

Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017

Indah Sari SIBAGARIANG¹, Simon Dertha TARIGAN^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Santo Thomas, email: simondertha2003@yahoo.com

Sejarah artikel

Diserahkan: 17 Agustus 2022
Dalam bentuk revisi: 20 September 2022

Diterima: 28 September 2022
Tersedia online: 30 September 2022

Abstract

Steel is suitable for earthquake-resistant buildings, because it has high strength and stiffness but is also lighter. In order to make the steel structure more ductile, braces are given to some parts of the building. This research discusses the performance of several types of braces placed in the middle exterior of a 10-story building structure in the city of Medan. The structure consists of 4 models, namely (1) unbraced structure, (2) diagonally braced CBF structure, (3) Inverted V-braced CBF structure, (4) X-braced CBF structure. Earthquake analysis was carried out using the dynamic response spectrum method, assuming moderate soil. The design earthquake load was obtained from the 2017 Indonesia Earthquake Source & Hazard Map, with a 2% probability of being exceeded in 50 years (2500 years earthquake). Structural analysis is carried out to determine the changes in displacement, drift, and drift ratio of each structural model. The analysis shows that the X-braced CBF has the best structural performance, but all of the 3 types of braces do not have a significant comparison. Looking from the aspect of adding steel material, the diagonal braced CBF type is more economical than the Inverted V-braced CBF, X-braced CBF type.

Kata kunci: steel frame, earthquake map 2017, SRBKK, braced CBF

Abstrak

Material yang cocok digunakan untuk bangunan tahan gempa adalah baja, karena baja merupakan material yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi dan lebih ringan. Agar bangunan struktur baja menjadi lebih daktil, maka diberikan bresing pada beberapa bagian dari bangunan tersebut. Penelitian ini membahas mengenai kinerja beberapa tipe bresing yang ditempatkan di eksterior tengah dari struktur bangunan 10 lantai di Kota Medan. Adapun struktur terdiri dari 4 model yaitu (1) struktur tanpa bresing, (2) struktur dengan diagonal braced CBF, (3) struktur dengan Inverted V-braced CBF, (4) struktur dengan X-braced CBF. Analisis gempa dilakukan dengan metoda dinamik respon spectrum, dengan asumsi tanah sedang. Beban gempa desain diperoleh dari Peta Sumber & Bahaya Gempa Indonesia 2017, dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (gempa 2500 tahun). Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui perubahan perpindahan (displacement), simpangan antar lantai (drift) dan drift ratio dari setiap model struktur. Hasil analisis menunjukkan tipe X-braced CBF memberikan kontribusi kinerja yang paling baik. Namun, ketiga tipe bresing tidak memiliki perbandingan yang cukup signifikan. Jika dilihat dari segi penambahan material baja, tipe diagonal braced CBF lebih ekonomis dibanding tipe Inverted V-braced CBF, X-braced CBF.

Kata kunci: portal baja, peta gempa 2017, SRBKK, braced CBF

1. Pendahuluan

Suatu struktur bangunan jika semakin tinggi maka akan semakin rentan terhadap gempa. Beban yang terjadi akibat gempa tersebut akan meningkatkan gaya lateral, yang diteruskan

dari pondasi ke seluruh komponen struktur di atasnya. Ketika struktur yang direncanakan tidak cukup kuat menahan beban lateral yang muncul, inilah kondisi yang mengakibatkan keruntuhan bangunan (*failure*). Dengan demikian, diperlukan perencanaan bangunan yang mampu menahan gempa untuk mencegah atau mengurangi kerusakan bangunan.

Solusi yang tepat untuk perencanaan bangunan tahan gempa adalah dengan meningkatkan kekakuan vertikal struktur. Kekakuan struktur dapat ditingkatkan dengan menambahkan lebih banyak elemen struktur tahan geser. Menambahkan struktur diagonal (*bracing*) (Haryono & Purnamawanti, 2015; Jansen, dkk., 2016), dinding geser, ataupun mengubah sambungan antareleman struktur adalah contoh penambahan elemen tersebut. Hal ini secara otomatis mereduksi gaya lateral yang terjadi. Di antara banyak cara untuk memperkuat struktur, penggunaan bresing adalah salah satu yang efektif menahan kemungkinan deformasi. Bresing dapat meminimalisir besarnya simpangan horizontal (*displacement*) dan meningkatkan kapasitas gaya geser antar lantai dasar pada struktur sehingga kemungkinan terjadi retak (*crack*) pada sambungan antar balok dan kolom yang menyebabkan kegagalan dapat dihindari.

Bresing adalah pengaku yang digunakan untuk memperkuat suatu struktur bangunan. Bresing dapat digunakan untuk mendisipasi gaya yang terjadi pada struktur akibat gaya vertikal dan horizontal. Struktur bangunan tanpa bresing akan memiliki simpangan antar lantai (*drift*) yang sangat besar. Dalam hal ini, penambahan bresing dapat mengurangi simpangan yang terjadi tersebut. Dalam penelitian ini, penulis hanya memperhitungkan simpangan lantai (*drift*) dan *drift ratio* tanpa memperhitungkan dari segi penambahan material baja. Perkuatan struktur dengan penggunaan bresing yang efektif tidak hanya diatur sedemikian rupa secara struktural, tetapi juga tidak mengganggu dari segi arsitektural.

Terdapat beberapa macam struktur rangka baja yang digunakan sebagai struktur baja tahan gempa di antaranya adalah Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Struktur Rangka Pemikul Momen Terbatas (SRPMT), Struktur Rangka Batang Pemikul Momen Khusus (SRBPMK), Struktur Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK), Struktur Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB), dan Struktur Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Pada penelitian ini, penulis menggunakan tipe Struktur Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) sebagai fokus topik perencanaan. Seperti yang diketahui bersama, saat ini terdapat beberapa variasi tipe bresing pada bangunan struktur baja. Variasi tersebut tentu akan memberikan perilaku yang berbeda seperti hasil penelitian sebelum ini (Ojak, 2019). Oleh karena itu, penulis dalam penelitian ini akan melakukan analisa struktur baja dengan beberapa tipe bresing, yaitu Diagonal braced CBF, Inverted V-braced, dan X-braced CBF dimana posisi penempatan bresing pada eksterior tengah. Dengan demikian, dapat dilihat perbedaan dan perilaku bangunan tersebut terhadap masing-masing tipe bresing.

Indonesia memiliki beberapa peta gempa yang dijadikan acuan sejak tahun 1966. Peta gempa pertama dirilis dalam Peraturan Beton Indonesia tahun 1966, yang kemudian diperbaharui dalam Peraturan Muatan Indonesia tahun 1970. Selanjutnya, pada tahun 1981 Peraturan Pembebanan Indonesia memuat peta gempa baru, yang mana menjadi acuan pula untuk SNI-03-1726-1989 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Rumah dan Gedung. dalam PPTI-UG tahun 1983. Pembaharuan kembali dilakukan pada tahun 2002, dan menjadi acuan dalam penyusunan SNI 03-1726-2002. Berbagai studi kegempaan lanjutan membuat peta gempa Indonesia kembali diperbaharui pada tahun 2010 (acuan penyusunan SNI 03-1726-2012). Sejak tahun 2010, sejumlah gempa signifikan terjadi dan beberapa hasil studi kegempaan dirilis, seperti contohnya: geologi di pulau Jawa (Marliyani, 2016), di pulau Sulawesi (Daryono, 2016), serta di pulau Papua (Pamumpuni, 2016). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia muncul dalam pembaharuan terbaru di tahun 2017.

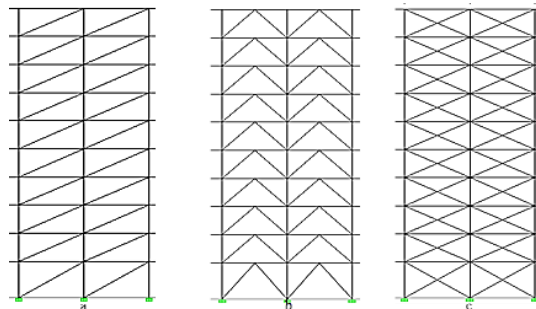
Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan melakukan perbandingan besar perubahan simpangan antar lantai (*drift*) pada suatu struktur gedung

rangka baja yang menerima beban lateral setelah dipasang elemen bresing pada posisi eksterior tengah. Lebih lanjut, tujuannya adalah untuk mengetahui tipe bresing yang paling besar memberikan kontribusi dalam meredam perpindahan (displacement) dan simpangan antar lantai (drift) yang masih dalam kondisi aman. Untuk menyesuaikan terhadap pembaharuan terkini, penelitian ini melakukan analisis struktur gedung dengan beban gempa yang mengacu pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017.

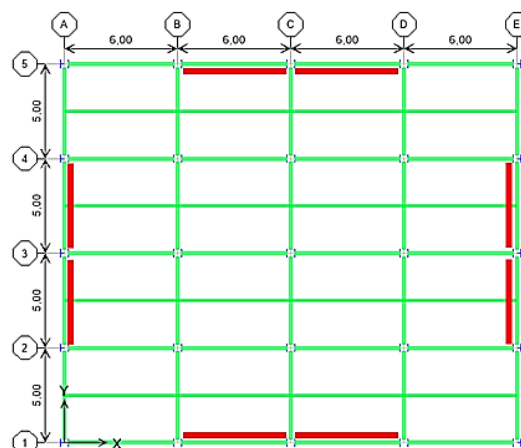
Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik dimana sumbu mendatar (sb.x) merepresentasikan periode getar struktur T , dan sumbu vertical (sb.y) menyatakan respon-respon maksimum (seperti kecepatan spektral, percepatan spektral, deviasi maksimum, ataupun struktur massa SDOF) berdasarkan gempa tertentu dan rasio redaman. Terdapat perubahan respons spektrum (baik peningkatan maupun penurunan) akibat pembaharuan sumber gempa di Peta Gempa tahun 2017. Secara khusus di Kota Medan, terdapat peningkatan nilai percepatan spektral untuk jenis tanah batuan (SB) berdasarkan studi terdahulu (Afnan, dkk., 2020). Nilai perubahan respons spektral percepatan gempa tersebut juga ditemukan dalam studi lain untuk periode pendek dan periode 1 detik (Sitompul, dkk., 2022).

2. Karakteristik Struktur Gedung Dalam Studi

Gedung berfungsi sebagai gedung perkantoran yang direncanakan adalah struktur gedung beraturan 10 lantai dengan dimensi arah $Y = 20$ m dengan spasi 5 m dan arah $X = 24$ m dengan spasi 6 m dan jarak antar lantai tingkat pertama 4,5 m dan tingkat selanjutnya 3,5 m. Asumsi lokasi bangunan berada di kota Medan dengan klasifikasi jenis tanah sedang. Perhitungan beban gempa menggunakan analisis dinamik respons spectrum pada wilayah medan, dimana beban gempa mengacu kepada peraturan SNI 1726-2019. Menggunakan Peta Sumber dan Bahaya Gempa 2017. Beban angin diabaikan. Perencanaan elemen struktur berdasarkan SNI 1729-2015. Peneliti hanya membahas tentang perubahan nilai defleksi lateral saja. Sambungan dianggap kuat dalam menahan semua gaya-gaya yang bekerja. Pemodelan struktur yang digunakan adalah pemodelan 3 dimensi, dimana tipe bresingnya adalah: *Diagonal braced CBF*, *Inverted V-braced*, dan *X-braced CBF*.



Gambar 1. Tipe bresing konsentrik: (a) diagonal braced CBF, (b) inverted v-braced, (c) x-braced CBF



Gambar 2. Penempatan Bresing pada Eksterior Tengah

3. Metode Penelitian

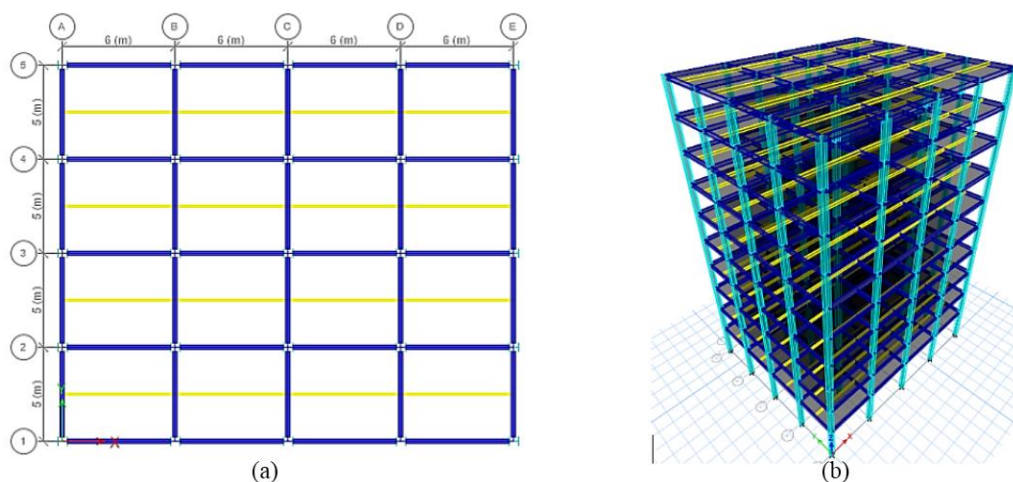
Penelitian ini dilakukan dengan menggandakan studi literatur yang relevan, serta mengacu kepada peraturan-peraturan seperti: SNI 1729-2015, SNI 1726-2019, PPURG 1987, Peta Sumber dan Bahaya Gempa 2017.

Tabel 1. Data perencanaan struktur yang ditinjau

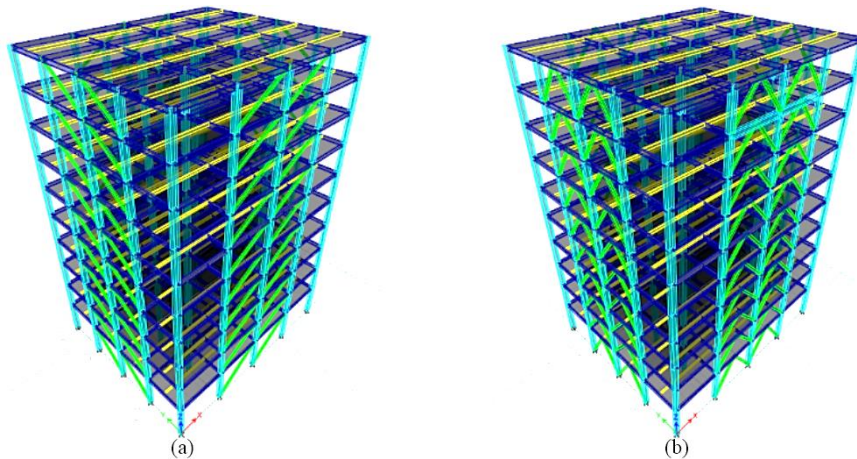
No.	Jenis Data Perencanaan Struktur	Keterangan
1.	Lokasi Dan Jenis Bangunan	Lokasi Bangunan = Kota Medan, Sumatera Utara Kategori Bangunan = Sebagai Perkantoran Konstruksi Bangunan = Struktur Baja Jenis Tanah = Tanah Sedang
2.	Data Geometrik	Tinggi Bangunan = 36 meter Tinggi antar lantai tingkat pertama = 4,5 Meter Tinggi antar lantai tingkat berikutnya = 3,5 Meter Panjang perportal arah X = 6 Meter Lebar perportal arah Y = 5 Meter Panjang total bangunan arah X = 24 Meter Lebar total bangunan arah Y = 20 Meter
3.	Material Baja	Mutu Baja = Bj 41 Tegangan leleh, f_y = 250 Mpa Tegangan putus f_u = 410 Mpa Modulus elastisitas E_s = 200000 Mpa
4.	Berat Sendiri	Mengacu pada PPPURG 1987 tentang Pembebanan Untuk Rumah & Gedung, diketahui data berat sendiri material struktur : Berat jenis beton bertulang = 24 kN/m ³ Berat isi spesi = 21 kN/m ² Berat isi penutup lantai = 24 kN/m ² Berat pasangan bata ½ batu = 2,5 kN/m ² Instalasi ME = 0,25 kN/m ² Langit-langit + penggantung = 0,20 kN/m ²
5.	Struktur Lantai	Pada struktur lantai menggunakan plat dek komposit baja gelombang (bondex), dengan lebar efektif 1000 mm, ketebalan dek 0,65 mm, tinggi profil 55 mm. Tebal plat atap = 120 mm Tebal plat lantai = 120 mm

Pemodelan Struktur

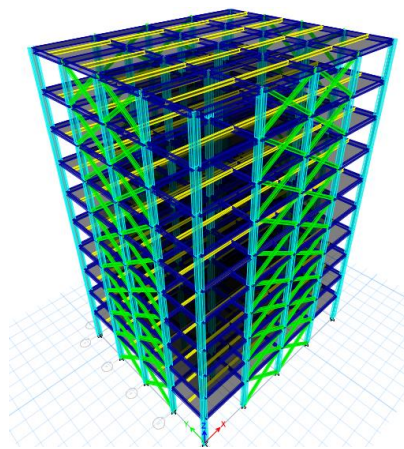
Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program komputer, yaitu ETABS v9.74. Pemodelan ini akan memberikan gambaran kondisi aktual bangunan dan sebaiknya dibuat semirip mungkin agar hasilnya dapat mendekati/mewakili perilaku struktur rencana.



Gambar 3. (a) Denah Struktur Tanpa Bresing, (b) Model 3D Struktur Tanpa Bresing



Gambar 4. (a) Model 3D Struktur Diagonal braced CBF, (b) Model 3D Struktur Inverted V-Braced CBF



Gambar 5. Pemodelan Struktur X-braced CBF

Pembebanan Struktur

Pembebanan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi-aksi sebagai berikut:

- 1) Beban Mati. Beban mati struktur adalah beban seluruh elemen struktur yakni kolom, balok, pelat dan Bresing. Beban ini dihitung secara otomatis oleh program ETABS.
- 2) Beban Mati Tambahan (*Super dead load*)

- Beban mati tambahan untuk pelat lantai :

Spesi	: 0,02 x 21	= 0,42 KN/m ²
Penutup lantai	: 0,01 x 24	= 0,24 KN/m ²
Langit – langit + penggantung		= 0,20 KN/m ²
Instalasi ME		<u>= 0,25 KN/m²</u>
Qdl		= 1,11 KN/m²
- Beban mati tambahan untuk pelat atap :

Spesi	: 0,02 x 21	= 0,42 KN/m ²
Langit – langit + penggantung		= 0,20 KN/m ²
Instalasi ME		<u>= 0,25 KN/m²</u>
Qdl		= 0,87 KN/m²
- Beban mati tambahan pada balok
 Beban dinding hanya berada diluar bangunan saja
 Beban dinding balok lantai 2,3,4,5

$$q = (T_{dinding} - L_{balok}) \times 2,5 \text{ kN/m}^2$$

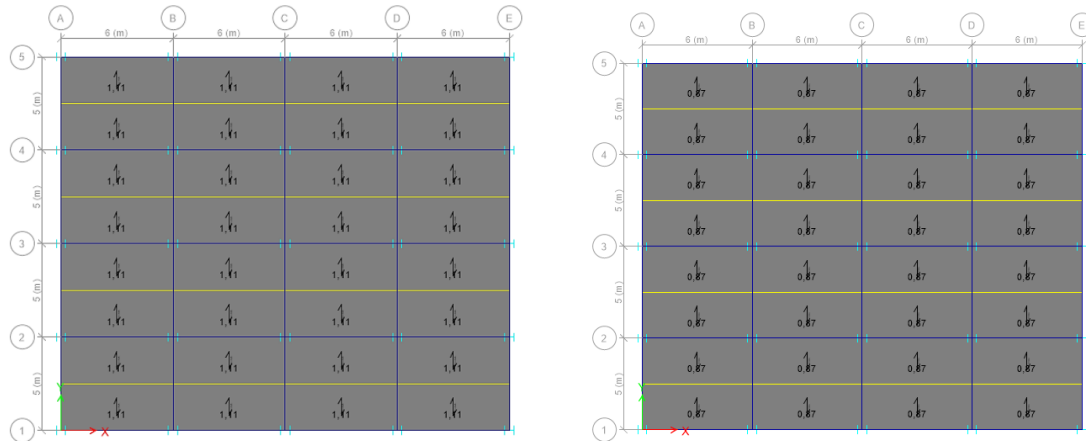
$$= (3,5 \text{ m} - 0,35 \text{ m}) \times 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$= 7,875 \text{ kN/m}$$
 Beban dinding balok lantai 6,7,8,9,10

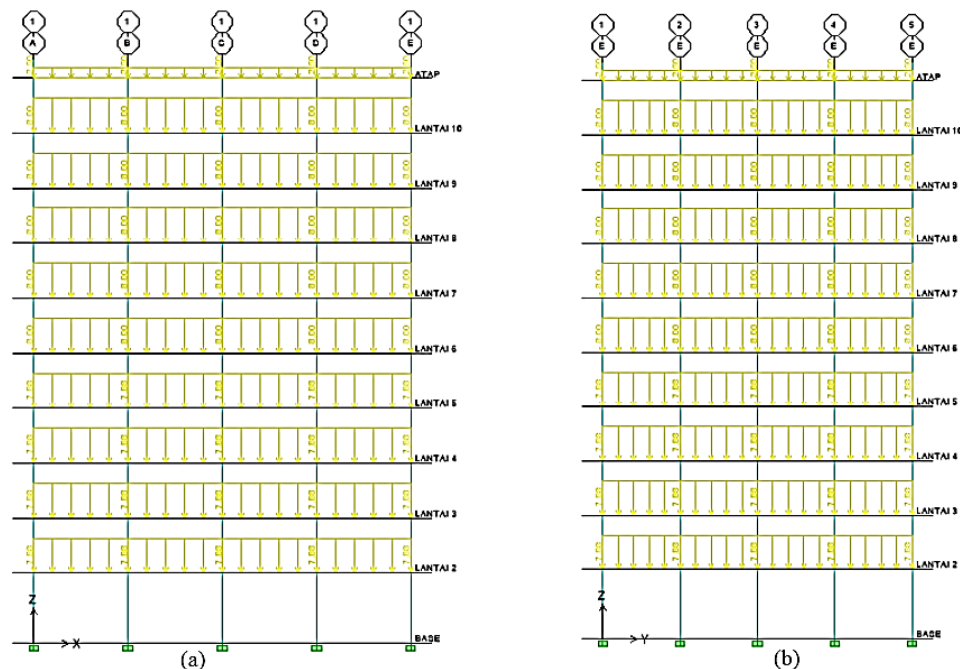
$$\begin{aligned}
 q &= (T_{\text{dinding}} - L_{\text{balok}}) \times 2,5 \text{ kN/m}^2 \\
 &= (3,5 \text{ m} - 0,3 \text{ m}) \times 2,5 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Beban dinding balok atap

$$q = 2,5 \text{ kN/m}$$



Gambar 6. (a) Beban Mati (DL) Tambahan Pada Plat Lantai, (b) Beban Mati (DL) Tambahan Pada Plat Atap



Gambar 7. (a) pembebanan balok arah x, (b) pembebanan balok arah y

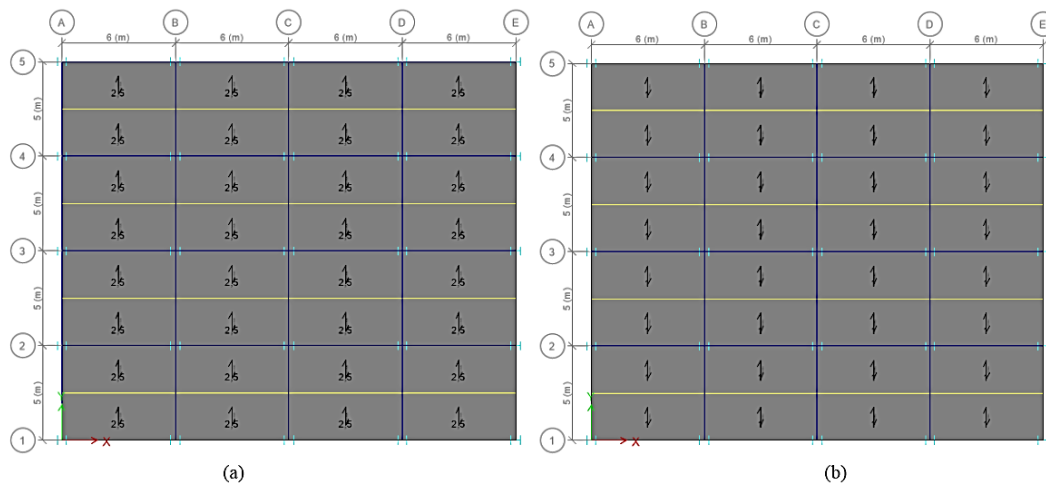
- 3) Beban Hidup (*live load*). Beban hidup adalah berupa beban luasan yang bekerja menurut fungsi dari bangunan. Dengan mengacu pada PPPURG 1987 tentang Pedoman Pembebanan Untuk Rumah & Gedung, untuk gedung perkantoran diketahui :

Beban hidup pada lantai (Q_{ll} lantai) = 2,50 KN/m²

Beban hidup pada atap (Q_{ll} atap) = 1,00 KN/m²

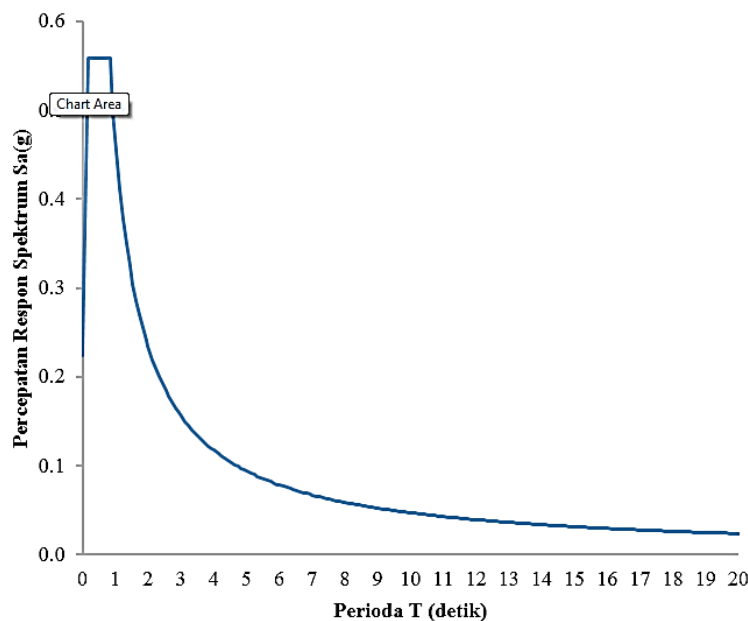
- 4) Beban Gempa. Beban gempa akan dihitung dengan metoda analisis dinamik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019. Dengan menggunakan Peta Sumber dan Bahaya Gempa 2017. Mengacu pada Earthquake Resistance Building & Infrastructure Design Codes, maka implementasi peta gempa Indonesia untuk struktur bangunan gedung ditetapkan menggunakan periode ulang gempa 2500 tahun

(untuk bangunan gedung, 10% dan 2% kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun umur bangunan menggambarkan kondisi *life safety* dan *collapse prevention*).



Gambar 8. (a) Beban Hidup (LL) Pada Plat Lantai, (b) Beban Hidup (LL) Pada Plat Atap

Kurva Respon Spektrum Desain 2017



T	Sa
0	0,223
0,168	0,558
0,840	0,558
1	0,469
2	0,234
3	0,156
4	0,117
5	0,094
6	0,078
7	0,067
8	0,059
9	0,052
10	0,047
11	0,043
12	0,039
13	0,036
14	0,033
15	0,031
16	0,029
17	0,028
18	0,026
19	0,025
20	0,023

Gambar 9. Kurva respons spektrum desain untuk periode ulang 2500 tahun dari peta sumber & bahaya gempa Indonesia tahun 2017

Kombinasi Pembebanan

Struktur gedung maupun non gedung yang tahan gempa harus dirancang menggunakan suatu sistem kombinasi pembebanan, dimana kombinasi metode *ultimate* dijabarkan pada SNI 1726-2019 Pasal 4.2. Lebih lanjut, berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.3.4, pengaruh beban gempa pada sistem kombinasi harus dimodifikasi dikenakan faktor redundansi (ρ). Dari syarat kategori desain seismiknya, diketahui faktor redundansi untuk struktur ini sebesar 1,3. Faktor ini akan dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonalnya. Sehingga dari perubahan tersebut, kombinasi pembebanan yang akan digunakan menjadi : 1,4 DL dan 1,2 DL + 1,6 LL

Tabel 2. Kombinasi pembebanan struktur yang ditinjau

Arah X	Arah Y
1,31 DL + 1,0 LL + 1,3 EX + 0,39 EY	1,31 DL + 1,0 LL + 1,3 EY + 0,39 EX
1,31 DL + 1,0 LL + 1,3 EX - 0,39 EY	1,31 DL + 1,0 LL + 1,3 EY - 0,39 EX
1,31 DL + 1,0 LL - 1,3 EX + 0,39 EY	1,31 DL + 1,0 LL - 1,3 EY + 0,39 EX
1,31 DL + 1,0 LL - 1,3 EX - 0,39 EY	1,31 DL + 1,0 LL - 1,3 EY - 0,39 EX
0,79 DL + 1,3 EX + 0,39 EY	0,79 DL + 1,3 EY + 0,39 EX
0,79 DL + 1,3 EX - 0,39 EY	0,79 DL + 1,3 EY - 0,39 EX
0,79 DL - 1,3 EX + 0,39 EY	0,79 DL - 1,3 EY + 0,39 EX
0,79 DL - 1,3 EX - 0,39 EY	0,79 DL - 1,3 EY - 0,39 EX

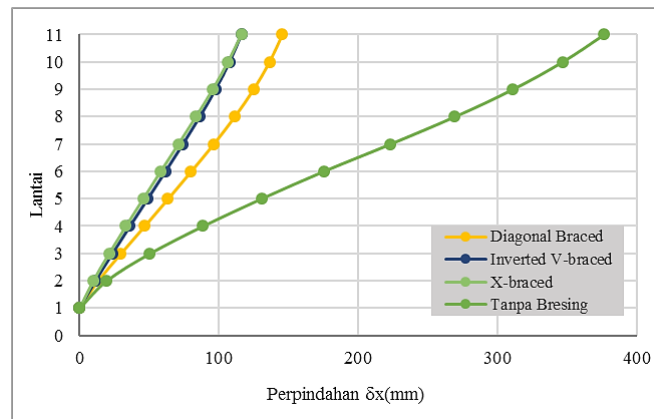
Keterangan : D= Beban Mati; L= Beban Hidup; E= Beban Gempa

4. Hasil Analisis Model Struktur

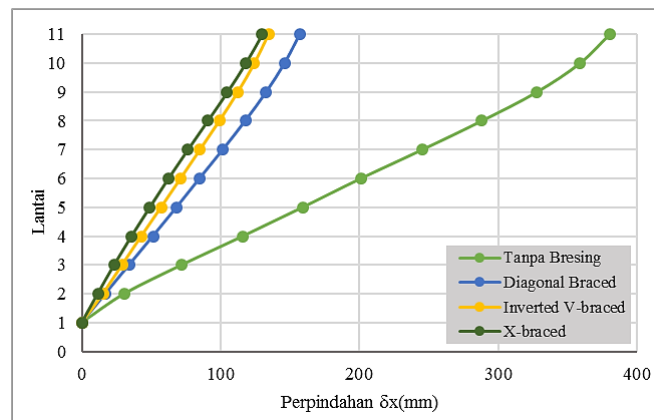
Tabel 3. Rekapitulasi hasil analisis setiap model bresing

No	Data	Simbol	Respon Spektra Desain 2017			
			Tanpa Bresing	Diagonal braced CBF	Inverted V-braced CBF	X-braced CBF
1	Kategori Risiko & Faktor Keutamaan Gempa					
	Kategori Risiko	-	II	II	II	II
	Faktor Keutamaan	Ie	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Faktor Sistem Penahan Gaya Gempa					
	Koef. Modifikasi Respon	R	8	6	6	6
	Kuat lebih system	Ω_0	3	2	2	2
	Pembesaran defleksi	Cd	5,5	5	5	5
3	Perioda Fundamental Pendekatan					
	Koef. Batas minimum	Ct	0,048	0,048	0,048	0,048
	Ketinggian struktur atas	hn	36	36	36	36
		x	0,75	0,75	0,75	0,75
	Koef. Batas maksimum	Cu	1,4	1,4	1,4	1,4
4	Parameter Percepatan Spektra Desain					
	Perioda pendek	SDS	0,558	0,558	0,558	0,558
	Perioda 1 detik	SD1	0,468	0,468	0,468	0,468
5	Penentuan Perioda Getar					
	Minimum	Ta	1,272	0,717	0,717	0,717
	Maksimum	Cu.Ta	1,782	1,004	1,004	1,004
	Aktual arah X	Tc.X	2,813	1,052	0,876	0,865
	Aktual arah Y	Tc.Y	2,827	1,114	0,983	0,933
	Terkoreksi berdasarkan SNI 1726-2019					
	Terkoreksi arah X	Tx	1,782	1,004	0,876	0,865
	Terkoreksi arah Y	Ty	1,782	1,004	0,98343	0,933
6	Koefisien Respon Seismik					
	Koef. Hitung	Cs	0,069	0,093	0,093	0,093
	Batas Maksimum					
	Arah X	Cs' X	0,032	0,077	0,089	0,091
	Arah Y	Cs' Y	0,032	0,077	0,079	0,083
	Batas Minimum	Cs''	0,024	0,024	0,024	0,024
	Terkoreksi berdasarkan SNI 1726-2019					
	Terkoreksi arah X	CsX	0,032	0,077	0,089	0,091
	Terkoreksi arah Y	CsY	0,032	0,077	0,079	0,083
7	Geser Dasar Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen					
	Berat Struktur	W	29116,02	29425,97	29619,11	29790,93
	Arah X	Vx	957,36	2290,75	2640,18	2689,11
	Arah Y	Vy	957,36	2290,75	2353,01	2492,11

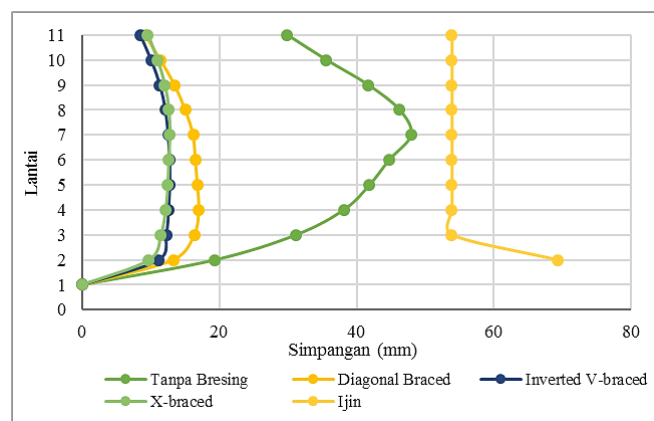
No	Data	Simbol	Respon Spektra Desain 2017			
			Tanpa Bresing	Diagonal braced CBF	Inverted V-braced CBF	X-braced CBF
8	Geser Dasar Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Koreksi					
	Arah X	VtX	957,36	2649,90	3158,81	2998,66
	Arah Y	VtY	957,36	2552,49	2774,79	2834,76
9	Koreksi Vt = 100% V					
	Arah X	-	OK	OK	OK	OK
	Arah Y	-	OK	OK	OK	OK



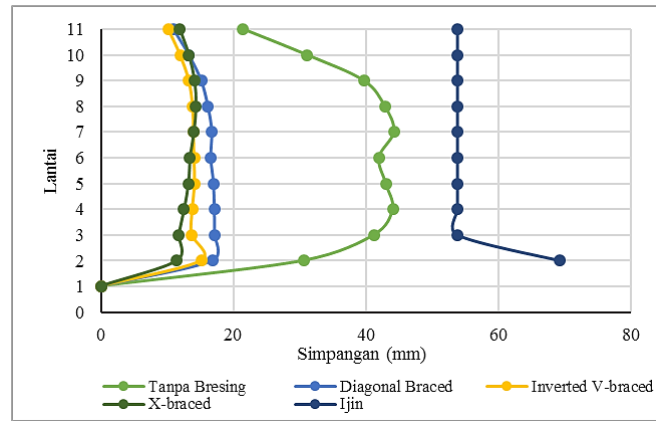
Gambar 10. Grafik perbandingan perpindahan arah x



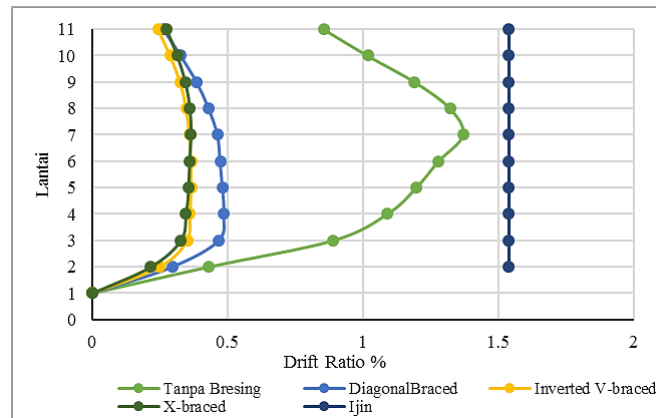
Gambar 11. Grafik perbandingan perpindahan arah y



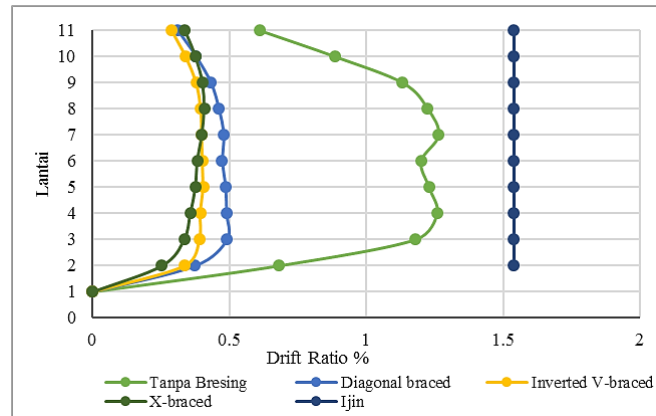
Gambar 12. Simpangan arah x



Gambar 13. Simpangan arah y



Gambar 14. Drift Ratio Arah X



Gambar 15. Drift Ratio Arah Y

Nilai Persentase Penurunan Displacement

$$\frac{\text{Displacement Tanpa Bresing} - \text{Displacement Dengan Bresing}}{\text{Displacement Tanpa Bresing}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai persentase penurunan *displacement* dihitung dengan persamaan 1. Data perbandingan *displacement* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan Displacement

Lantai	Elevasi (mm)	Displacement				Penurunan		
		Tanpa Bresing (mm)	Diagonal braced CBF (mm)	Inverted V-braced CBF (mm)	X-braced CBF (mm)	Diagonal braced CBF (%)	Inverted V-braced (%)	X-braced CBF (%)
Arah X								
Atap	3500	376,45	145,41	116,27	116,13	61,37%	69,11%	69,15%
Lantai 10	3500	346,56	136,22	107,78	106,56	60,69%	68,90%	69,25%
Lantai 9	3500	310,98	124,79	97,72	95,61	59,87%	68,58%	69,26%
Lantai 8	3500	269,31	111,29	86,37	83,58	58,68%	67,93%	68,96%
Lantai 7	3500	223,08	96,22	74,22	70,98	56,86%	66,73%	68,18%
Lantai 6	3500	175,17	80,03	61,67	58,24	54,31%	64,79%	66,75%
Lantai 5	3500	130,46	63,51	48,91	45,69	51,32%	62,51%	64,98%
Lantai 4	3500	88,59	46,66	36,11	33,26	47,33%	59,24%	62,46%
Lantai 3	3500	50,48	29,65	23,47	21,14	41,28%	53,50%	58,11%
Lantai 2	4500	19,34	13,28	11,20	9,71	31,35%	42,08%	49,78%
Rata-rata						52,31%	62,34%	64,69%
Arah Y								
Atap	3500	380,19	156,94	134,29	129,67	58,72%	64,68%	65,89%
Lantai 10	3500	358,78	146,03	124,13	117,83	59,30%	65,40%	67,16%
Lantai 9	3500	327,74	132,78	112,17	104,62	59,49%	65,77%	68,08%
Lantai 8	3500	288,09	117,65	98,88	90,54	59,16%	65,68%	68,57%
Lantai 7	3500	245,22	101,48	84,99	76,25	58,62%	65,34%	68,91%
Lantai 6	3500	200,98	84,73	70,98	62,26	57,84%	64,68%	69,02%
Lantai 5	3500	158,99	68,14	56,91	48,85	57,14%	64,21%	69,27%
Lantai 4	3500	115,98	51,14	42,73	35,68	55,90%	63,15%	69,23%
Lantai 3	3500	71,94	34,03	28,91	23,16	52,70%	59,81%	67,80%
Lantai 2	4500	30,67	16,86	15,19	11,43	45,03%	50,45%	62,71%
Rata-rata						56,39%	62,92%	67,66%
Rata-Rata Total						54,35%	62,63%	66,18%

Persentase penurunan *Displacement* pada *diagonal braced CBF*, *Inverted V-braced CBF*, *X-braced CBF* berturut-turut sebesar 54,35%, 62,63%, 66,18%.

Nilai Persentase Penurunan *Drift Ratio*

$$\frac{\text{Drift Ratio Tanpa Bresing} - \text{Drift Ratio Dengan Bresing}}{\text{Drift Ratio Tanpa Bresing}} \times 100\% \quad (2)$$

Nilai persentase penurunan *drift ratio* di hitung dengan rumus pada persamaan 2. Data perbandingan *drift ratio* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Perbandingan *drift ratio*

Lantai	Elevasi	Drift ratio				Penurunan		
		Tanpa Bresing	Diagonal braced CBF	Inverted V-braced CBF	X-braced CBF	Diagonal braced CBF	Inverted V-braced	X-braced CBF
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(%)
Arah X								
Atap	3500	0,85	0,26	0,24	0,27	69,23%	71,58%	67,94%
Lantai 10	3500	1,02	0,32	0,28	0,31	67,87%	71,73%	69,22%
Lantai 9	3500	1,19	0,38	0,32	0,34	67,60%	72,76%	71,16%
Lantai 8	3500	1,32	0,43	0,34	0,35	67,43%	73,73%	72,75%

Lantai	Elevasi (mm)	Drift ratio				Penurunan		
		Tanpa Bresing (mm)	Diagonal braced CBF (mm)	Inverted V-braced CBF (mm)	X-braced CBF (mm)	Diagonal braced CBF (%)	Inverted V-braced (%)	X-braced CBF (%)
Lantai 7	3500	1,36	0,46	0,35	0,36	66,19%	73,80%	73,40%
Lantai 6	3500	1,27	0,47	0,36	0,35	63,04%	71,45%	71,93%
Lantai 5	3500	1,19	0,48	0,36	0,35	59,77%	69,42%	70,30%
Lantai 4	3500	1,08	0,48	0,36	0,34	55,35%	66,85%	68,22%
Lantai 3	3500	0,88	0,46	0,35	0,32	47,45%	60,59%	63,29%
Lantai 2	4500	0,42	0,29	0,24	0,21	31,35%	42,08%	49,78%
Rata-rata						59,53%	67,40%	67,80%
Arah Y								
Atap	3500	3500	0,61	0,31	0,29	0,33	49,04%	52,54%
Lantai 10	3500	3500	0,88	0,37	0,34	0,37	57,28%	61,47%
Lantai 9	3500	3500	1,13	0,43	0,37	0,40	61,85%	66,48%
Lantai 8	3500	3500	1,22	0,46	0,39	0,40	62,29%	67,61%
Lantai 7	3500	3500	1,26	0,47	0,40	0,39	62,15%	68,33%
Lantai 6	3500	3500	1,19	0,47	0,40	0,38	60,49%	66,47%
Lantai 5	3500	3500	1,22	0,48	0,40	0,37	60,47%	67,06%
Lantai 4	3500	3500	1,25	0,48	0,39	0,351	61,13%	68,61%
Lantai 3	3500	3500	1,17	0,49	0,39	0,33	58,40%	66,77%
Lantai 2	4500	4500	0,68	0,37	0,33	0,25	45,03%	50,45%
Rata-rata						57,81%	63,58%	64,49%
Rata-Rata Total						58,67%	65,489%	66,146%

Persentase penurunan *Drift Ratio* pada *diagonal braced CBF*, *Inverted V-braced CBF*, *X-braced CBF* berturut-turut sebesar 58,67%, 65,489%, 66,146%.

Penambahan Berat Struktur

Akibat adanya penambahan Bresing, Struktur mengalami penambahan berat. Dimana berat struktur adalah hasil *output* dari ETABS. Perbandingan penambahan berat struktur dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Perbandingan berat elemen struktur tanpa bresing dan dengan menggunakan bresing

No	Element Type	Berat (kN)			
		Tanpa Bresing	Diagonal Braced CBF	Inverted V- braced CBF	X-Braced CBF
1	Kolom	3709,086	3709,086	3709,086	3709,086
2	Balok	1218,435	1218,435	1218,435	1218,435
3	Bresing	-	364,955	503,087	729,91
Berat Total		4927,521	5292,476	5430,608	5657,431
Selisih Penambahan			364,955	503,087	729,91
Persentase Penambahan			6,90%	9,26%	12,90%

Penambahan berat pada *diagonal braced CBF*, *Inverted V-braced CBF*, *X-braced CBF* berturut-turut sebesar 6,90%, 9,26%, 12,90% dengan adanya bresing memiliki penambahan berat pada struktur, akan tetapi elemen struktur baik kolom maupun balok dapat di reduksi melihat *Drift Ratio* dan *Stress Ratio* yang lebih kecil pada Struktur dengan Bresing dibandingkan Struktur Tanpa bresing.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai pengaruh kinerja struktur baja dengan tipe bresing yang berbeda, dengan beban gempa respons spektrum desain 2017, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Penambahan Bresing pada Struktur gedung dapat memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam hal mengurangi simpangan antar lantai.
- Tipe Bresing yang paling besar memberikan kontribusi dalam meredam perpindahan (*displacement*) dan simpangan antar lantai (*drift*) menurut hasil respons spektrum desain 2017 adalah model X-Braced CBF.
- Perbandingan analisis tipe bresing *diagonal braced* CBF, *Inverted V-braced* CBF, dan *X-braced* CBF tidak terlalu signifikan, karena ketiga jenis tipe bresing mempunyai kinerja yang relatif sama.
- Jika dilihat dari segi penambahan material baja, tipe *diagonal braced* CBF lebih ekonomis dibanding tipe *Inverted V-braced* CBF, dan *X-braced* CBF.

6. Referensi

- Afnan, Y. A. K., Shulhan, M. A., & Yasin, I. (2020). Perbandingan Respons Spektrum Gempa Antara SNI 1726-2012 Dan SNI 1726-2019 Di Indonesia. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 5(2), 36–42.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729-2015).
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung* (SNI 1726-2019).
- Daryono, M. R. (2016). *Paleoseismology tropis Indonesia (dengan studi kasus di Sesar Sumatra, Sesar Palukoro-Matano, dan Sesar Lembang)*. Institut Teknologi Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung* (Patent No. SKBI-1.3.53.1987).
- Haryono, S., & Purnamawanti, D. A. D. (2015). Penggunaan Struktur Bresing Konsentrik Tipe X Untuk Perbaikan Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Lateral Akibat Gempa. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 16(20).
- Jansen, L. P. S., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. E. (2016). Studi Komparasi Simpangan Bangunan Baja Bertingkat Banyak Yang Menggunakan Bracing-X Dan Bracing-K Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 4(2).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Badan Penelitian dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman. Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*.
- Marliyani, G. I. (2016). *Neotectonics of Java, Indonesia: Crustal deformation in the overriding plate of an orthogonal subduction system* [Doctoral Dissertation]. Arizona State University.
- Ojak, R. (2019). *Analisis Struktur Portal Baja dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) dengan Membandingkan Respon Spektrum Desain 2010 & 2017* [Skripsi]. Universitas Katolik Santo Thomas.
- Pamumpuni, A. (2016). *Neotektonik Papua, Indonesia* [Disertasi Doktor]. Institut Teknologi Bandung.
- Sitompul, M., Pasaribu, H. M., & Oktaviani, T. (2022). Studi Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019 terhadap SNI 1726:2012 di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 30–39.

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

Efek Penggunaan Supplementary Material Pada Beton, Ditinjau Terhadap Susut Dan Induksi Keretakan Akibat Korosi

Gabriel GHEWA

Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017

Indah Sari SIBAGARIANG, Simon Dertha TARIGAN

Studi Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton

Yussy Afrilia ILYAS, Gusneli YANTI, Lusi Dwi PUTRI

Kinerja Angkutan Bus Damri Bandara Pada Rute Plaza Medan Fair - Kualanamu

Wira Indah ZEBUA, Charles SITINDAON

Pengukuran Seismik Dengan Metode HVSAR Untuk Pendugaan Bencana Gempa Bumi

Binsar SILITONGA



Fakultas Teknik
Universitas Katolik Santo Thomas
Jl. Setia Budi No. 479-F Tanjung Sari, Medan

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

Terbit dalam 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan April dan September

Penasihat :

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

Ketua Penyunting (Editor in Chief) :

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Manajer Penyunting (Managing Editor):

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Anggota Penyunting (Editorial Board):

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

Mitra Bestari (Peer Reviewer):

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Keppel Marine and Deepwater Technology, Singapura)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

Ilustrator Sampul:

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Penerbit & Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

Konten

REKAYASA STRUKTUR	hal.
Efek Penggunaan Supplementary Material Pada Beton, Ditinjau Terhadap Susut Dan Induksi Keretakan Akibat Korosi	61-67
<i>Gabriel GHEWA</i>	
Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017	69-81
<i>Indah Sari SIBAGARIANG, Simon Dertha TARIGAN</i>	
Studi Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton	83-92
<i>Yussy Afrilia ILYAS, Gusneli YANTI, Lusi Dwi PUTRI</i>	
REKAYASA TRANSPORTASI	
Kinerja Angkutan Bus Damri Bandara Pada Rute Plaza Medan Fair - Kualanamu	93-101
<i>Wira Indah ZEBUA, Charles SITINDAON</i>	
KEBENCANAAN	
Pengukuran Seismik Dengan Metode HVSR Untuk Pendugaan Bencana Gempa Bumi	103-111
<i>Binsar SILITONGA</i>	

Pengantar Redaksi

Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih karuniaNYA kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 5 Nomor 2 di bulan September tahun 2022 ini. Jurnal ini fokus pada beragam subbidang dalam Teknik Sipil antara lain Rekayasa Struktur, Rekayasa Geoteknik, Rekayasa Transportasi, Teknik Sumber Daya Air, dan Manajemen Konstruksi. Namun, tidak menutup kesempatan bagi subbidang lainnya yang berkaitan dengan keilmuan Teknik Sipil.

Pada edisi ini, kami menerima 5 artikel yang kemudian melewati proses *peer-review* artikel untuk diterbitkan. Kelima artikel tersebut terdiri atas 3 (tiga) artikel dalam topik Rekayasa Struktur, 1 (satu) artikel dalam topik Rekayasa Transportasi, serta 1 (satu) artikel dalam topik Kebencanaan.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang karyanya diterbitkan pada volume ini, atas kerja samanya merespon komentar dan rekomendasi dari tim editorial dan mitra bestari. Kami menyadari bahwa butuh dedikasi dan investasi waktu untuk menghasilkan karya tulis yang baik dan bermanfaat. Terkhusus, kami berterima kasih kepada para mitra bestari yang dalam kesibukannya masih menyambut permintaan kami dengan penuh dedikasi.

Sebagai penutup, harapan kami adalah semoga JRKMS semakin bermanfaat dan informatif bagi rekan-rekan dan praktisi bidang ketekniksipil di Indonesia.

Salam hangat dan Salam sehat.

Medan, September 2022

Tim Editorial

JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL
| Volume 5 | Nomor 2 | September 2022 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas
<https://doi.org/10.54367>



GARUDA
GARBA RUJUKAN DIGITAL



ISJD Neo



neliti



oneSearch
PENCARIAN



BASE