

## PENGARUH PENGGUNAAN BRESING *CROSS* DAN *INVERTED V* TERHADAP PENULANGAN KOLOM BANGUNAN GEDUNG BETON BERTULANG

Oleh :

**Fajar Nugroho**

Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Padang

[fajar\\_nugroho17@yahoo.co.id](mailto:fajar_nugroho17@yahoo.co.id)

### Abstrak

*Penggunaan bresing sebagai pengaku tambahan pada sebuah portal beton bertulang masih jarang diaplikasikan di daerah rawan gempa, karena portal terbuka dianggap sudah cukup memiliki kekakuan dalam menahan gaya lateral yang disebabkan gempa. Pada kenyataannya bresing terbukti meningkatkan kekakuan portal. Dari segi biaya, portal dengan tambahan bresing dinilai akan lebih efisien dibandingkan portal dengan tambahan dinding geser yang merupakan dinding struktural penuh beton bertulang yang akan meningkatkan biaya struktur. Dalam penelitian ini akan dianalisa perbandingan pengaruh penggunaan bresing terhadap penulangan kolom. Lalu akan dibandingkan nilai perpindahan (displacement), dan gaya-gaya dalam dari pemodelan bresing dan dinding geser tersebut. Perbandingan hasil nilai displacement arah x dan y menunjukkan bahwa portal dengan bresing cross dan portal dengan bresing inverted V memiliki nilai perilaku yang baik dalam mengurangi displacement akibat beban yang bekerja. Sesuai dengan fungsi dan keunggulannya bresing cross merupakan jenis konfigurasi bresing yang baik dalam mengurangi displacement, sedangkan bresing inverted V lebih baik dalam menahan tarik dan tekan. Rasio kebutuhan tulangan kolom yang memikul beban aksial terbesar pada lantai 1 pada struktur portal dengan bresing lebih kecil yaitu  $= 0,0211 = 2,11 \%$  dengan penampang yang sama besar portal dengan dinding geser pada kondisi eksisting mempunyai rasio tulangan  $= 0,0273 = 2,73 \%$ . Perubahan luas penampang kolom juga dilakukan untuk melihat efektifitas luas penampang, dengan dimensi kolom yang lebih kecil yaitu  $500 \times 500$  dan jumlah tulangan yang sama dengan penampang  $600 \times 600$  rasio tulangan  $= 0,0304 = 3,04 \%$ .*

*Kata kunci: displacement, bresing, portal beton bertulang*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara anggota G 20 (*General 20*), yaitu 20 negara dengan ekonomi paling berpengaruh di dunia. Hal ini berdampak kepada pembangunan di berbagai wilayah, sehingga perencanaan dan pembangunan konstruksi bangunan beton bertulang terus mengalami peningkatan. Selain itu Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia, seperti beberapa negara berkembang pada umumnya, populasi yang terus meningkat menyebabkan harga lahan dan hunian terus melambung tinggi. Keinginan masyarakat untuk memiliki kehidupan yang layak dengan hunian yang lebih berkelas, membuat pemanfaatan lahan harus seefisien mungkin, sehingga muncul bangunan gedung bertingkat guna memenuhi kebutuhan masyarakat, baik untuk tempat tinggal, fasilitas pendidikan, hotel, apartemen, maupun perkantoran.

Secara umum, sistem struktur dalam suatu konstruksi terdiri dari sistem struktur penahan beban gravitasi dan sistem penahan beban lateral. Sistem struktur penahan beban gravitasi terdiri dari *system moment resisting frame*, *system open frame*, *braced frame* (pengaku diagonal), *shear wall* (dinding geser) dan lain- lain. Sistem *open frame* terdiri dari kolom dan balok yang digabungkan dengan sambungan tahan momen, kekakuan lateral dari portal kaku cenderung tergantung dari kekakuan lentur dari kolom, balok dan sambungannya. Pada dasarnya di Sumatera Barat yang mempunyai kategori gempa kuat tentu membutuhkan struktur gedung yang lebih kaku agar gedung tersebut dapat menahan gaya lateral dari gempa tersebut. Dengan digunakannya bresing maka akan berpengaruh terhadap penulangan kolom pada portal gedung beton bertulang.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan *displacement*, dan gaya dalam struktur antara portal dengan bresing *inverted V*, dan portal dengan bresing *cross* pada bangunan gedung serta untuk mengetahui pengaruh penggunaan bresing *inverted V* dan bresing *cross* terhadap penulangan kolom bangunan gedung beton bertulang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. State Of The Art

Beberapa penelitian tentang bresing pada gedung beton bertulang telah banyak dilakukan. Nugroho (2018) melakukan analisis respon dinamis struktur pada portal terbuka, portal dengan bresing "V" dan portal dengan bresing diagonal. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada bangunan gedung beton bertulang 4 lantai, dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan bresing pada struktur portal dapat mengurangi nilai *displacement*. Simpangan antar lantai yang terjadi masih memenuhi batas yang diisyaratkan. Nilai gaya geser yang terjadi dapat dikurangi dengan menambah bresing pada struktur portal.

Aryandi, dkk (2017) melakukan analisis pengaruh bentuk bracing terhadap kinerja seismik struktur beton bertulang. Hasil penelitian menunjukkan bresing bentuk X memiliki sifat paling kaku untuk arah UX dan UY dengan rasio sebesar 0,34 dan 0,41 dari struktur tipe 1, sedangkan bresing bentuk memiliki sifat paling daktil diantara bentuk bresing lainnya. Kapasitas gaya geser lantai dasar mengalami peningkatan paling besar untuk bresing bentuk X dengan rasio sebesar 1,63 untuk arah UX dan UY. Level kinerja untuk struktur tipe 1 dan 2 adalah *immediate occupancy* berdasarkan metode ATC-40.

Andrini, dkk (2016) melakukan analisis kinerja struktur beton bertulang dengan variasi penempatan bracing *inverted V*. Dari hasil analisis diambil kesimpulan bahwa perkuatan dengan bracing mampu mengurangi nilai *displacement* dan daktilitas struktur beton bertulang. Penggunaan bracing mengurangi periode struktur bangunan, pengurangan nilai *displacement* pada arah X sebesar 1,328%-42,013%, arah Y sebesar

10,00%-39,394%. Nilai daktilitas struktur mengalami peningkatan dibandingkan dengan gedung tanpa perkuatan bracing. Taraf kinerja struktur bangunan aman. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bracing dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan dan stabilitas struktur.

## 2.2. Studi Pendahuluan

### 2.2.1. Sifat dan Sistem Struktur

Sifat khusus dari struktur yang berhubungan dengan tingkat layanan bangunan akibat gempa adalah :

#### 1. Kekakuan (*Stiffness*)

Jika deformasi akibat gaya lateral, dihitung dan dikontrol maka harus dibuat perhitungan yang nyata dari hubungan sifat kekakuan. Deformasi pada struktur dipengaruhi oleh besar beban yang bekerja. Hubungan ini dibentuk dari prinsip dasar dari mekanika struktur, yaitu menggunakan sifat geometri dan modulus elastisitas beban.

#### 2. Kekuatan (*Strength*)

Istilah kekuatan secara umum digunakan untuk menjelaskan ketahanan dari struktur atau komponen struktur atau bahan yang digunakan, terhadap beban yang membebaninya. Penentuan sifat kekuatan yang akan dibuat tergantung daripada maksud dan kegunaan struktur tersebut.

Sistem struktur dasar penahan beban lateral secara umum dapat dibedakan atas Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Dinding Struktural (SDS) dan Sistem Ganda (gabungan SRPM dan SDS).

#### 1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah.

b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan *detailing* yang ketat sesuai SNI 1726-2012. Sistem ini memiliki daktilitas sedang dan cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa sedang.

- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing yang ketat sesuai SNI -1726-2012. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa kuat.
2. Sistem Dinding Struktural (SDS)
- a. Sistem Dinding Struktural Biasa (SDSB), suatu dinding struktural yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI -1726-2012. Dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah sampai sedang.
- b. Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK), suatu dinding struktural yang selain memenuhi ketentuan untuk dinding struktural biasa juga memenuhi ketentuan SNI-1726-2012. Sistem ini pada prinsipnya memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan di daerah dengan resiko gempa yang kuat.
3. Sistem Ganda  
Sistem ini terdiri dari sistem rangka yang digabung dengan sistem dinding struktural. Rangka ruang lengkap berupa Sistem Rangka Pemikul Momen berfungsi memikul beban gravitasi. Sistem rangka pemikul momen pada sistem ganda ini harus mampu menahan minimum 25% baban lateral total yang bekerja pada struktur bangunan. Sedangkan sistem dinding struktural menahan 75% gaya lateral tersebut.

### 2.2.2. Struktur Portal Terbuka (*Open Frame*)

Bangunan harus didesain supaya mampu menahan beban gempa yang kira-kira akan terjadi di daerahnya. Dalam memilih jenis struktur yang tepat, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan misalnya tinggi bangunan, arsitektural, dan fungsi bangunan.

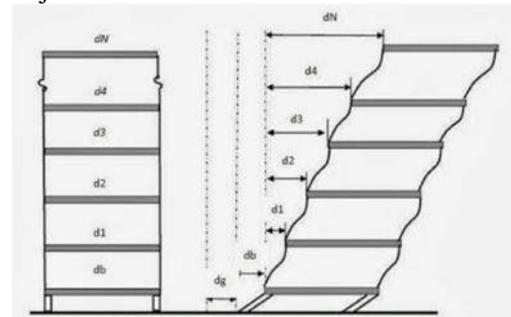
Dengan mendesain bangunan sesuai dengan berbagai ketentuan yang ada di SNI diharapkan struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa. Struktur portal *open frame* terdiri dari kolom dan balok yang digabungkan dengan sambungan tahan momen. Kekakuan

lateral dari portal kaku cenderung tergantung dari kekakuan lentur dari kolom, balok dan sambungannya.

Keunggulan dari struktur *open frame* :

1. Adanya bukaan penuh atau segiempat pada susunan struktur, yang mana memberikan keleluasaan dan kemudahan dalam perencanaan arsitektural.
2. Sistem disipasi energi yang baik

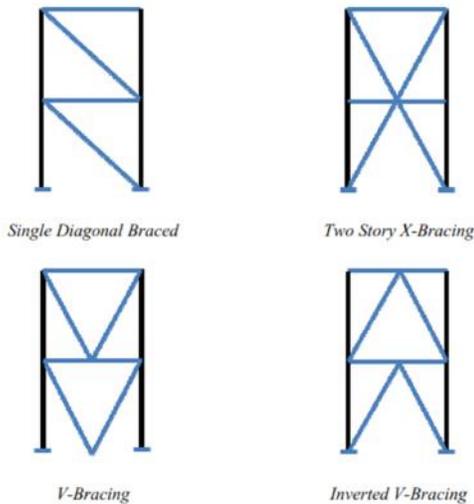
Kekurangan dari struktur *open frame* adalah ukuran balok dan kolom serta harga material menjadi sangat mahal pada bangunan dengan ketinggian lebih dari 30 tingkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi bangunan maka aspek kekakuan menjadi lebih dominan daripada kekuatan untuk menjaga simpangan dalam nilai yang diijinkan.



Gambar 2.1. Deformasi Geser Terhadap Lentur Pada Portal

### 2.2.3. Bresing (*Bracing*)

Bresing adalah elemen struktur tambahan yang dipergunakan apabila hendak menjadikan struktur portal lebih kaku (tidak bergoyang). Bresing direncanakan memikul beban aksial yang dapat menyebabkan tarik dan tekan. Pada saat terjadi gempa, bresing memiliki dua kemungkinan perilaku yakni perilaku tekuk akibat tekan dan leleh atau fraktur akibat tarik. Ada berbagai macam pemasangan bresing diantaranya adalah *Single Diagonal Braced*, *Two Story X-Bracing*, *V-Bracing* dan *Inverted V-Bracing*.



Gambar 2.2. Konfigurasi Bresing

**2.2.4. Column (Kolom)**

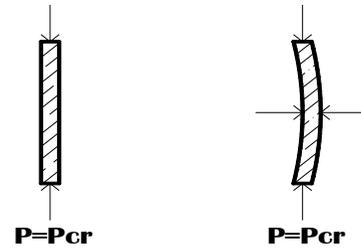
Kolom adalah elemen vertikal (tidak selalu vertikal) yang paling banyak digunakan pada suatu struktur untuk menahan gaya aksial tekan. Kolom tidak mengalami lentur secara langsung karena tidak ada beban langsung yang tegak lurus terhadap sumbunya. Kolom dapat dikategorikan dalam dua jenis yaitu kolom pendek dan kolom panjang (Schodek, 1999).



Gambar 2.3. Kolom Pendek dengan Keruntuhan Berdasarkan Jenis dan Kekuatan Materialnya

Ciri-ciri kolom pendek antara lain :

1. Jenis kegagalannya berupa kegagalan material (tergantung jenis material dan kekuatan material).
2. Panjang relatif lebih kecil dibandingkan dengan penampang melintang.
3. Kapasitas memikul beban tidak tergantung dari panjang kolom tetapi tergantung dari jenis material dan kekuatan material yang digunakan.



Gambar 2.3. Kolom panjang beban sama dengan beban tekuk

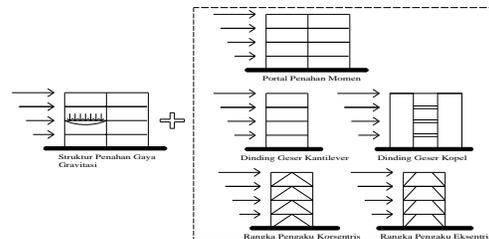
Ciri-ciri kolom panjang antara lain :

1. Jenis kegagalannya berupa ketidakstabilan yang ditentukan oleh *buckling* (tekuk).
2. Dimensi arah memanjang jauh lebih besar dibandingkan dimensi pada arah lateral.
3. Kapasitas memikul beban lebih kecil, karena adanya potensi menekuk.
4. Beban tekuk adalah beban maksimal yang dapat dipikul oleh kolom.

**2.2.5. Sistem Penahan Gaya Lateral**

Hal yang penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin atau gempa bumi. Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada masa bangunan (Juwana, 2005).

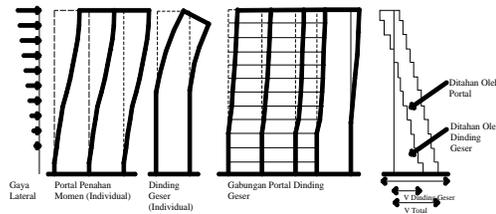
Kolom pada bangunan tinggi perlu diperkokoh dengan sistem pengaku untuk dapat menahan gaya lateral, agar deformasi yang terjadi akibat gaya horizontal tidak melampaui ketentuan yang di syaratkan. Pengaku gaya lateral yang lazim digunakan adalah portal penahan momen, dinding geser atau rangka pengaku.



Gambar 2.4. Sistem Struktur Bangunan Tinggi

Portal penahan momen terdiri dari komponen subsistem horizontal berupa balok dan vertikal berupa kolom yang dihubungkan secara kaku. Kekakuan portal tergantung pada dimensi kolom dan balok, serta

proporsional terhadap jarak lantai ke lantai dan kolom ke kolom. Dinding geser didefinisikan sebagai komponen sebagai komponen struktur vertikal yang relatif sangat kaku. Dinding geser pada umumnya boleh mempunyai bukaan sedikit sekitar 5% agar tidak mengurangi kekakuannya. Fungsi dinding geser berubah menjadi dinding penahan beban, jika dinding geser menerima beban tegak lurus. Rangka pengaku terdiri kolom dan balok yang ditambahkan pengaku diagonal. Adanya pengaku diagonal ini akan berpengaruh pada fleksibilitas perpanjangan / perpendekan lantai di mana pengaku tersebut ditempatkan. Rangka pengaku banyak digunakan pada bangunan tinggi yang menggunakan struktur baja. Jenis rangka pengaku yang sering digunakan, di antaranya adalah pengaku diagonal tunggal/ganda penagaku “K” horizontal vertikal atau pengaku eksentris.



Gambar 2.5. Perilaku Sistem Gabungan Penahan Gaya Lateral

2.2.6. Respon Dinamis Struktur

Ketentuan terhadap kekakuan lateral yang memadai merupakan pertimbangan utama dalam disain bangunan tinggi. Pada kondisi batas ultimit, deformasi lateral harus dibatasi untuk mencegah efek P-delta akibat beban gravitasi menjadi sangat besar dan menyebabkan keruntuhan serta mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah. Sedangkan pada kondisi batas layan, defleksi harus dibatasi, pertama agar komponen komponen non struktural seperti elevator dan pintu dapat berfungsi dengan sempurna, kedua adalah untuk menghindari adanya retak yang berlebihan dan konsekuensi kehilangan kekakuan, ketiga struktur harus cukup kaku untuk mencegah getaran dinamik menjadi cukup besar yang dapat mengakibatkan ketidaknyamanan pada penghuni.

Di Indonesia, ketentuan yang mengatur tentang kekakuan dan pembatasan drift termuat di SNI-1726-2012. Penentuan

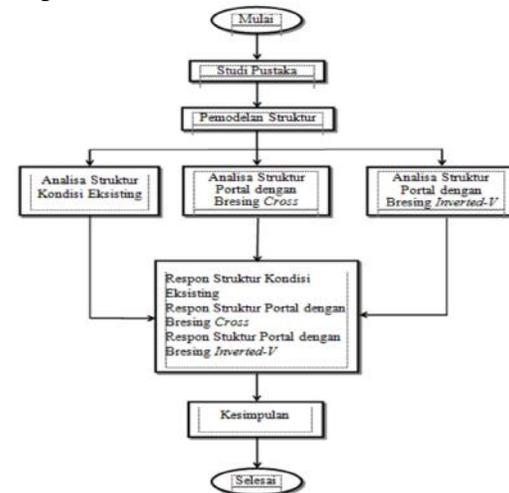
simpangan antar lantai tingkat desain ( ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Simpangan antar lantai tingkat desain ( ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( a) untuk semua tingkat.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

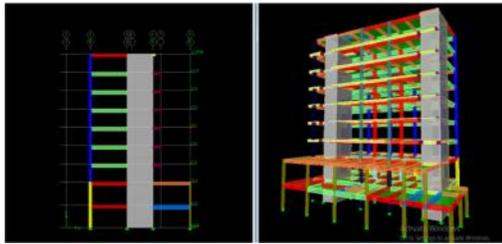
Penelitian dilakukan pada bangunan gedung hotel 9 lantai yang terletak di koordinat lintang -0,9435048 dan bujur 100,3618666 di Kota Padang Sumatera Barat. Gedung ini menggunakan struktur utama (kolom, balok, pelat dan dinding geser) berjenis struktur beton bertulang (*reinforced concrete structure*) berdasarkan SNI 2847:2013, dengan mutu beton K-300 (setara  $f'_c = 25$  MPa) dan mutu tulangan baja  $F_y = 400$  MPa.

Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak komputer (*software*). Analisis dilakukan pada struktur atas bangunan. Pada langkah awal penelitian ini dilakukan analisis ulang terhadap struktur tersebut berdasarkan gambar dan spesifikasi. Kemudian dilanjutkan analisis struktur dengan menghilangkan dinding geser yang diganti dengan bresing *cross* serta *inverted V*. Analisis yang dilakukan adalah analisis dinamik 3 dimensi serta pembebanan meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa dinamik respon spektrum. Prosedur penelitian secara singkat dapat dilihat pada bagan alir berikut :

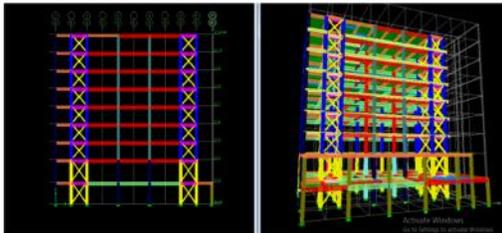


Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

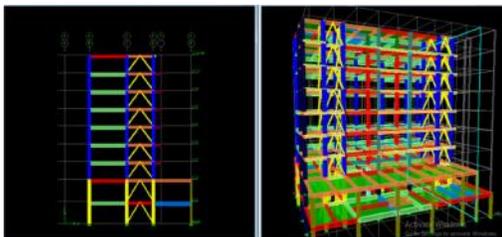
**3.2. Pemodelan Struktur Gedung**



Gambar 3.2. Pemodelan Struktur Portal Terbuka (Kondisi Eksisting)



Gambar 3.3. Pemodelan Struktur Portal Dengan Bresing Cross



Gambar 3.4. Pemodelan Struktur Portal Dengan Bresing Inverted V

**3.3. Pembebanan Pada Model Struktur Gedung**

1. Pembebanan Gravitasi  
Pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 yang meliputi :
  - a. Beban mati / *Dead Load* (DL)
  - b. Beban mati tambahan / *Super Impose Dead Load* (SIDL)
  - c. Beban hidup / *Live Load* (LL)
2. Pembebanan Gempa  
Pembebanan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012 dan sesuai Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, penentuan wilayah gempa diambil pada level periode ulang gempa 2% dalam 50 tahun (periode ulang 2500 tahun).

**3.4. Kombinasi Pembebanan**

1. Ketahanan struktur terhadap pembebanan vertikal :

- a.  $U = 1,4 D$
- b.  $U = 1,2 D + 1,6 L$

2. Ketahanan struktur terhadap pembebanan gempa :

- a.  $U = 1,2 D + 0,5 L \pm E$
- b.  $U = 0,9 D + 0,5 L \pm E$

**4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Perpindahan (*Displacement*)**

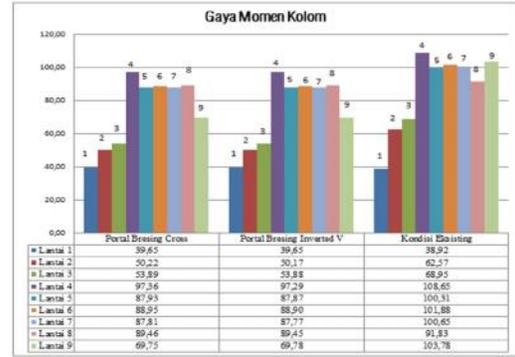
Tabel 4.1. *Displacement* Arah X dan Arah Y

LANTAI	DISPLACEMENT X (MM)		
	PORTAL BRESING CROSS	PORTAL BRESING INVERTED V	PORTAL DINDING GESER
LANTAI ATAP	1,892	0,933	0,253
LANTAI 10	1,703	0,835	0,232
LANTAI 9	1,490	0,718	0,195
LANTAI 8	1,312	0,625	0,154
LANTAI 7	1,154	0,542	0,112
LANTAI 6	1,005	0,466	0,073
LANTAI 5	0,795	0,357	0,042
LANTAI 3	0,416	0,161	0,026
LANTAI 2	0,116	0,038	0,009
BASE	0,000	0,000	0,000

LANTAI	DISPLACEMENT Y (MM)		
	PORTAL BRESING CROSS	PORTAL BRESING INVERTED V	PORTAL DINDING GESER
LANTAI ATAP	0,194	0,366	0,057
LANTAI 10	0,189	0,255	0,041
LANTAI 9	0,176	0,199	0,031
LANTAI 8	0,160	0,139	0,022
LANTAI 7	0,157	0,125	0,014
LANTAI 6	0,151	0,117	0,008
LANTAI 5	0,127	0,095	0,003
LANTAI 3	0,104	0,074	0,002
LANTAI 2	0,056	0,037	0,001
BASE	0,000	0,000	0,000

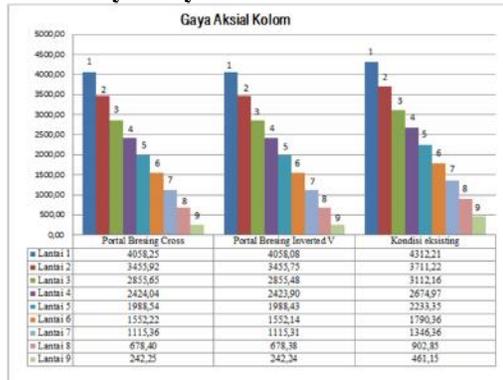
Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa perbandingan hasil nilai *displacement* arah x dan y menunjukkan portal dengan dinding geser memiliki nilai perilaku yang lebih baik dari pada portal dengan bresing cross dan

bresing *inverted V*. Nilai perpindahan portal dengan dinding geser lebih kecil dari pada portal dengan bresing. Dari hasil perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan dinding geser dapat mengurangi *displacement* yang terjadi karena dinding geser merupakan dinding struktural beton bertulang yang dipasang penuh diantara kolom satu dan yang lainnya, sehingga memiliki kekakuan yang lebih baik dari pada portal dengan bresing *cross* dan *inverted V* yang merupakan pengaku dengan masih adanya bukaan diantara celah-celah pemasangan bresing.

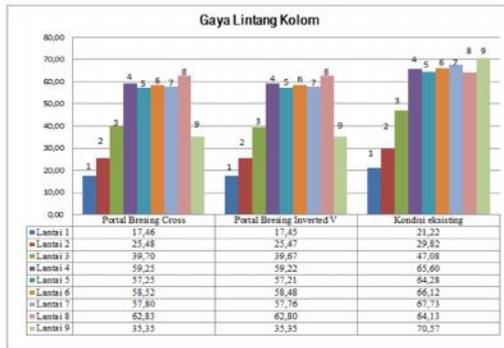


Gambar 4.3. Perbandingan Gaya Momen Pada Kolom Tepi

4.2. Gaya-Gaya Dalam



Gambar 4.1. Perbandingan Gaya Aksial Pada Kolom Tepi



Gambar 4.2. Perbandingan Gaya Lintang Pada Kolom Tepi

4.3. Perbandingan Kebutuhan Tulangan

Tabel 4.2. Kebutuhan Tulangan Kolom 60/60 Pada Portal dengan Bresing *Cross* dan *Inverted V*

Lantai	Dimensi			Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal		
	b	x	h	n	D	mm	D	mm
1	600	x	600	20	D	22	D	10
2	600	x	600	20	D	22	D	10
3	600	x	600	20	D	22	D	10
4	600	x	600	20	D	22	D	10
5	600	x	600	20	D	22	D	10
6	600	x	600	16	D	22	D	10
7	600	x	600	16	D	22	D	10
8	600	x	600	16	D	22	D	10
9	600	x	600	16	D	22	D	10

Tabel 4.3. Kebutuhan Tulangan Kolom 60/60 Pada Portal dengan Dinding Geser (Eksisting)

Lantai	Dimensi			Tulangan Longitudinal		Tulangan Transversal		
	b	x	h	n	D	mm	D	mm
1	600	x	600	20	D	22	D	10
2	600	x	600	20	D	22	D	10
3	600	x	600	20	D	22	D	10
4	600	x	600	20	D	22	D	10
5	600	x	600	20	D	22	D	10
6	600	x	600	20	D	22	D	10
7	600	x	600	20	D	22	D	10
8	600	x	600	20	D	22	D	10
9	600	x	600	20	D	22	D	10

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Perbandingan *displacement* antara portal dengan bresing *cross* dan bresing *inverted V* tidak terlalu jauh berbeda, masing-masing jenis bresing memiliki kelebihan dan kekurangan. Bresing *cross* lebih baik menahan perpindahan arah x, sedangkan bresing *inverted V* lebih baik menahan perpindahan arah y.
2. Portal dengan dinding geser memiliki kekakuan yang lebih baik daripada

portal dengan bresing. Hal ini karena dinding geser adalah dinding struktural yang dibuat kaku mengisi penuh sisi antara pertemuan kolom.

## 5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, untuk mengetahui perbandingan antara struktur portal dengan tambahan jenis dan material bresing yang berbeda, serta letak pemasangan bresing yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrini, J.R., Sunaryati, J., Thamrin, R. 2016. Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Variasi Penempatan *Bracing Inverted V*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12 (2): 32-39.
- Aryandi, D., Herbudiman, B. 2017. Pengaruh Bentuk Bracing terhadap Kinerja Seismik Struktur Beton Bertulang. *Reka Racana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3 (1): 1-11.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Jimmy S, Juwana. (2005). *Panduan Sistim Bangunan Tinggi Untuk Arsitek dan Pratisi Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Nugroho, F. 2018. Respon Dinamis Struktur Pada Portal Terbuka, Portal dengan Bresing “V” dan Portal dengan Bresing Diagonal. *Jurnal Momentum*, 20 (1): 9-16.
- Schodek, Daniel L. (1999). *Struktur Edisi 2*. Jakarta: Erlangga.
- Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.