

ANALISIS STRUKTUR BAJA BANGUNAN INDUSTRI AKIBAT GAYA GEMPA MENGUNAKAN SISTEM *CONCENTRICALLY BRACED FRAME (CBF)* – STUDI KASUS: BANGUNAN PABRIK PUPUK CARGILL, PANDAAN, JAWA TIMUR

Didi Supandi^[1].

^[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tanri Abeng
Jl. Swadarma Raya No.58, Ulujami, Kec. Pesanggrahan, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12250
Email: didi.supandi@student.tau.ac.id

ABSTRAK

Intensitas gempa yang tinggi di Indonesia menjadi penyebab diperlukannya sistem pengaku tambahan untuk bangunan agar dapat menahan gaya lateral. Sistem Bresing Konsentrik (CBF) merupakan salah satu sistem berpengaku yang diterapkan pada bangunan baja untuk menahan gaya gempa. Sistem penahan gaya lateral konvensional Sistem Bresing Konsentrik (CBF) adalah skema struktur yang telah di terapkan selama bertahun-tahun. Pada analisa gempa di bangunan pabrik pupuk ini dengan struktur baja yang menggunakan sistem Bresing Konsentrik (CBF) dengan model cross-X. Objek analisa ini adalah bangunan pabrik pupuk yang terletak di daerah Pandaan, Jawa Timur dan memiliki sistem struktur rangka baja 6 lantai dengan tinggi bangunan 29.5m menggunakan pengaku Sistem Bresing Konsentrik (CBF) dengan link sepanjang 0,5m. tujuan dari Analisa ini untuk mendapatkan periode smpanan getar alami bangunan, gaya lateral, simpangan antar lantai serta tingkat tegangan dan regarngan yang terjadi pada bangunan. Bangunan yang dianalisis adalah pabrik pupuk, rangka baja. System bresing konsentrik yang digunakan adalah model cross-X. Analisis dilakukan secara linear dengan bantuan *software* SAP2000. Hasil modelisasi bangunan yang dianalisa diantaranya adalah periode bangunan, simpangan antar lantai, dan gaya geser lantai. Dari hasil pemodelan yang dilakukan menggunakan *software* SAP2000 didapat hasil periode simpang antar lantai dan gaya lateral bresing tipe tersebut dapat menahan bangunan dari gaya gempa pada bangunan tersebut. Sehingga, dapat dikatakan bresing dengan tipe-X aman untuk digunakan pada struktur bangunan tersebut.

Kata Kunci: *Struktur Baja, Bangunan Industri, Bresing Konsentrik, Deformasi Bresing Cross-X.*

ABSTRACT

The high intensity of earthquakes in Indonesia is the reason for the need for additional stiffener systems for buildings to withstand lateral forces. Concentric Bracing System (CBF) is one of the rigid systems applied to steel buildings to withstand earthquake forces. The conventional lateral force resisting system Concentric Bracing System (CBF) is a structural scheme that has been in use for many years. In the earthquake analysis in this fertilizer factory building with a steel structure that uses the Concentric Bracing System (CBF) system with a cross-X model. The object of this analysis is a fertilizer factory building located in the Pandaan area, East Java and has a 6-story steel frame structure system with a building height of 29.5m using a Concentric Bracing System (CBF) stiffener with a link length of 0.5m. The purpose of this analysis is to obtain the period of the natural vibration of the building, the lateral forces, the drift between floors and the stress and strain levels that occur in the building. The buildings analyzed are fertilizer factories, steel frames. The concentric brace system used is a cross-X model. The analysis was carried out linearly with the help of SAP2000 software. The results of the building modeling analyzed include the period of the building, the deviation between floors, and the shear force of the floor. From the results of modeling carried out using the SAP2000 software, the results of the period of intersection between floors and the lateral force of this type of braces can withstand the building from the earthquake force on the building. So, it can be said that X-type braces are safe to use on the building structure.

Key words: *Steel Structure, Industrial Building, Concentric Braced Frame, Brace Deformation Cross-X*

1. PENDAHULUAN

Indonesia berada pada wilayah dengan aktifitas gempa yang tinggi sehingga faktor gempa menjadi faktor yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur. Struktur harus didesain untuk menahan gaya lateral yang ditimbulkan akibat gempa. Salah satu solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan dalam menahan gaya lateral tersebut yaitu dengan penambahan pengaku (bracing) pada elemen struktur portal.

Berdasarkan data kegempaan merusak, Pulau Jawa telah mengalami 48 gempa besar dari tahun 1612 hingga 2014 (Supartoyo dr, 2014). Beberapa gempa dengan magnitudo lebih dari 7 berhubungan dengan zona subduksi yang terletak di bagian selatan Jawa (Newcomb dan McCann, 1987). Zona tersebut merupakan batas lempeng aktif yang mengakomodasi tumbukan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia dengan laju konvergensi normal 58.3 ± 0.5 sampai 61.8 ± 0.4 mm/tahun di selatan Jawa Barat (Koulali dr, 2016). Pulau Jawa memiliki risiko bahaya seismik yang tinggi karena berada pada zona subduksi dan berpenduduk padat. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik mengenai potensi dan tingkat coupling pada bidang antarlempeng di zona subduksi Jawa menjadi sangat penting. Risiko bencana lainnya di Pulau Jawa berasal dari sesar aktif di daratan seperti salah satunya adalah Sesar Lembang (Meilano dr, 2012 dan Meilano dr, 2020).

Untuk sesar aktif di Jawa Timur, terpantau melewati Banyuwangi, Probolinggo, Pasuruan, Surabaya, dan Waru, Caruban, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, dan Nganjuk. "Sesar aktif di daratan umumnya sangat merusak, hal ini disebabkan besarnya guncangan yang merupakan fungsi kekuatan sumber gempa dan jarak sumber gempa," kata dia. "Walau kekuatan sumber gempanya kecil, kalau letaknya yang dekat di bawah kita, maka guncangannya akan berdampak besar," kata Amien, ahli geologi dari Pusat Studi Kebumihan, Bencana, dan Perubahan Iklim (PSKBPI) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya,.

Berdasarkan Uniform Building Code (UBC) 1997, tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa. Sehingga dalam merancang suatu bangunan tahan gempa

harus mengutamakan keselamatan dan kenyamanan, dimana bahan dan sistem struktur merupakan suatu hal yang terpenting dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa.

Ada berbagai macam sistem yang dapat digunakan dalam menganalisa struktur gedung baja, salah satunya adalah Concentrically Braced Frame (CBF). Concentrically Braced Frame (CBF) memiliki tingkat kekakuan yang cukup tinggi karena adanya elemen pengaku (bracing) sebagai penahan gaya lateral namun sistem ini memiliki kapasitas daktilitas terbatas (Fahnestock dkk, 2003). Hal tersebut dikarenakan hasil dari perilaku pengaku yang menghasilkan leleh saat tarik dan tekuk saat tekan (Butterworth, 2000).

Beberapa penelitian telah dilakukan pada sistem CBF ini, antara lain oleh Mahmoudi dan Zaree (2011) tentang evaluasi kekuatan pengaku rangka baja konsentris terhadap kekuatan setelah terjadi tekuk. Mereka mengevaluasi konfigurasi dari tiap macam pengaku rangka (chevron V, inverted V, dan cross X). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengaku rangka tipe cross memiliki kekuatan tekuk yang lebih baik dari chevron. Serta oleh Peyman dkk. (2011) tentang penelitian oleh pengaruh perbedaan konfigurasi pengaku konsentris pada perilaku inelastis rangka baja. Mereka mencoba membuat tiga pola konfigurasi pengaku bentuk diagonal. Penelitiannya menghasilkan bahwa pola dengan pengaku berdampingan memberikan perilaku struktur yang paling baik

1.2 Rumusan Masalah

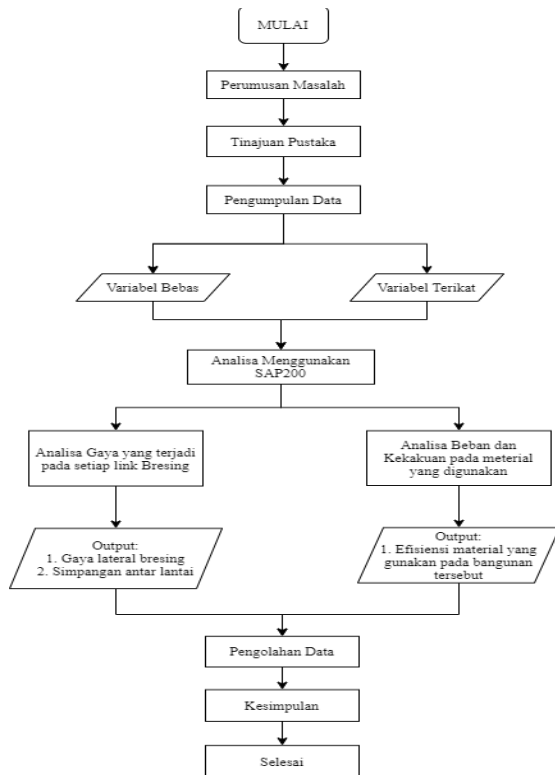
1. Bagaimana Merencanakan Struktur Sekunder yang meliputi struktur pelat lantai,
2. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi kolom baja dan balok
3. Bagaimana respon spektrum yang terjadi pada bresing

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merencanakan Struktur Sekunder yang meliputi struktur pelat lantai, balok anak.
2. Merencanakan struktur utama yang meliputi kolom baja dan balok
3. Menganalisa respon spektrum yang terjadi pada bresing

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alur



Gambar 1: Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gaya lateral gempa yang terjadi pada link bresing konsentrik tipe X dengan meninjau beban-beban lateral seperti angin dan gempa yang terjadi pada material baja Cut-T dengan menggunakan bantuan software SAP2000.

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi: spesifikasi material baja yang digunakan serta panjang link pada bangunan yang akan di analisa.

2.2 Studi Kasus

Struktur yang akan dianalisa adalah bangunan baja dengan sistem *Centrically Braced Frame (CBF)* tipe X-Braces. Berikut data spesifikasi struktur yang akan di analisa

- Nama Gedung : PT. Cargill (*Lotus Cargill*)
– *Steep Tank Farm*
- Lokasi : Pandaan, Jawa Timur
- Struktur Utama : Baja
- Sistem Struktur : *Centrically Braced Frame* tipe X-Braced
- Jumlah lantai : 6 Lantai

- Pondasi : Tiang Pancang

Data Material yang digunakan

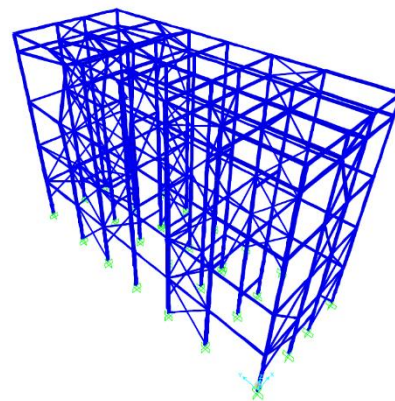
- Profil Kolom : Profil WF-350x175x7x11 (BJ 41)
: $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$
- Profil Balok : Profil WF-300x150x6.5x9 (BJ 41)
: $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$
- Profil Bracing : Profil *Cutt-T* CT-150x150x6.5x9
: $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$

Beberapa material baja yang akan dianalisa sebagai berikut :

1. Profil Baja Kolom dan Beam

Pada analisa ini digunakan profil WF-350x175x7x11 mm untuk kolom dan balok dan profil CT-150x150x6.5x9 mm untuk bracing dengan mutu baja BJ 41 dan dianalisa pada bagian sambungn system pengaku (*brace system*) dengan *Centrically Braced Frame*

Peraturan yang digunakan pada analisa gedung ini yaitu Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung (SNI 03-1726-2012), Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013), dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) Dengan demikian tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merencanakan struktur bangunan baja dengan sistem CBF.



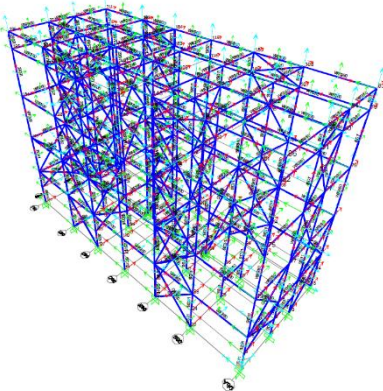
Gambar 2. Desain Visual 3D dari pemodelan SAP2000

2. Pelat Baja Sebagai Joint

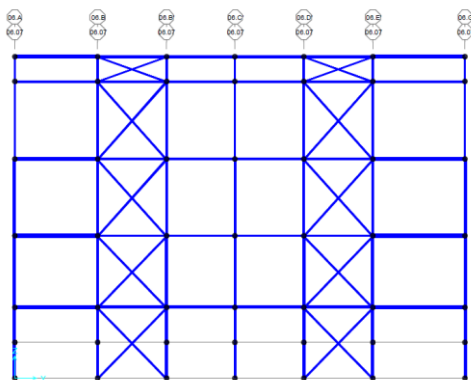
Analisa ini menggunakan pelat baja yang digunakan untuk sambungan pelat buhul dengan ketebalan pelat yaitu 12mm.

3. Baut Sebagai Pengaku Joint

Baut yang digunakan pada penelitian ini ialah baut dengan mutu dengan tipe S10T (High Tension Bolt) dengan ukuran M16 dan M20



Gambar 3: Desain Visual 3D dengan arah pembebanan dari pemodelan SAP2000



Gambar 4: Desain Visual 2D Pandangan X-Y, X=0 dari pemodelan SAP2000

2.3 Rigid Zone

Rigid zone factor ini merepresentasikan bahwa pada joint antara kolom balok akan terjadi retak yang bernilai. Pada pemodelan nilai rigid zone factor diberikan sebesar 1 untuk elemen kolom dan 0 untuk elemen balok untuk memastikan bahwa sendi plastis terjadi pada balok nantinya. Sehingga merepresentasikan kriteria perancangan bangunan tinggi dengan metode strong column weak beam.

2.5 Mass Source

Berdasarkan peraturan SNI 1726-2012, massa bangunan yang berkontribusi dalam analisa beban ialah beban sendiri.

2.6 Concentrically Braced Frame (CBF)

Concentrically Braced Frames (CBF) adalah sistem penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari diagonal brace yang menahan gaya lateral pada struktur frame yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksi lentur yang kecil. Perilaku tipikal dari bracing terhadap beban bolak-balik (cyclic) saat pertama kali dibebani dengan tarik dan tekan, masing-masing kapasitas tekuk pertama kali dan kapasitas tekuk setelah tekuk yang pertama kali.

Concentrically Braced Frame adalah pengembangan dari *MRF*, dimana aksi lendutan *CBF* dibatasi karena adanya pengaku dan *CBF* memiliki kemampuan daktilitas dan penyerapan energi dissipasi yang kecil. Dalam hal ini juga balok, kolom, dan pengaku diatur untuk membentuk suatu rangka batang yang vertikal. Pengembangan daktilitas melalui aksi inelastis di pengaku ada dua yaitu pengaku akan leleh akibat gaya tarik dan pengaku akan mengalami tekuk akibat gaya tekan.

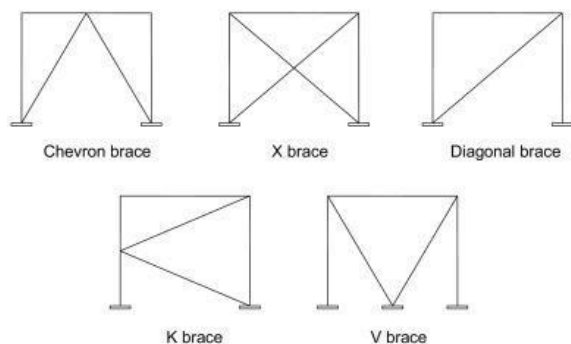
CBF mempunyai sifat kuat, kaku, dan elastis, dimana sangat ideal untuk sistem rangka. Sistem rangka baja sering digunakan pada daerah rawan gempa karena rangka baja mempunyai daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Kualitas dari respon seismik dari *CBF* ditentukan dari kinerja pengakunya. Dalam rangka untuk mencapai kinerja terbaik dari *CBF*, pengaku harus gagal dahulu sebelum komponen-komponen dari sistem rangka itu sendiri. Sistem ini telah digunakan bertahun-tahun di dunia konstruksi baja dan oleh karena itu telah dipelajari secara ekstensif untuk perilaku gempa.

CBF dapat dilihat sebagai rangka batang vertikal. Dalam rentang perilaku elastis, *CBF* menolak gaya gempa lateral dari kekuatan truss. Artinya, dalam rentang elastis, gaya aksial adalah tipe gaya yang dominan pada member yang lain seperti balok, kolom, dan sambungan. *CBF* mengembangkan daktilitas melalui aksi inelastis di pengaku: leleh akibat gaya tarik dan tekuk akibat gaya tekan. Dengan

demikian pengaku sebagai "fuse" dan balok dan kolom diharapkan untuk tetap elastis.

Tujuan dari penggunaan rangka pengaku adalah kemampuan struktur untuk mempertahankan stabilitas akibat beban lateral dan stabilitas struktur secara keseluruhan. Rangka pengaku biasanya dianalisa dan didisain dengan mengabaikan momen pada sistem tersebut.

Pada CBF, elemen pengaku merupakan elemen struktur yang terlemah dibandingkan dengan elemen-elemen struktur yang lain seperti kolom, balok, dan sambungan. Sehingga pada saat mendesain CBF diusahakan agar tidak terjadi perilaku inelastik pada pengaku. Untuk kegagalan struktur yang terjadi, yang diharapkan adalah leleh pada pengaku terlebih dahulu daripada pada sambungan. Disini CBF akan digunakan dua tipe CBF yaitu SCBF (Special Concentrically Brace Frame) dan OCBF (Ordinary Concentrically Braced Frame)



Gambar 1. Jenis-jenis Concentrically Braced Frame (CBF) Sumber: M. Suneel Kumar (2019)

Rasio pada kondisi berimbang tercapai ketika ada bentang tersebut terjadi secara terus-menerus leleh geser dan lentur, sesuai dengan persamaan:

$$d_{vb} = \frac{M_p}{V_p} \quad \dots (1)$$

Dimana:

d_{vb} = panjang bentang ketika gaya geser dan momen berimbang (mm)

M_p = momen plastis penampang (Nmm) V_p = gaya geser plastis penampang (N)

Kekuatan atau kondisi batas link geser dan lentur didefinisikan sebagai berikut:

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad \dots (2)$$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y (h - 2t_f) t_w \quad \dots (3)$$

Dimana :

M_p = momen plastis penampang (Nmm)

Z_x = modulus elastisitas penampang (mm³)

f_y = tegangan leleh baja (MPa)

V_p = gaya geser plastis penampang (N)

h = tinggi penampang (mm)

t_f = tebal pelat sayap (mm)

t_w = tebal pelat badan (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis beban gempa dilakukan dengan menggunakan analisis gempa statis atau lebih dikenal dengan Equivalent Lateral Force Analysis (ELF). Hal ini mengacu pada SNI 03-1726-2012 tentang Tata cara perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dimana respon dinamik struktur didapatkan dari superposisi respon dinamik pada tiap ragam getar yang didapatkan melalui spektrum respon gempa rencana.

Periode getar struktur (fundamental period), biasanya disimbolkan T atau T_a merupakan kelengkapan yang penting untuk diketahui dalam proses perancangan struktur tahan gempa. Periode struktur yang akan menentukan besarnya beban gempa yang akan dimasukkan dalam perhitungan struktur. Sesuai dengan SNI 1726-2012 periode pendekatan fundamental dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T_a = C_t h_n \quad \dots (4)$$

$$T = C_u T_a \quad \dots (5)$$

Nilai C_u , x , dan C_t merupakan nilai koefisien periode fundamental yang diperoleh dari tabel 6 dan tabel 7 SNI Gempa 1726:2012, sedangkan h_n adalah tinggi total gedung yang ditinjau.

Tabel 3.1. Partisipasi Rasio

Tipe	Item	Statis	Dinamis
Akselerasi 1	UX	111.4032	11.2188
Akselerasi 2	UY	99.3822	2.7675
Akselerasi 3	UZ	0.5025	1.68E-10

Sumber: Output SAP2000

Dari hasil Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa untuk analisis statik partisipasi massa mencapai 111,403 untuk arah X, 99,3822 untuk arah Y dan 0,5025 untuk arah Z. Dari tabel itu pula dapat dilihat analisis dinamik partisipasi massa sebesar 11,2188 untuk arah X, 2,7675 untuk arah Y dan 1,68e⁻¹⁰ untuk arah Z.

3.2 Partisipasi Massa

Partisipasi massa adalah jumlah massa bangunan yang dibawa oleh tiap pola ragam getar (mode).

Tabel 3.2. Partisipasi Massa setiap Mode (KN/m)

Mode	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRX
1	1.124E-17	6.351	1.124E-17	6.351	0.1206	0.4401
2	1.434E-17	4.497	2.558E-17	10.85	0.103	0.7518
3	6.771	4.241E-14	6.771	10.85	4.724	0.7518
4	23.7	2.038E-11	30.47	10.85	0.7424	0.7518
5	26.66	3.749E-13	57.13	10.85	21.1	0.7518
6	11.48	2.814E-15	68.61	10.85	7.235	0.7518
7	10.63	1.208E-13	79.25	10.85	0.02444	0.7518
8	9.344	7.159E-12	88.59	10.85	7.394	0.7518
9	8.962	5.152E-12	97.55	10.85	0.0206	0.7518
10	4.703E-16	8.45	97.55	19.3	0.1617	1.337
11	1.651E-14	8.377	97.55	27.68	0.1933	1.918
12	14.63	1.13E-11	110	27.68	9.219	1.918

Sumber: Output SAP2000

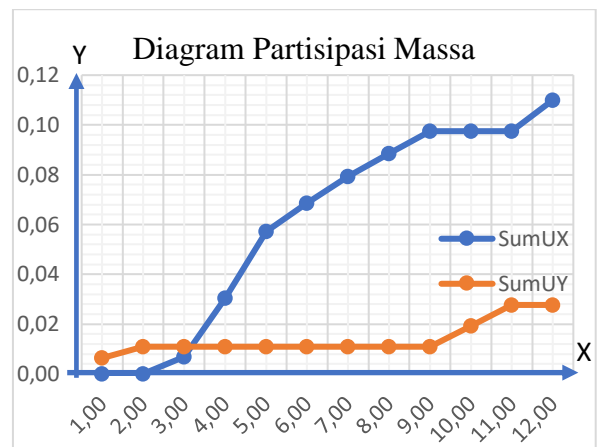
Dari Tabel 3.2, pada pola ragam getar ke-12 jumlah partisipasi massa arah x sebesar 110, pada pola ragam getar ke-11 arah y sebesar 27,68 dan rotasi z sebesar 1,918 pada pola ragam getar ke-9.

Dari hasil Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa pada mode 10 nilai faktor translasi UY memberikan angka yang paling besar/dominan yaitu 8,45 hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah Y terjadi pada mode ini sesuai dengan SNI 1726 2012, pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan pondasinya didesain untuk memikul kombinasi bebanbeban sebesar 100% untuk gaya satu arah dan 30% untuk gaya arah tegak lurus.. Pada mode 5 nilai faktor translasi UX memberikan angka yang paling besar yaitu 26,66 hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah X terjadi pada mode ini sesuai dengan animasi layar komputer. Pada mode 5 nilai RZ dominan yaitu 25.1 hal ini menunjukkan bahwa pada mode ini gerak struktur sudah dominan dalam rotasi. Persyaratan gerak ragam sudah sesuai.

Dari hasil Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa pada mode 10 nilai faktor translasi UY memberikan angka yang paling besar/dominan yaitu 8,45 hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah Y terjadi pada mode ini sesuai dengan animasi layar komputer. Pada mode 5 nilai faktor

translasi UX memberikan angka yang paling besar yaitu 26,66 hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah X terjadi pada mode ini sesuai dengan animasi layar komputer. Pada mode 5 nilai RZ dominan yaitu 25.1 hal ini menunjukkan bahwa pada mode ini gerak struktur sudah dominan dalam rotasi. Persyaratan gerak ragam sudah sesuai.

Berdasarkan hasil yang dianalisa pada partisipasi masa bangunan yang terjadi dapat disimpulkan dengan diagram di bawah ini:



Gambar 5. Diagram Partisipasi Beban

Dalam diagram partisipasi masa pada gambar 5 dapat disimpulkan bahwa factor tranlasi UX lebih besar pada mode 12 dan mengalami tingkat stabil pada mode 9 sampai 11. Sedangkan pada factor translasi UY mencapai puncaknya pada mode 11 dan 12 dan mengalami stabil di mode 2 sampai 9.

Tabel 3.3. Periode dan Frekuensi pada setiap mode (KN/m)

Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
1	32468575	3.0799E-08	1.94E-07	3.74E-14
2	27298028.01	3.66327E-08	2.3E-07	5.3E-14
3	2121483.483	4.71368E-07	2.96E-06	8.77E-12
4	2121483.483	4.71368E-07	2.96E-06	8.77E-12
5	-2080621.95	-4.8063E-07	-3E-06	9.12E-12
6	1841831.101	5.42938E-07	3.41E-06	1.16E-11
7	1772389.601	5.6421E-07	3.55E-06	1.26E-11
8	1661332.429	6.01926E-07	3.78E-06	1.43E-11
9	1627086.691	6.14595E-07	3.86E-06	1.49E-11
10	1579909.566	6.32948E-07	3.98E-06	1.58E-11
11	1573095.469	6.35689E-07	3.99E-06	1.6E-11
12	1503042.577	6.65317E-07	4.18E-06	1.75E-11

Sumber: Output SAP2000

Pada table 3.3 didapatkan pada periode tertinggi sebesar 32468575 menghasilkan frekuensi sebesar $3.0799e^{-08}$ sedangkan pada periode terendah -2080621.95 menghasilkan frekuensi sebesar $-4.0863e^{-07}$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar periode maka frekuensi yang terjadi akan kecil dan sebaliknya semakin kecil periode maka frekuensi ayng terjadi akan besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Dari hasil Analisa dengan bantuan software SAP2000 didapatkan nilai akselerasi statis arah X, Y, dan Z masing-masing sebesar 111.4032, 99.3822, dan 0.5025 sedangkan nilai akselerasi dinamis arah X, Y, dan Z masing-masing sebesar 11.2188, 2.7675, dan $1.68E^{-10}$
2. Pemilihan Konfigurasi yang tepat juga memberikan pengaruh yang cukup signifikan selain jenis profil dan tipe bresing, terutama untuk mereduksi bobot bangunan dan bentuk struktur.
3. Pengaku (bresing) yang dipasang pada tiap-tiap portal pinggir baik arah memanjang maupun memendek ternyata tetap menunjukkan perilaku struktur yang simetris.
4. Pengaku (bresing) dengan profil baja Cutt-T tidak memberikan banyak pilihan untuk model penampang yang kompak.

DAFTAR PUSTAKA

Adams., S.A. (2010). Performance-Based Analysis of Steel Building: Special Concentric Braced Frame [Thesis]. San Luis Obispo (CA): Faculty of California Polytechnic State University.

Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. BSN.

- Chopra, A. (1995). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Boston: Prentice Hall.
- Chun, H.C., Cheol, H.L. & Jeong, J.K. (2011). Prediction of Column Axial Forces in Inverted V-Braced Seismic Steel Frames Considering Brace Buckling. *Journal of Structural Engineering*: 96-108.
- Dewi, S.M. (2009). *Teknik Gempa*. Malang: Bargie Media.
- Grusenmeyer, E. (2012). *Design Compariso of Ordinary Concentric Brace Frame and Special Concentric Brace Frame for Seismic Lateral Force Resistance for Low Rise Buildings*. Manhattan: B.S., Kansas State University
- Hamzah, H.S. (2010) *Studi Perbandingan Perilaku Struktur Jack Up Patform Sistem Centrally Braced Frames (CBF) dan Sistem Eccentrically Braced Frame (EBF) Tubular Link* [Thesis]. Surabaya (ID): Institut Teknik Sepuluh Nopember.
- Manope, R.F., Manalip, H., Ointoe, B.M.M. (2019). Analisis Portal Struktur Baja Berdasarkan Konfigurasi Tipe dan Variasi Panjang Link Sistem EBF (Eccentrically Braced Frames). *Jurnal Sipil Statik*. 7 (9): 1191-1196
- Mentari, S. (2020). *Study of inelastic behaviour steel structure of special moment frame (SMF) and eccentrically braced frame (EBF) with pushover analysis* 10.1088/1755-1315/622/1/012027
- Setiati, N.R., Putra, R. (2013) Efek Reaksi Tekan Gelagar Baja Komposit Dengan Menggunakan Metode Prakompresi. *Jurnal Jalan-Jembatan*. 30 (2): 80-96
- Uriz, P., Mahin, S.A. (2004). Seismic Performance Assessment of Centrally Braced Steel Frames. *13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada*. 1-6: Pp 1639