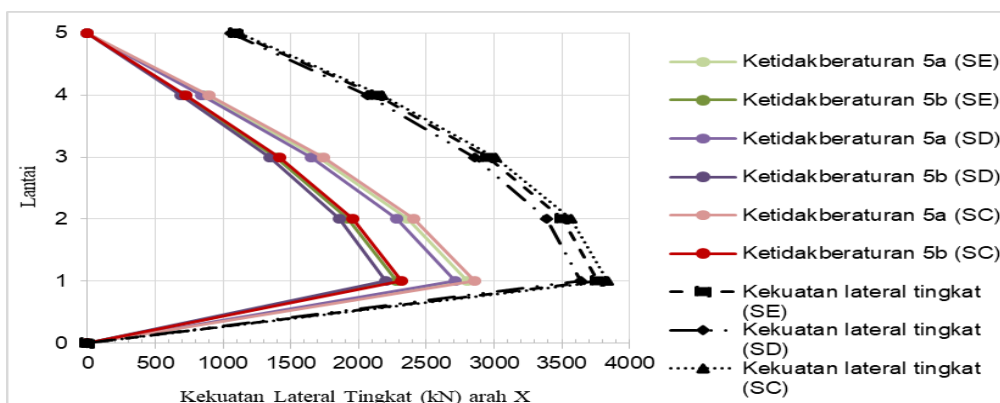
Gambar 8: Hasil analisa ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b arah x struktur di ketiga kondisi tanah.



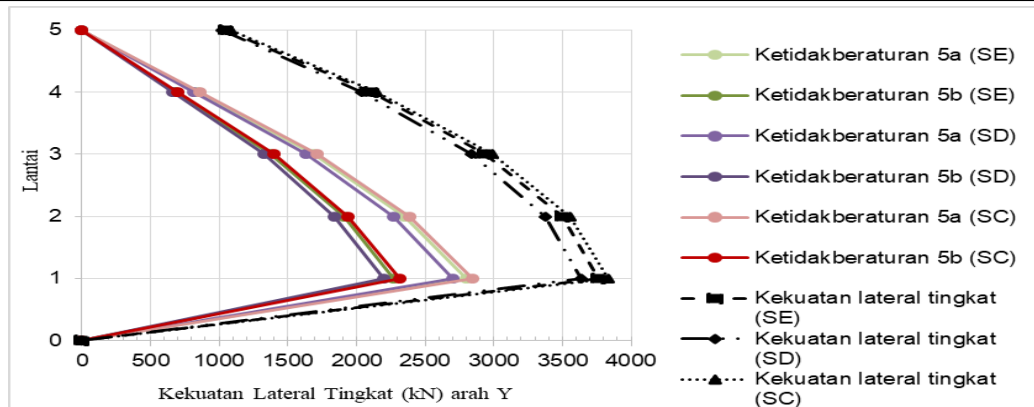
Gambar 9: Hasil analisa ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b arah y struktur di ketiga kondisi tanah.

Dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9, nilai *stiffness* x dan *stiffness* y menunjukkan bahwa kekakuan lateral di semua tingkat lebih besar dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya (tipe 1a) dan kekakuan lateral tiap lantai lebih besar dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya (tipe 1b). Hal ini menunjukkan struktur pada ketiga kondisi tanah tidak memiliki ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan tingkat lunak berlebihan terhadap masing-masing arah.

**b. Ketidakbertauran Tingkat Lemah dan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat/ Ketidakberaturan vertikal 5a dan 5b**



Gambar 10: Hasil analisa ketidakberaturan vertikal 5a dan 5b pada struktur di ketiga kondisi tanah (arah x).



Gambar 11: Hasil analisa ketidakberaturan vertikal 5a dan 5b pada struktur di ketiga kondisi tanah (arah y).

Berdasarkan Gambar 10 dan 11 dapat diketahui bahwa struktur tidak memiliki ketidakberaturan vertikal Tipe 5a dan 5b.

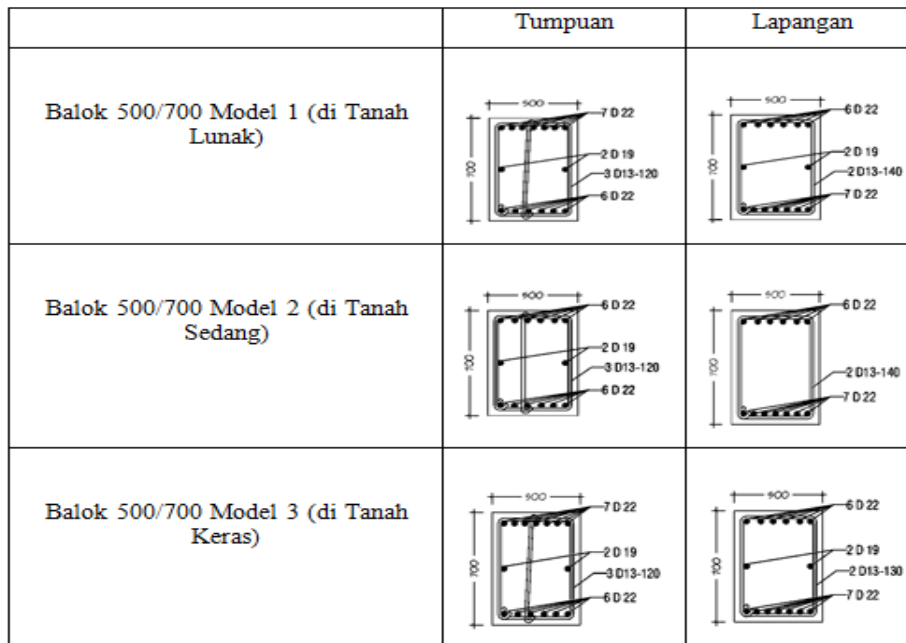
### Desain Elemen Struktur pada Tanah Lunak, Tanah Sedang dan Tanah Keras Desain Elemen Balok

Berdasarkan hasil analisa pada program analisa struktur, gaya dalam elemen balok pada tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras yang digunakan dalam desain disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4: output gaya dalam untuk desain balok pada ketiga kondisi tanah.

	Gaya Dalam	Situs Tanah		
		SE	SD	SC
Tumpuan	Mu (-)	-505.53	-490.04	-513.44
	Mu (+)	425.82	410.34	433.73
Lapangan	Mu (-)	-442.44	-426.47	-450.60
	Mu (+)	518.36	502.40	526.53
Tumpuan	Vu	435.86	423.73	442.05
Lapangan	Vu	387.53	375.48	393.69
	Vg	79.60	79.60	79.60
	Tu	74.47	72.25	75.61
	Pu	0.00	0.00	0.00





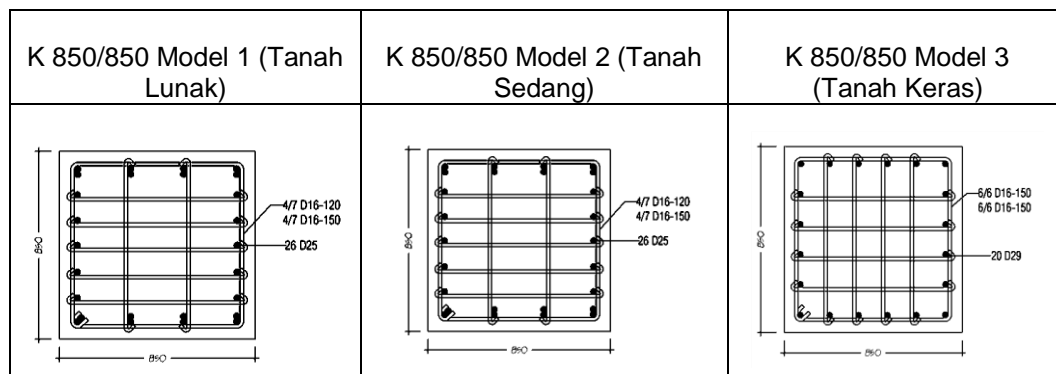
Gambar 12: Hasil desain balok pada ketiga kondisi tanah.

Setelah dilakukan analisis dengan cara trial error, di dapat hasil bahwa balok utama yang ditinjau pada pada ketiga model menggunakan dimensi yang sama, yaitu 500/700. Diameter dan jumlah tulangan longitudinal yang dipakai tidak banyak berbeda, tetapi terdapat perbedaan pada jarak tulangan sengkang. Hal ini disebabkan karena pengaruh gaya yang bekerja pada elemen struktur, dimana memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan., sehingga untuk balok pada posisi yang sama di atas struktur tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras masih cukup efisien menggunakan ukuran dimensi dan tulangan yang sama.

#### 4.2.2 Desain Kolom

Tabel 5: Output gaya dalam kolom (C2 lantai 1) pada model 1, 2 dan 3.

Gaya Dalam	Situs Tanah		
	Tanah Lunak (SE)	Tanah Sedang (SD)	Tanah Keras (SC)
P	-2477.81	-2432.03	-2500.99
Mx	-876.10	-848.18	-891.15
My	-1234.76	-1196.63	-1255.42
Vx	490.98	477.25	498.53
Vy	305.62	296.88	310.49



Gambar 13: Hasil desain kolom pada ketiga kondisi tanah.

Setelah dilakukan analisis dengan cara *trial error*, di dapat hasil bahwa kolom utama yang ditinjau pada ketiga model efisien menggunakan dimensi yang sama, yaitu kolom 850 x 850 dengan diameter tulangan D25 dan D29 untuk tulangan longitudinal serta D16 untuk tulangan trasversal. Pada diameter tulangan D29 jumlah tulangan berkurang 6 buah dari dibandingkan dengan memakai D25. Terdapat perbedaan pada jumlah kaki sengkang pada kolom di atas tanah keras, dimana kebutuhannya menjadi lebih banyak. Hal tersebut sejalan dengan gaya yang mempengaruhinya, dimana gaya terbesar ada pada kolom struktur di atas tanah keras.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

- 1) Dimensi penampang yang di desain adalah kolom dan balok dengan gaya terbesar dari seluruh elemen struktur yang ada dan sudah diperiksa terhadap *strong column-weak beam* (SCWB). Untuk hasil desain balok pada ketiga model menggunakan dimensi 500x700 mm dengan variasi tulangan yaitu Model 1 menggunakan 15 D22, Model 2 menggunakan 14 D22 dan Model 3 menggunakan 15 D22.
- 2) Dimensi kolom untuk ketiga model menggunakan kolom 850x850 mm. adapun tulangan yang digunakan yaitu pada Model 1 menggunakan tulangan 26 D25, Model 2 menggunakan tulangan 26 D25 dan Model 3 menggunakan tulangan 20 D29.
- 3) Dapat disimpulkan bahwa semakin keras tanah tempat struktur dibangun belum tentu semakin kecil pula gaya gempanya, hal ini disebabkan oleh faktor yang mempengaruhi nilai koefisien respon seismic ( $C_s$ ), khususnya nilai parameter spectral respon percepatan desain pada periode pendek ( $S_{ds}$ ) dan periode 1 destik ( $S_{d1}$ ). Dalam penelitian ini nilai  $C_s$  dipengaruhi oleh nilai  $S_{ds}$ . Nilai  $S_{ds}$  untuk kota Medan pada situs SE, SD dan SC memiliki grafik yang naik turun sehingga hal ini mempengaruhi gaya gempa yang dihasilkan.
- 4) Berdasarkan nilai  $C_s$  yang digunakan maka gaya geser dasar akibat gempa pada struktur yaitu pada Model 1 sebesar 3765.730 (arah x) ; 3766.286 (arah y), pada Model 2 sebesar 3639.535 (arah x); 3639.711 (arah y) dan pada Model 3 sebesar 3834.709 (arah x); 3834.551 (arah y). Adapun gaya-gaya yang dihasilkan oleh analisa perilaku struktur yang lain, nilainya berbanding lurus dengan gaya gempa pada struktur.

## REFERENSI

- Asfiati, S., & Zurkiyah, Z. (2021, August). Pola Penggunaan Lahan Terhadap Sistem Pergerakan Lalu Lintas Di Kecamatan Medan Perjuangan, Kota Medan. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 4, No. 1, pp. 206-216).
- Balai, P. T., Raja, J. S., & Balai, T. (2011). Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. *Jurnal dinamis*, 2(8).
- Dendi, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A. P., Nasution, A. R., & Mahjudin, M. (2022). Eksperimental Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Produk Foot Step Berbahan Limbah Alumunium Hasil Pengecoran Cetakan Pasir Silika Berpengikat Bentonit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 56-64.
- Dendi, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A. P., Nasution, A. R., & Mahjudin, M. (2022). Eksperimental Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Produk Foot Step Berbahan Limbah Alumunium Hasil Pengecoran Cetakan Pasir Silika Berpengikat Bentonit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 56-64.
- Efrida, R. (2010). *Analisis Struktur dengan Metode Kekakuan yang Dimodifikasi Untuk Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak Pada Stadium Retak* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana).
- Efrida, R. (2018). Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(1 JUNI), 62-69.
- Efrida, R., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kinerja Dinding Pengisi Bata Merah Dengan Openings Pada Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa Kuat. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 24-29.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian eksperimen kemampuan penyerapan energi pada struktur sarang lebah yang diuji secara statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 64-72.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian eksperimen

- kemampuan penyerapan energi pada struktur sarang lebah yang diuji secara statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 64-72.
- Lubis, S., Siregar, C. A., Siregar, I., & Hasibuan, E. S. (2020). Kajian Eksperimen Deffoormasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 01-10.
- Mizhar, S., Yulfitra, Y., & Suherman, S. (2017). Kajian Perubahan Distribusi Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro pada Proses Quench terhadap Variasi Diameter dalam dari Baja Karbon Sedang Tipe Sae 1040. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2).
- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018). Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1).
- Raja, K. J. S., & Tanjungbalai-SUMUT, K. S. R. K. PENGARUH PENAMBAHAN CU DAN SOLUTION TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADA ALUMINIUM PADUAN A356.
- Siregar, Z., & Andri, A. (2022). Pemanfaatan Ex-Bantaran Rel Kereta Api Dan Jembatan Layang Untuk Sarana Publik Yang Kreatif. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 7(1), 42-49.