ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi Vol. 14, No.2, Agustus 2026, Hal. 247 - 261

ANALISA STRUKTUR BAJA HOTEL NAWASENA SUITES PADANG DENGAN SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIK K-Braces

Hilmi Prasetyo[1*] dan Utari Khatulistiani[2]
[1&2]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jl. Dukuh Kupang XXV No.54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia
E-mail: hilmiprasetyo22@gmail.com[1*] dan utari.kh@uwks.ac.id[2]
(*) Penulis Korespondensi
(Artikel dikirim: 21 Januari 2026, Direvisi: 16 Juli 2026, Diterima: 13 Oktober 2026)
DOI: http://dx.doi.org/10.30742/axial.v14i2.5181

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung *Hotel Nawasena Suites* 12 lantai di Kota Padang, Sumatera Barat dengan menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) konfigurasi *Split K-Braces* dalam menahan beban gempa. Gedung berukuran 52 m × 32 m dan tinggi 54 m dirancang berdasarkan SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020. Material yang digunakan adalah baja BJ 41 dengan tegangan leleh (*F*y) 250 MPa dan tegangan putus (*F*u) 410 MPa, serta kuat tekan beton (*f*'c) 35 MPa. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan metode respons spektrum, sedangkan perencanaan penulangan struktur beton bertulang kolom pedestal dan sloof menggunakan spColumn. Elemen link diperoleh hasil panjang 150 cm dengan jarak antar pengaku *(stiffener)* 30 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan total maksimum terjadi pada lantai atap, yaitu δx sebesar 63,57 mm dan δy sebesar 67,43 mm. Simpangan antarlantai maksimum Δx terjadi pada lantai dua sebesar 26,39 mm, dan Δy sebesar 41,26 mm, serta pada lantai tiga diperoleh Δx sebesar 25,13 mm dan Δy sebesar 28,23 mm. Seluruh nilai simpangan tersebut berada dalam batas aman, di bawah batas nilai simpangan izin, yaitu 80 mm untuk lantai tipikal, dan 120 mm untuk lantai dua. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penerapan SRBE dengan konfigurasi *Split K-Braces* efektif dalam meningkatkan daktilitas struktur, memenuhi persyaratan kinerja berdasarkan peraturan yang berlaku, serta mengurangi potensi kerusakan pada elemen struktur utama akibat beban gempa.

KATA KUNCI : *Balok Link, Gempa, Sistem Rangka Bresing Eksentrik, SNI, Struktur Baja*

ABSTRACT : *This study aims to evaluate the structural performance of the 12-story Nawasena Suites Hotel in Padang, West Sumatra, using an Eccentrically Braced Frame System (EBFS) with a Split K-Braces configuration to resist seismic loads. Methods: The building, with dimensions of 52 m x 32 m x 54 m, was designed in accordance with SNI 1729:2020, SNI 1726:2019, and SNI 1727:2020 for the seismic conditions in Padang. The steel grade used is BJ 41, with a yield strength (F_y) of 250 MPa, an ultimate strength (F_u) of 410 MPa, and a concrete compressive strength (f'c) of 35 MPa. Structural analysis was conducted using SAP2000 software with the response spectrum method, while the design of reinforced concrete pedestal columns and tie beams was performed using spColumn. The link element is 150 cm long, and the stiffeners are at 30 cm spacing. Results: the maximum total roof displacement (δx) is 63.57 mm in the x-direction, and δy is 67.43 mm in the y-direction. The maximum story drift occurred on the second floor, with values Δx of 26.39 mm in the x-direction and Δy of 41.26 mm in the y-direction, while on the third floor, the corresponding values were 25.13 mm and 28.23 mm, respectively. All displacement and story drift values are below the allowable limits of 80 mm for typical floors and 120 mm for the second floor. Conclusion: The EBFS with Split K-Braces configuration is effective in increasing ductility, satisfies the required seismic safety criteria, and reducing damage to primary structural elements during earthquakes.*

KEYWORDS : *Eccentrically Braced Frame, Seismic Performance, SNI, Split K-Braces, Story Drift*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan *State of the Art*

Gempa bumi yang cukup besar melanda kota Padang pada tanggal 30 September 2009 (Dian et al., 2023), dimana gempa bumi ini dikenal sebagai gempa bumi 30 September. Gempa bumi terjadi dengan kekuatan 7,6 skala magnitudo, dengan episentrum di lepas pantai 50 km barat laut dari kota Padang. Gempa menyebabkan kerusakan parah di beberapa wilayah, salah satunya adalah kota Padang. Menurut data Satkorlak pb, sebanyak 1.117 orang tewas akibat gempa tersebut, yang

Copyright (c) 2026 axial : jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

tersebar di 3 kota dan 4 kabupaten di Sumatera Barat. 13.448 rumah rusak berat, 65.380 rumah rusak sedang dan 78.604 rumah rusak ringan. Sebagaimana diketahui, Kota Padang merupakan daerah dengan zona gempa tinggi (SNI 1726:2019), sehingga diperlukan desain khusus untuk bangunan gedung tingkat tinggi.

Kota Padang adalah kota terbesar di pantai barat Pulau Sumatera sekaligus ibu kota Provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Kota ini adalah pintu gerbang barat Indonesia dan Samudra Hindia, dengan luas wilayah 694.337 km^2, lebih dari separuhnya berupa hutan lindung. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, Kota Padang memiliki jumlah penduduk sebanyak 939.851 jiwa pada pertengahan tahun 2024. Salah satu gedung yang mengalami kerusakan pada gempa bumi tahun 2009 di Padang adalah gedung Hotel Ambacang yang sekarang berganti nama menjadi The Axana Hotel yang terdiri dari 6 lantai, dan digunakan sebagai data perencanaan ulang gedung *Hotel Nawasena Suites* menggunakan struktur baja, terdiri dari 12 lantai tanpa *basement*.

Kota Padang merupakan daerah yang rawan gempa bumi, yang secara letak geografisnya berada di antara pertemuan dua lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia dan Hindia-Australia. Lempeng-lempeng tersebut selalu bergerak aktif, mulai dari 4 hingga 6 sentimeter per tahun. Pergerakan lempeng yang bertumbukan atau patah dapat memicu gempa bumi dan gelombang tsunami. Selain gempa bumi, Kota Padang juga berpotensi mengalami likuefaksi, yaitu kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat tanah pasir yang jenuh air yang mengalami penurunan tegangan geser saat gempa. Adanya risiko akibat bencana gempa tersebut maka perlu direncanakan struktur bangunan tahan terhadap gempa, agar dapat mengurangi banyaknya kerugian dan korban jiwa (Dian, Wardi, & Rudy, 2023).

Dalam perencanaan gedung struktur baja memiliki tiga jenis sistem yang dapat digunakan, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) yang setiap jenisnya memiliki perbedaan dalam penilaiannya seperti diuraikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perbandingan SRBE, SRBK dan SRPMK

Fitur	SRBE	SRBK	SRPMK
Kekakuan (*stiffness*)	Memiliki kekakuan yang baik, berada di antara SRBK dan SRPMK. Sistem ini menggabungkan kekakuan bresing dengan kemampuan disipasi energi rangka momen.	Memiliki kekakuan paling tinggi di antara ketiganya. Adanya elemen diagonal yang bertemu di satu titik (konsentris) sangat efektif dalam mencegah pergeseran lateral pada kondisi beban gempa ringan hingga sedang (fase elastis). Ini menjadikannya ideal untuk mengontrol simpangan.	Memiliki kekakuan paling rendah. Sistem ini dirancang untuk lebih fleksibel dan mengandalkan pembentukan sendi plastis (deformasi besar) untuk menyerap energi gempa, bukan untuk membatasi simpangan secara ketat pada tahap awal.
Daktilitas (Fleksibilitas)	Tinggi (R=7)	Rendah (R=6) (cenderung getas)	Sangat Tinggi (R=8)
Disipasi Energi Gempa	Sangat Baik (melalui *link*)	Terbatas (melalui tekuk bresing)	Sangat Baik (melalui sendi plastis)
Faktor Modifikasi Respons (R)	Relatif Tinggi (R=7 untuk gedung tinggi)	Relatif Rendah (R=6 SNI 1726-2019 Tabel 7.2-1)	Tinggi (R=8 untuk baja)
Kekuatan	Kekuatan dari SRBE dirancang khusus agar pelelehan terjadi secara terkontrol pada elemen pendek yang disebut *link* (penghubung eksentris). *Link* ini bertindak	Kekuatan elastisnya tinggi, tetapi kemampuannya menyerap energi pada kondisi inelastis terbatas	Kekuatannya relatif cukup, tetapi keunggulannya adalah kemampuan deformasi plastis yang besar dan stabil melalui sendi

	seperti sekering (*fuse*) yang menyerap energi sambil menjaga balok, kolom, dan bresing utama tetap elastis. Ini memberikan keseimbangan yang sangat baik antara kekakuan dan daktilitas.	karena mekanisme tekuk bresing yang mendadak.	plastis lentur pada balok, sehingga mampu menyerap energi gempa yang masif.
Kemudahan Perbaikan	Relatif Mudah (melalui ganti *link*)	Relatif Sulit, kerusakan terjadi pada batang bresing diagonal yang mengalami tekuk parah atau putus tarik	Sangat Sulit, kerusakan terkonsentrasi pada sendi plastis yang terbentuk di ujung balok dan berisiko kerusakan tersebar di balok/kolom)

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah rawan gempa dengan tingkat aktivitas seismik tinggi, karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif. Kota Padang termasuk dalam zona gempa kuat dengan PGA > 0.6g berdasarkan Peta Gempa SNI 1726:2019. Oleh karena itu, perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa menjadi hal yang sangat penting. Salah satu sistem struktur yang banyak digunakan untuk gedung bertingkat adalah Sistem Rangka Baja Bresing Eksentrik (SRBE). Sistem ini dikembangkan untuk menggabungkan keunggulan antara daktilitas rangka momen dan kekakuan rangka bresing konsentrik (Engelhardt et al., 1978) & (Popov & Engelhardt, 1987). Elemen link pada SRBE berfungsi sebagai *fusible element* yang akan meleleh terlebih dahulu saat terjadi gempa, sehingga dapat melindungi elemen struktur lainnya. Hal ini membuat SRBE sangat cocok diterapkan di wilayah rawan gempa seperti Indonesia.

Perencanaan struktur baja di Indonesia saat ini mengacu pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja, dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa. Sebelumnya, perencanaan struktur baja mengacu pada SNI 03-1729-2002. Dalam perkembangan struktur tahan gempa, Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) telah banyak diteliti karena memiliki daktilitas tinggi dan mampu mendisipasi energi gempa melalui leleh pada elemen link. Penelitian oleh Sabelli dan Hohler menunjukkan bahwa SRBE efektif mengurangi simpangan antarlantai pada gedung tinggi menggunakan SRBE konfigurasi *V-Braces* (Sabelli, Rafael Hohler, 2003). Di Indonesia, beberapa penelitian sebelumnya juga telah membahas penerapan SRBE. Fitriyah, Suprobo, dan Wahyuni (2017) melakukan modifikasi desain *Hotel Holiday Inn Express Surabaya* dengan SRBE (Fitriyah et al., 2017). Hakimah (2021) juga melakukan modifikasi struktur gedung The Ahmad Dahlan Plaza Surabaya dengan struktur baja SRBE (Hakimah, 2021). Panjaitan, Khatulistiani, dan Machmoed (2018) melakukan perbandingan bresing konfigurasi X-1 dan X-2 terhadap nilai drift. Sedangkan Prasetyo (2022) menggunakan SRPM pada hotel bertingkat 10 lantai. Penelitian SRBE dengan tipe *K-Braces* juga dilakukan oleh Raharjo pada gedung struktur baja 8 lantai di Jakarta (Raharjo, 2021). Namun penelitian tersebut belum mengkaji konfigurasi *Split K-Braces* dan belum diterapkan pada bangunan hotel 12 lantai di zona gempa tinggi seperti Padang (Raharjo, 2021). Penggunaan *Split K-Braces* memberikan keuntungan berupa panjang link yang dapat dikontrol dan distribusi gaya yang lebih merata ke kolom. Akan tetapi, kajian mengenai perilaku *Split K-Braces* dengan panjang link 150 cm pada struktur hotel tinggi masih terbatas. Berdasarkan gap tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kinerja SRBE *Split K-Braces* pada struktur gedung *Hotel Nawasena Suites* 12 lantai yang berlokasi di Padang.

Tabel 2. Analisis Gap Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti dan Tahun	Objek dan Lokasi	Metode / Sistem	Hasil Utama	Kekurangan/Gap
1.	Sabelli dan Hohler (2003)	Gedung Baja Tinggi di USA	SRBE V-Braces	SRBE efektif mengurangi simpangan 40%	Belum mengkaji Split K-Braces

2.	Raharjo (2021)	Gedung 8 Lantai di Jakarta	SRBE K-Braces, SAP2000	Story drift memenuhi SNOI 1726:2019	Objek buka hotel 12 lantai, bukan di zona Padang
3.	Prasetyo (2022)	Hotel 10 Lantai di Yogyakarta	SRPM	Daktilitas rendah, kerusakan besar	Tidak menggunakan sistem bresing
4.	Penelitian Ini	Hotel 12 Lantai di Padang	SRBE Split K-Braces, SAP2000	Mengevaluasi simpangan dan story drift	Mengisi gap penerapan Split K di zona gempa tinggi

Berdasarkan **Tabel 2**, dapat dilihat bahwa penelitian mengenai penerapan SRBE *Split K-Braces* pada struktur hotel 12 lantai di Padang yang berada di zona gempa tinggi masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi gap tersebut. Untuk memahami kinerja SRBE *Split K-Braces* dalam menahan beban gempa, perlu dijelaskan terlebih dahulu parameter-parameter penting dalam desain struktur tahan gempa sesuai SNI 1726:2019. Parameter tersebut menjadi dasar dalam menentukan besarnya gaya desain dan kontrol simpangan pada struktur.

Secara ringkas, SRBE memberikan keseimbangan optimal antara kekuatan untuk menahan beban dan fleksibilitas untuk menyerap energi gempa, di mana Faktor modifikasi (R), Faktor sistem kuat lebih (*System Overstrength Factor* Ω_0), dan Faktor pembesaran defleksi (C_d) juga menjadi parameter penting dalam desain struktur tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Penjelasan R, Ω_0 dan C_d dijelaskan sebagai berikut:

1. **Faktor Modifikasi (R)**
   Faktor R (*Response Modification Factor*) digunakan untuk mereduksi gaya gempa elastis menjadi gaya desain yang lebih kecil. Reduksi ini didasari oleh kemampuan struktur untuk mengalami deformasi inelastis (daktilitas) dan mendisipasi energi gempa tanpa mengalami keruntuhan mendadak yang dimana Nilai R yang lebih tinggi mengindikasikan daktilitas yang lebih baik, sehingga gaya desain yang digunakan lebih kecil.
2. **Faktor sistem kuat lebih (*System Overstrength Factor* Ω_0)**
   Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) memperhitungkan kekuatan aktual struktur yang lebih besar daripada kekuatan minimum yang disyaratkan dalam desain (misalnya karena faktor keamanan material, ukuran elemen yang dilebihkan, dll.). Faktor ini digunakan untuk memastikan bahwa elemen-elemen kritis tertentu (seperti kolom pada sistem tertentu) tetap berperilaku elastis saat elemen lain (seperti balok atau bresing) mencapai kondisi leleh.
3. **Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)**
   Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) digunakan untuk memperkirakan simpangan atau deformasi inelastis maksimum aktual dari struktur akibat gempa desain. Simpangan yang dihitung dari analisis elastis dikalikan dengan C_d untuk mendapatkan estimasi simpangan inelastis. Hal ini penting untuk memastikan bahwa simpangan antar lantai tidak melebihi batasan yang diizinkan untuk mencegah kerusakan elemen non struktural atau *P-delta effect*.

Dalam perencanaan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE) pada gedung baja sebagai struktur tahan gempa, dihitung dengan metode analisis gempa menggunakan respons spektrum. Dalam metode analisis gempa, pada dasarnya terdapat dua metode, di antaranya metode statik ekuivalen gempa dan metode analisis dinamis yang lebih akurat yang disebut respons spektrum gempa, yang dirangkum secara rinci pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbedaan Statik Ekuivalen (ESM) dan Respons Spektrum (RSA)

Perbedaan Utama	Metode Statik Ekuivalen	Metode Respons Spektrum
Penjelasan dasar	Metode Statik Ekuivalen (ESM) menyederhanakan gempa jadi beban statis horizontal (lebih mudah tapi kurang akurat),	Respons Spektrum (RSA) lebih akurat karena memperhitungkan dinamika struktur (massa, kekakuan, redaman) melalui spektrum respons, ideal untuk bangunan kompleks/tinggi

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

Konsep dasar	Menganggap efek gempa sebagai gaya horizontal statis ekuivalen yang bekerja pada pusat massa bangunan (penyederhanaan).	Mempertimbangkan perilaku dinamis struktur dengan superposisi respons dari berbagai mode getar, memperhitungkan massa, kekakuan, dan redaman, menghasilkan respons maksimum yang lebih realistis.
Kompleksitas dan Akurasi	Sederhana, cepat dihitung, cocok untuk bangunan rendah dan beraturan dengan beban gempa rendah-sedang. Kurang akurat untuk struktur tinggi/kompleks.	Lebih kompleks, butuh komputasi lebih, lebih akurat karena menangkap karakteristik dinamis, wajib untuk bangunan tinggi/tidak beraturan.
Penerapan	Bangunan 10 lantai atau kurang, desain awal.	Bangunan tinggi (>10 lantai), tidak beraturan, atau struktur kritis yang diwajibkan oleh SNI 1726.
Periode Getar	Menggunakan rumus empiris untuk periode fundamental struktur.	Menghitung beberapa mode getar dan periodenya secara lebih detail
Distribusi Gaya	Mendistribusikan gaya gempa secara linear berdasarkan ketinggian	Mendistribusikan gaya gempa berdasarkan kontribusi berbagai mode getar, yang lebih realistis.
Pemilihan penggunaan metode	Biasanya diizinkan untuk bangunan dengan ketinggian dan kompleksitas terbatas (misalnya, di bawah 8 lantai dan beraturan).	Diwajibkan atau sangat disarankan untuk bangunan tinggi (seperti 12 lantai), tidak beraturan, atau di zona gempa tinggi.

Berdasarkan uraian pada **Tabel 3**, ditetapkan penggunaan respons spektrum karena gedung 12 lantai dianggap sebagai bangunan tinggi. Pada bangunan tinggi, kontribusi mode getar yang lebih tinggi (selain mode fundamental) menjadi signifikan dan tidak dapat diabaikan. Analisis respons spektrum dinamis secara eksplisit memperhitungkan kontribusi ini. Metode ini memberikan distribusi gaya geser dan momen yang lebih akurat di sepanjang ketinggian gedung, sehingga menghasilkan desain elemen struktural (balok, kolom, sambungan) yang lebih andal dan ekonomis.

Standar desain gempa modern di Indonesia, seperti SNI 1726:2019 umumnya merekomendasikan atau mewajibkan analisis dinamis untuk struktur dengan karakteristik seperti gedung 12 lantai. Meskipun analisis respons spektrum dinamis membutuhkan waktu dan keahlian komputasi yang lebih banyak, keakuratan dan keandalannya sangat penting untuk memastikan keamanan gedung baja tahan gempa 12 lantai. Untuk panduan terperinci, disarankan untuk mengacu pada dokumen resmi SNI 1726 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung di Indonesia.

Penggunaan sistem rangka bresing eksentrik memiliki beberapa ketentuan khusus dalam perencanaan struktur untuk gedung. Beberapa ketentuan perencanaan struktur sistem rangka bresing eksentrik yang dapat dipenuhi guna mendapat kekuatan struktur yang layak, yaitu :

1. Memiliki kekakuan yang cukup untuk menahan gaya lateral.
2. Memenuhi kondisi batas simpangan antarlantai.
3. Memiliki karakteristik disipasi energi yang baik.
4. Memiliki perilaku inelastik yang baik.
5. Memenuhi persyaratan yntuk Sistem Rangka Bresing Ekesentrik (SRBE) pada SNI 03-1729- 2002 pasal 15.13.
6. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai Tabel 15.7-1 SNI 03-1729-2002.
7. Tegangan leleh bahan baja yang digunakan pada *link* tidak boleh melebihi 350 MPa menurut peraturan SNI 03-1729-2002.
8. Variabel yang harus direncanakan dengan baik ada tiga, yaitu konfigurasi pengaku, panjang *link*, dan profil *link* yang akan dipakai (Trisya & Khatulistiani, 2022)
9. *Link* merupakan elemen terlemah dari sistem rangka pengaku eksentrik, dan berfungsi sebagai "*fuse*" atau sikring yang melindungi

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

komponen lain dari struktur untuk tidak runtuh terlebih dahulu sehingga elemen struktur yang lain seperti balok, kolom, dan sambungan harus lebih kuat dari *Link* (Popov & Engelhardt, 1987).

Saat ini sudah banyak yang menggunakan material baja untuk konstruksinya, contohnya; bangunan industri, jembatan jalan raya, jembatan kereta api dan bangunan hotel maupun apartemen . Material baja memiliki kelebihan bila digunakan sebagai material struktur, yaitu :

a. Elastisitas (*Elasticity*)
   Sifat elastis pada baja berdasarkan hukum fisika, yaitu Hukum *Hooke*, dalam desain perencanaan, nilai elastisitas baja lebih akurat dibandingkan dengan bahan material lainnya. Bahkan pada tegangan yang tinggi, momen inersia dari konstruksi baja dapat dihitung dengan tepat.
b. Kekuatan tinggi (*High Strength*)
   Kemampuan baja untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja, antara lain kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir dan kekuatan bengkok.
c. Daktilitas (*Ductility*)
   Sebuah material memiliki sifat daktail apabila material tersebut mengalami tegangan yang besar akibat beban kerja. Daktilitas merupakan sifat material konstruksi yang memberikan perubahan bentuk (uluran) yang besar sebelum mencapai kehancuran. Keuntungan lain untuk konstruksi yang menggunakan material dengan sifat daktail yang tinggi adalah saat menerima beban yang berlebih dari kemampuan struktur, akan terjadi defleksi/lendutan yang besar sebagai tanda bahaya keruntuhan. Dengan hal tersebut, material baja saat digunakan pada struktur mampu mencegah terjadinya proses keruntuhan konstruksi secara tiba-tiba. Dengan kemampuan tersebut, material baja dapat menguntungkan penghuni bangunan karena lebih aman bila terjadi guncangan atau getaran, seperti gempa bumi.
d. Kemudahan proses pemasangan
   Material baja merupakan material yang mudah dipasang karena bagian-bagian untuk konstruksi yang akan digunakan telah diproduksi di pabrik. Pelaksanaan lapangan, yang dilakukan adalah pemasangan bagian-bagian pada konstruksi baja dikarenakan komponen-komponen pada baja pada umumnya memiliki bentuk standar dan mudah diperoleh di pasaran. Hal tersebut dapat mempercepat waktu proses pemasangan rangkaian struktur baja.

Penggunaan baja sebagai material utama pada struktur gedung memiliki banyak keunggulan. Menurut (Salmon, Charles G. Johnson, 1996) , baja memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi sehingga dapat menghasilkan struktur yang lebih ringan dengan dimensi penampang lebih kecil. Selain itu, sifat daktilitas baja memungkinkan material mengalami deformasi plastis yang besar sebelum terjadi keruntuhan, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan pada bangunan di wilayah rawan gempa. Adanya kelebihan yang dimiliki material baja tersebut menjadi alasan dipilihnya baja sebagai bahan konstruksi dalam perencanaan struktur gedung *Hotel Nawasena Suites* yang direncanakan untuk menahan gempa, serta adanya kebutuhan daktilitas pada struktur gedung tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam perencanaan ulang ini adalah :

1. Bagaimana kinerja struktur gedung *Hotel Nawasena Suites* 12 lantai dengan sistem SRBE *Split K-Braces* terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019?
2. Berapa besar simpangan dan *story drift* yang terjadi, dan apakah memenuhi batas izin SNI?
3. Bagaimana efektivitas SRBE *Split K-Braces* dalam meningkatkan daktilitas struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kinerja gedung struktur baja 12 lantai *Hotel Nawasena Suites* dengan sistem SRBE *Split K-Braces* terhadap beban gempa.
2. Mengevaluasi nilai simpangan total dan *story drift* struktur berdasarkan hasil analisis SAP2000.
3. Membuktikan efektivitas penggunaan elemen link pada SRBE *Split K-Braces* dalam meningkatkan daktilitas dan keamanan struktur.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Data gedung struktur baja *Hotel Nawasena Suites* 12 lantai tahan gempa di Padang, Sumatera Barat untuk perencanaan dengan sistem rangka bresing eksentrik tipe *K-braces* sebagai berikut :

1. Nama Bangunan : Hotel Nawasena Suites
2. Lokasi : Padang, Sumatera Barat
3. Jumlah Lantai : 12 Lantai
4. Panjang : 52 m
5. Lebar : 32 m

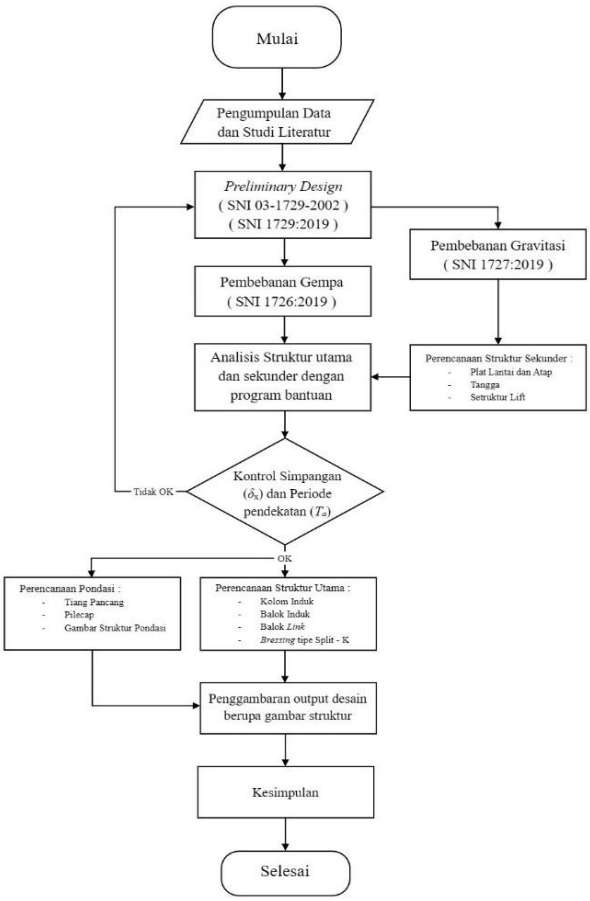
ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

6. Tinggi Bangunan : 54 m
7. Tinggi Antar Lantai : 6 meter untuk lantai 1 dan lantai selanjutnya 4 meter
8. Luas bangunan : 1664 m^2
9. Mutu baja (*Fy*) : 250 MPa
10. Mutu beton : K350 atau $f'c$ = 31,2 MPa

Perencanaan struktur gedung *Hotel Nawasena Suites* ini diuraikan dalam bentuk diagram alir yang ditampilkan pada **Gambar 1**. Diagram alir perencanaan merupakan proses atau alur perencanaan berdasarkan urutan dari suatu proses ke proses lainnya.

Langkah awal perencanaan dimulai dengan pengumpulan data awal berupa gambar denah, tampak, dan potongan gedung, serta data hasil penyelidikan tanah. Selanjutnya, dilakukan *preliminary design* untuk menentukan perkiraan dimensi awal elemen struktur primer dan sekunder berdasarkan fungsi dan karakteristik gedung dengan mengacu pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural, SNI 1726:2019 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur dan Non-Gedung, dan SNI 1727:2020 tentang Pembebanan Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain.

Tahap selanjutnya dilakukan perencanaan sekunder dengan penentuan mutu bahan dan material struktur dan perencanaan dimensi profil yang akan digunakan sesuai dengan SNI 1729:2020 yang meliputi: perencanaan penulangan plat lantai dan plat atap, perencanaan dimensi balok anak atap dan lantai yang berupa struktur komposit, perencanaan dimensi balok penggantung lift dan perencanaan tangga.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

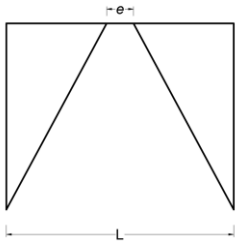
Kemudian dilakukan perencanaan struktur primer yang meliputi: perencanaan dimensi balok induk, dimensi kolom, perencanaan panjang link, dimensi balok di luar link, dan dimensi bresing. Pada tahap perencanaan ini, diberikan pembebanan yang merupakan proses perhitungan beban-beban yang nantinya akan bekerja pada struktur. Proses perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 untuk menghitung beban gravitasi atau vertikal seperti; beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban angin (*wind load*) dan beban air hujan (*rainwater load*) yang pada akhirnya menjadi kombinasi pembebanan. Kombinasi beban desain minimum dan kriteria untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain menggunakan delapan kombinasi sebagai berikut:

1. Kombinasi 1 = 1,4D
2. Kombinasi 2 = 1,2D + 1,6L
3. Kombinasi 3 = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau S atau R)
4. Kombinasi 4 = 1,2D + 1,6L (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5 W)

5. Kombinasi 5 = 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S
   atau R)
6. Kombinasi 6 = 1,2D + 1,0E + L
7. Kombinasi 7 = 0,9D + 1,0W
8. Kombinasi 8 = 0,9D + 1,0

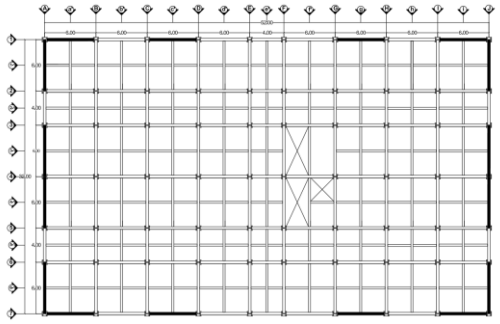
Kemudian dilakukan analisis struktur pada gedung *Hotel Nawasena Suites* menggunakan program komputer, serta bertujuan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam (M, D, N) pada portal akibat beban mati *(dead load*), beban hidup (*live load*), beban air hujan (*rain load*) dan beban gempa (*earthquake load*), serta mengetahui nilai simpangan *(drift)*. Lalu dilanjutkan dengan merencanakan pondasi, menggunakan pondasi tiang pancang ukuran 500 mm x 500 mm kedalaman 20 m, dan disatukan dengan *pilecap* berukuran 2850 mm x 2850 mm, tinggi 1200 mm. Tahap terakhir yang dilakukan adalah mengilustrasikan hasil perencanaan dan perhitungan struktur dalam bentuk gambar rencana.

Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) tipe *Split K-Braces* yang digunakan pada perencanaan gedung *Hotel Nawasena Suites* 12 lantai seperti ditampilkan pada **Gambar 2.** Pada sistem SRBE, bresing dibantu oleh link (e) yang berada di balok. Link berfungsi sebagai pemecah dan mendisipasi getaran gempa, sehingga balok SRBE tipe *Split K-Braces* mampu bertahan selama dibebani gaya horisontal akibat gempa.

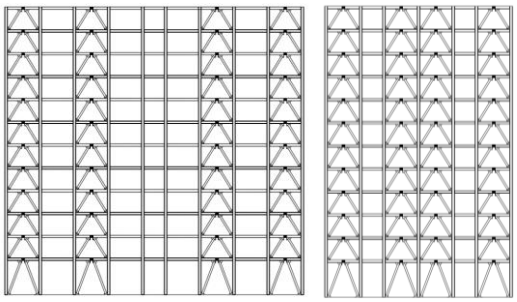


Gambar 2. Sistem Rangka Bresing Eksentrik Tipe *Split K-Braces* (Sumber : Hasil Penelitian)

Denah letak bresing gedung *Hotel Nawasena Suites* ditampilkan pada Gambar 3, berupa garis tebal. Gambar tampak penempatan bresing ditampilkan pada **Gambar 4(a) dan 4(b),** masing-masing arah X (arah memanjang), dan arah Y (arah pendek).



Gambar 2. Denah Letak Bresing Eksentrik tipe *Split K-Braces*



Gambar 3. Letak Bresing *Split-K,* (a) arah X portal memanjang, (b) arah Y portal pendek

Profil baja yang digunakan pada gedung *Hotel Nawasena Suites* SRBE konfigurasi S*plit-K-Braces* menggunakan profil baja yang berbeda beda pada kolom, balok induk, serta bresing sebagai berikut :

1. Kolom A (lantai 1) : WF 498 432 45 70
   Kolom B (lantai 2 – 8) : WF 458 407 50 30
   Kolom C (lantai 9 – 12) : WF 406 403 16 24
2. Profil Balok Anak Atap : WF 294 200 8 12
3. Profil Balok Anak : WF 298 201 9 14
4. Profil Balok Induk Atap : WF 300 300 10 15
5. Profil Balok Induk (lantai 1) : WF 350 350 12 19
   Profil Balok Induk (lantai 2 – 8) : WF 344 354 16 16
   Profil Balok Induk (lantai 9 – 12) : WF 300 300 10 15
6. Profil Balok *Short Link*
   Profil Balok *Link* (lantai 1) Arah X : WF 350 350 12 19
   Profil Balok *Link* (lantai 2 – 8) Arah X : WF 344 354 16 16
   Profil Balok *Link* (lantai 9 – 12) Arah X : WF 298 299 9 14
7. Profil Balok *Short Link*
   Profil Balok *Link* (lantai 1) Arah Y : WF 350 350 12 19
   Profil Balok *Link* (lantai 2 – 8) Arah Y : WF 344 354 16 16

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

Profil Balok *Link* (lantai 9 – 12) Arah Y : WF 298 299 9 14

8. Profil Bresing (lantai 1) Arah X : WF 298 201 9 14
   Profil Bresing (lantai 2 – 8) Arah X : WF 298 201 9 14
   Profil Bresing (lantai 9 – 12) Arah X : WF 294 200 8 12
9. Profil Bresing (lantai 1) Arah Y : WF 298 201 9 14
   Profil Bresing (lantai 2 – 8) Arah Y : WF 298 201 9 14
   Profil Bresing (lantai 9 – 12) Arah Y : WF 294 200 8 12

3. Hasil dan Bahasan

3.1 Pembebanan Gempa

Dalam menentukan beban gempa, perlu diketahui klasifikasi situs tanah lokasi gedung. Situs tanah diperhitungkan dan ditentukan dari nilai SPT (N-SPT) yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah Kota Padang. Hasil perhitungan diperoleh ΣN sebesar 18,88349 lebih besar dari 15, dan menurut SNI 1726:2019 tanah tersebut diklasifikasikan sebagai SD, yaitu situs Tanah Sedang (**Tabel 4**).

Data percepatan desain periode pendek dan percepatan desain periode 1 detik, yaitu S_{DS} = 2/3 x F_A x S_s, dan S_{D1}= 2/3 x F_V x S_{D1}. Pencarian nilai koefisien situs F_A dan Fv dilakukan secara manual dengan interpolasi seperti pada **Tabel 5**, dan Respons spektrum desain Kota Padang, dengan situs tanah sedang yang ditentukan dari website *rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021* ditampilkan pada **Gambar 5.**

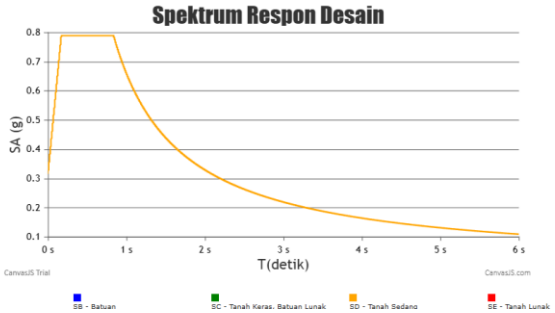
Tabel 4. Klasifikasi Situs Tanah Kota Padang (Sumber : Hasil Penelitian)

No	Kedalaman (m)	Tebal (T) (m)	Nilai SPT (N)	N' = T/N
1	0,6 – 2,1	1.5	7	0,214
2	2,1 – 4,2	2.1	28	0,075
3	4,2 – 5.5	1,3	40	0,033
4	5,5 – 7,0	1,5	21	0,071
5	7,0 – 8,5	1,5	5	0,214
6	8,5 – 10,3	1,8	23	0,078
7	10,3 – 12,0	1,7	11	0,155
8	12,0 – 13,4	1,4	12	0,117
9	13,4 – 14,6	1,2	37	0,032
10	14,6 – 17,8	3,2	79	0,041
11	17,8 – 19,5	1,7	38	0,045
12	19,5 – 22,0	2,5	18	0,139
13	22,0 – 23,6	1,6	16	0,107
14	23,6 – 25,2	1,6	26	0,062
15	25,2 – 28,4	3,2	26	0,123
16	28,4 – 30,45	2,05	27	0,076
Total (∑)		**29,85**		**1,58**
Mengacu pada peraturan SNI 1726 : 2019 Tabel 5 Klasifikasi Situs				
∑N = ∑T/∑N'= 29,85 / 1,58 = 18,88349 > 15 diklasifikasikan sebagai SD (Tanah Sedang)				

Tabel 5. Tabel S_s, F_A, S_1 dan F_v

S_s	F_A	S_1	F_v
1,25	1	0,5	1,8
1,5	1	0,6	1,7
1,1245	1	0,5737	1,7263

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. Respons Spektrum Desain Kota Padang Situs Tanah Sedang (Sumber : rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021)

Data tambahan untuk menentukan beban gempa adalah sebagai berikut: Faktor keutamaan gempa I_e = 1, Koefisien Modifikasi Respons R= 8, Faktor Sistem Kuat Lebih Ω_0= 3, Faktor Pembesaran Defleksi C_d = 5,5; Klasifikasi situs= SD (Tanah Sedang), PGA (g) = 0,7172 g, Ss (g)= 1,1245 g, S_1 (g) = 0,5737 g, F_{PGA}= 1,100, F_A= 1,0000, F_V= 1,7263, S_{MS} (g)1,125 g, S_{M1} (g)= 0,990 g, S_{DS} (g)= 0,7497 g, S_{D1} (g)= 0,6603 g, T_0 (detik)= 0,17 detik, $_S$ (detik)= 0,84 detik. Beban gempa dapat diperoleh berdasarkan perhitungan berat struktur setiap lantai, dari lantai 1 hingga 12 yang memiliki tinggi yang berbeda mulai dari lantai 1 yang memiliki ketinggian 6 meter dan 4 meter pada lantai selanjutnya, seperti diuraikan pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (h)	Berat Tiap Lantai (W)
	(m)	(kg)
12	50	927004,34
11	46	1525799,868
10	42	1525799,868
9	38	1525799,868
8	34	1604871,068
7	30	1604871,068
6	26	1604871,068
5	22	1604871,068
4	18	1604871,068
3	14	1604871,068
2	10	1604871,068
1	6	2013815,068
Total		18752316,490

(Sumber: hasil penelitian)

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

Kemudian dilakukan perhitungan keseluruhan gedung dengan periode fundamental (T). Periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau, diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (Cu) yang diketahui dari peraturan SNI 1726:2019 Tabel 17. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, diizinkan menggunakan periode fundamental pendekatan (Ta) yang dihitung berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2.1. Berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 Tabel 18, didapatkan nilai C_t = 0,0731 dan nilai x = 0,75

$Ta = C_t \times hn^x$ (1)

$= 0{,}0731 \times 50^{0{,}75} = 1{,}374$

Di mana hn^x = ketinggian total struktur (meter) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

Kota Padang memiliki nilai S_{D1} (g) = 0,6603 g. Dalam peraturan SNI 1726 : 2019 Tabel 17 diketahui nilai batas koefisien Cu = 1,4.

Periksa periode fundamental pendekatan (Ta) sebagai berikut: Ta = 1,374 < Cu = 1,4 (OK).

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1, distribusi gaya gempa berdasarkan gaya geser dasar seismik (V), dibagi di sepanjang tinggi struktur gedung. Untuk menentukan nilai gaya geser dasar sesmik (V), harus mengetahui nilai dan koefisien respons seismik yang dihitung melalui perumusan sebagai berikut :

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{Ie}\right)} = \frac{0{,}7497}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0{,}0937 \quad (2)$$

Perhitungan beban geser dasar seismik (V)

Beban geser dasar seismik (V) didapatkan dari nilai dasar koefisien respon seismik (Cs) yang kemudian dikalikan dengan berat total gedung (W). Sehingga, semakin besar berat bangunan maka semakin besar beban gempa yang akan terjadi. Nilai beban (W) yang terjadi pada struktur tiap – tiap lantai telah diuraikan diperhitungan total W diatas dan didapat nilai Wtotal = 18752316,490 kg serta nilai Cs = 0,03496 sehingga gaya geser dasar gempa dapat dihitung sebagai berikut :

V = Cs x W (3)

= 0,03496 x 18752316,490

= 655708,5002 kg

Dilanjutkan dengan menentukan distribusi gempa Fi, berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.3. Diperhitungkan nilai k yang merupakan eksponen yang terkait dengan periode struktur dan nilai k dihitung menggunakan interpolasi linier sebagai berikut :

$$k = 1 - \left(\frac{1{,}374 - 0{,}5}{2{,}5 - 0{,}5}\right)(1 - 2) = 1{,}437 \quad (4)$$

Nilai beban gempa statik ekivalen (Fi) tiap lantai dapat dilihat pada **Tabel 7** yang didapat dengan menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$Fi = \frac{wi \; x \; hi^k}{\sum Wi \; x \; hi^k} \; x \; V \quad (5)$$

Tabel 7. Distribusi Beban Gempa Statik Ekivalen (Fi)

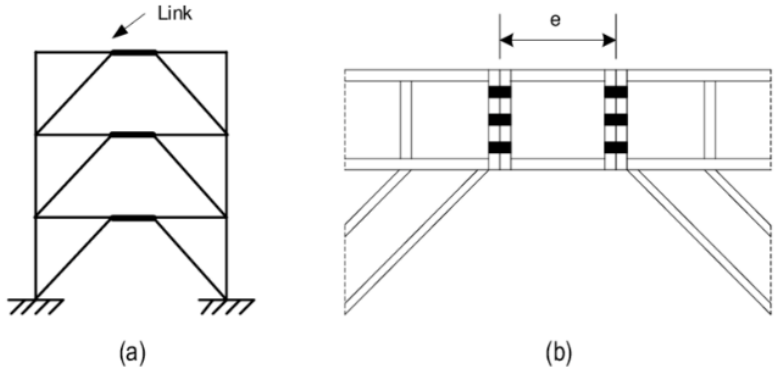
Lantai	Tinggi (h)	Berat Tiap Lantai (W)	Faktor	Momen	Geser Dasar Seismik	Gaya Lateral
	(m)	(kg)	(k)	(Wi x hi^k)	kg	(Fix = Fiy)
12	50	927004,34	1,437	256154307,6	655708,5002	74206,37703
11	46	1525799,868	1,437	374007729	655708,5002	108347,8111
10	42	1525799,868	1,437	328175989,4	655708,5002	95070,62921
9	38	1525799,868	1,437	284214742,4	655708,5002	82335,31783
8	34	1604871,068	1,437	254785877,4	655708,5002	73809,95092
7	30	1604871,068	1,437	212844969,8	655708,5002	61659,91984
6	26	1604871,068	1,437	173283355,4	655708,5002	50199,15582
5	22	1604871,068	1,437	136301784	655708,5002	39485,81488
4	18	1604871,068	1,437	102156672,3	655708,5002	29594,17943
3	14	1604871,068	1,437	71191170,76	655708,5002	20623,65809
2	10	1604871,068	1,437	43897536,42	655708,5002	12716,85481
1	6	2013815,068	1,437	26437655,12	655708,5002	7658,8312
Total		18752316,488		2263451789,61		655708,5002

(Sumber: hasil penelitian)

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

3.2 Perencanaan Balok Link

Dalam konsep Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE), *link* berfungsi sebagai elemen *fusible* atau yang dalam istilah teknik struktur disebut sebagai elemen sekring. Istilah *fusible* berasal dari kata "*fuse*" yang berarti melebur atau meleleh. Dalam konteks struktur tahan gempa, elemen *fusible* adalah suatu komponen struktur yang sengaja dirancang dengan kapasitas lebih rendah dibandingkan elemen struktur lainnya, sehingga komponen tersebut akan mengalami leleh inelastis dan kerusakan lebih dulu ketika struktur menerima beban gempa yang besar. Filosofi dasar dari penggunaan elemen *fusible* adalah menciptakan mekanisme *strong column weak beam* (SCWB) yang terkontrol, di mana kerusakan sengaja dikonsentrasikan pada satu lokasi tertentu yang mudah diidentifikasi dan diperbaiki. Penerapan elemen *fusible* pada SRBE memiliki 3 (tiga) tujuan utama. Pertama, sebagai media utama untuk mendisipasi energi gempa melalui deformasi plastis siklik pada badan dan sayap *link*. Kedua, untuk melindungi elemen struktur utama seperti kolom, bresing, dan sambungan agar tetap berada pada kondisi elastis dan tidak mengalami kerusakan permanen. Ketiga, untuk mempermudah proses evaluasi dan perbaikan pascagempa, kerusakan hanya terpusat pada *link* sehingga tidak memerlukan pembongkaran struktur secara besar-besaran. Dengan demikian, konsep elemen *fusible* sangat mendukung prinsip desain tahan gempa modern, yaitu "*damage control*" dan "*repairable structure*". *Link* sepanjang *e* pada Gambar 6 merupakan bagian khusus dari balok pada SRBE yang secara sengaja direncanakan sebagai elemen *fusible* untuk mendisipasi energi gempa pada saat terjadi gempa kuat. Konsep dasar dari *link* adalah memusatkan kerusakan inelastis pada segmen balok yang pendek tersebut, sehingga komponen struktur utama lainnya seperti kolom dan bresing tetap berada pada kondisi elastis dan tidak mengalami kerusakan. Perilaku ini sangat penting untuk menjamin kinerja struktur tetap aman, stabil, dan dapat berfungsi kembali setelah gempa. Berdasarkan ketentuan SNI 1725:2019 Pasal 15.7, elemen balok penghubung (*link*) diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) jenis berdasarkan panjang relatifnya terhadap tinggi penampang, yaitu *Short Link* (*link* pendek) yang berperilaku geser dominan, *Intermediate Link* (*link* menengah) yang berperilaku kombinasi geser dan lentur, serta *Long Link* (*link* panjang) yang berperilaku lentur dominan. Pemilihan jenis *link* sangat berpengaruh terhadap daktilitas, kapasitas energi, dan mekanisme keruntuhan struktur secara keseluruhan yang diuraikan pada **Tabel 8.**



Gambar 5. (a) Portal SRBE, (b) Balok Link

Tabel 8. Perbedaan Kriteria 3 Jenis Balok *Link*

Kriteria	***Short Link*** **(*Link* Pendek)**	***Intermediate Link*** **(*Link* Menengah)**	***Long Link*** **(*Link* Panjang)**
Perilaku Dominan	**Geser murni** (leleh didominasi oleh gaya geser)	**Dominan geser** (kombinasi geser dan lentur, tetapi geser lebih dominan)	**Dominan lentur** (leleh didominasi oleh momen lentur)
Panjang Relatif (*e*)	Sangat Pendek	Sedang	Panjang
Kriteria Teknis	$e \leq 1{,}6\frac{M_P}{V_P}$	$1{,}6\frac{M_P}{V_P} < e < 2{,}6\frac{M_P}{V_P}$	$e \geq 2{,}6\frac{M_P}{V_P}$
Kekakuan dan Kekuatan	Cenderung memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik dalam menahan beban lateral (gempa) dibandingkan jenis *link* lain.	Berada diantara *Short Link* dan *Long Link*	Memiliki kekakuan yang lebih rendah dibanding short *link*.

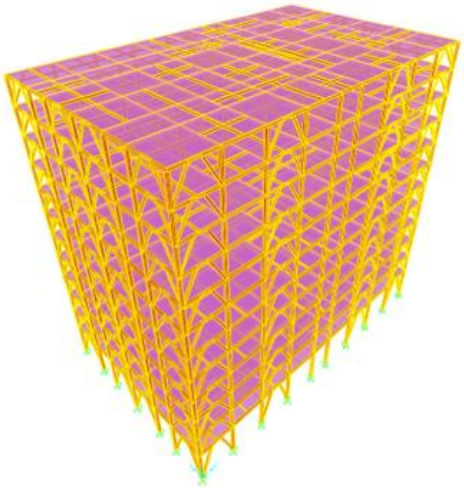
Daktilitas	Umumnya menunjukkan kinerja daktilitas yang paling efektif dan mekanisme keruntuhan yang dapat diprediksi dengan baik.	Daktilitasnya baik, tetapi tidak sebaik short *link*.	Daktilitasnya cenderung lebih rendah dibanding short *link*.

(Sumber: hasil penelitian)

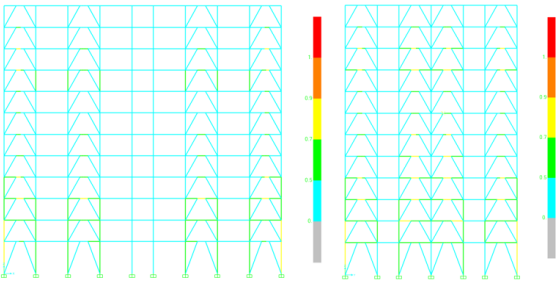
Dapat disimpulkan bahwa, *short link* bekerja paling efektif pada SRBE karena mampu memaksimalkan disipasi energi melalui mekanisme geser yang stabil dan terencana, menjadikannya pilihan yang lebih disukai dalam desain struktur tahan gempa modern. Klasifikasi ini penting dalam perencanaan struktur baja untuk memastikan bahwa kerusakan akibat gempa terjadi pada elemen *link* yang dirancang khusus sebagai "sekering", bukan pada kolom atau balok utama, atau bresing, sehingga integritas struktur secara keseluruhan tetap terjaga. Panjang balok link yang digunakan adalah 1,5 meter dengan pengaku (*stiffener*) berjarak 30 cm.

3.2 Analisis Struktur Gedung Baja

Analisis struktur gedung baja Sistem Rangka Bresing Eksentrik tipe *Split-K Braces* menggunakan program struktur SAP2000. Pemodelan 3D hasil luaran SAP ditampilkan pada **Gambar 7.** *Run Analyze* dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi, dan juga untuk mengetahui komponen struktur yang mengalami kegagalan (Gambar 8), serta untuk mengevaluasi kinerja struktur dalam menahan beban gempa dan beban lainnya. Dari analisis juga diperoleh nilai simpangan yang lebih akurat dan efisien dalam proses desain struktur gedung, dengan deformasi horizontal yang terjadi ditampilkan pada Gambar 9. Diagram nilai simpangan dan batas izin simpangan ditampilkan pada Gambar 10 dan Tabel 9.



Gambar 7. Pemodelan 3D Gedung



Gambar 8. Hasil Proses *Check of Structure* Arah x dan y
(Sumber : Hasil Penelitian)

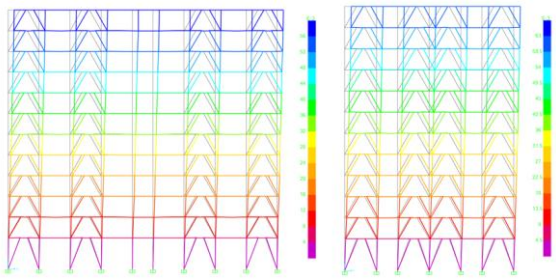
Warna biru pada elemen struktur balok dan kolom (Gambar 8) menunjukkan bahwa struktur gedung baja Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) tipe *Split-K Braces* mampu menahan beban dan memiliki ukuran link yang sesuai dengan perencanaan. SRBE adalah suatu sistem struktur yang dirancang untuk menahan beban gempa dengan cara menyerap energi gempa melalui deformasi plastis pada link. Link dirancang sebagai elemen yang leleh pertama kali, terbukti mampu menahan gaya yang terjadi dan melindungi elemen lainnya seperti kolom, balok dan bresing dari kerusakan.

Hal ini membuktikan bahwa perencanaan struktur telah sesuai dengan konsep desain yang diinginkan, yaitu link sebagai elemen yang menyerap energi gempa dan melindungi elemen lainnya, sehingga struktur gedung baja tersebut memiliki kinerja yang baik dalam menahan beban gempa. Dengan demikian, struktur gedung baja tersebut dapat dikatakan memiliki tingkat keamanan yang tinggi dalam menahan gaya gempa dan melindungi penghuni gedung.

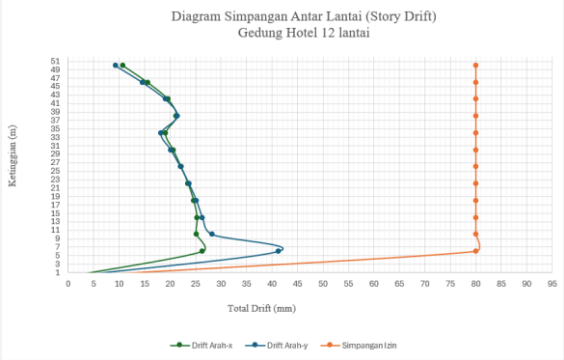
SRBE tipe *Split-K* memiliki kelebihan dalam hal kemampuan menyerap energi gempa yang lebih baik dibandingkan dengan sistem struktur lainnya. Hal ini karena link pada SRBE tipe *Split-K* dirancang untuk mengalami deformasi plastis yang lebih besar, sehingga dapat menyerap energi gempa yang lebih besar. Dengan demikian, SRBE tipe *Split-K* dapat menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan sebagai sistem struktur pada gedung-gedung yang berada di daerah rawan gempa. Namun, perlu diingat bahwa perencanaan dan pelaksanaan SRBE tipe *Split-K* harus dilakukan dengan teliti dan sesuai dengan standar

ISSN 2337-6317 (PRINT); ISSN 2615-0824 (ONLINE)

yang berlaku untuk memastikan keamanan dan kinerja struktur yang optimal.
Dari analisis juga diperoleh nilai simpangan yang lebih akurat dan efisien dalam proses desain struktur gedung, dengan deformasi horizontal yang terjadi ditampilkan pada **Gambar 9**. Diagram nilai simpangan dan batas izin simpangan ditampilkan pada **Gambar 10 dan Tabel 9.**



Gambar 9. Kontur Simpangan Lateral Struktur Gedung Hotel 12 Lantai dengan SRBE Tipe Split-K Braces Akibat Beban Gempa Rencana (Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 10. Diagram Simpangan Antar Lantai Story Drift Gedung Hotel 12 Lantai dengan SRBE Tipe *Split-K Braces* (*Story Drift)* (Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 9. Nilai Simpangan Antar Lantai Pada SRBE Tipe *Split-K Braces*

Lantai	hsx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	Keterangan
Atap	4000	63,57	67,43	10,80	9,31	80	Aman
12	4000	60,87	65,10	15,65	14,62	80	Aman
11	4000	56,96	61,45	19,63	19,10	80	Aman
10	4000	52,05	56,67	21,25	21,44	80	Aman
9	4000	46,74	51,31	19,13	18,23	80	Aman
8	4000	41,96	46,75	20,63	20,18	80	Aman
7	4000	36,80	41,71	22,19	22,06	80	Aman
6	4000	31,25	36,19	23,57	23,74	80	Aman
5	4000	25,36	30,26	24,65	25,19	80	Aman
4	4000	19,20	23,96	25,30	26,37	80	Aman
3	4000	12,87	17,37	25,13	28,23	80	Aman
2	6000	6,59	10,31	26,39	41,26	80	Aman
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	Aman

(Sumber: hasil penelitian)

Grafik kontur simpangan pada Gambar 9 menyajikan distribusi deformasi lateral keseluruhan struktur Gedung Hotel 12 Lantai dengan Sistem Rangka Baja Eksentris Tipe *Split-K Braces* akibat beban gempa rencana. Penyajian dalam bentuk kontur warna dari biru hingga merah bertujuan untuk menggambarkan pola dan besarnya simpangan yang terjadi pada setiap bagian struktur secara kualitatif. Perlu ditegaskan bahwa **Gambar 9** tidak secara langsung menunjukkan tingkat kekuatan, keberhasilan, maupun kegagalan struktur. Gambar ini hanya berfungsi untuk memberikan gambaran visual mengenai bentuk deformasi global dan untuk mengidentifikasi lokasi terjadinya simpangan maksimum. Keterbatasan dari Gambar 9 terletak pada sifatnya yang hanya bersifat kualitatif dan tidak memuat informasi mengenai apakah nilai simpangan yang terjadi telah memenuhi batas izin atau belum. Oleh karena itu evaluasi mengenai keamanan dan pemenuhan kriteria kinerja struktur tetap harus dilakukan dengan membandingkan hasil numerik simpangan antarlantai terhadap batas izin yang disyaratkan dalam peraturan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 9. Dengan demikian, Gambar 9 digunakan sebagai verifikasi awal untuk memastikan bahwa pola deformasi yang terjadi berlangsung secara wajar, simetris, dan tidak mengindikasikan adanya mekanisme keruntuhan lokal atau ketidakberaturan respon struktur.

Diagram Simpangan Antarlantai pada Gambar 10 digunakan untuk mengevaluasi kinerja batas layan struktur dengan meninjau besarnya pergeseran relatif antarlantai pada arah X dan arah Y. Diagram ini menggambarkan hubungan antara elevasi lantai dengan besar simpangan yang terjadi, serta membandingkannya langsung terhadap batas izin simpangan yang disyaratkan dalam SNI 1726-2019. Tujuan utama penyajian diagram ini adalah untuk mengidentifikasi lantai kritis yang mengalami simpangan terbesar dan untuk memastikan bahwa kekakuan struktur telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Pengendalian simpangan antar lantai sangat penting karena simpangan yang melebihi

batas dapat menyebabkan kerusakan pada elemen non-struktural seperti dinding pengisi, serta mengganggu fungsi bangunan setelah terjadi gempa.

Tabel 9 memuat data numerik rinci mengenai nilai simpangan antar lantai pada setiap tingkat untuk struktur dengan SRBE Tipe *Split-K Braces*. Berdasarkan data pada tabel, simpangan total arah X dan Y meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian bangunan, dengan nilai maksimum terjadi pada atap sebesar δx = 65,57 mm dan δy = 67,43 mm. Simpangan antarlantai Δx dan Δy menunjukkan pola berbeda, dimana nilai terbesar tidak terjadi pada lantai teratas melainkan pada lantai tengah hingga bawah. Simpangan antarlantai maksimum terjadi pada Lantai 2 arah Y dengan nilai Δy = 41,26 mm, dan pada Lantai 2 arah X dengan nilai Δx = 26,39 mm. Untuk lantai 3 sampai dengan atap dengan tinggi antarlantai 4000 mm, batas izin simpangan Δa yang disyaratkan adalah 80 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh nilai simpangan antar lantai pada setiap tingkat masih berada jauh di bawah batas izin tersebut. Sebagai contoh, pada Lantai 4 nilai Δx = 25,30 mm dan Δy = 26,37 mm, sedangkan pada Lantai 10 nilai Δx = 21,25 mm dan Δy = 21,44 mm. Dengan demikian, seluruh lantai memperoleh keterangan "aman" sesuai kriteria SNI.

Secara keseluruhan, ketiga sajian data tersebut saling melengkapi dalam memverifikasi kinerja struktur terhadap parameter simpangan. Kontur pada Gambar 9 memberikan tinjauan visual global terkait pola deformasi, diagram pada Gambar 10 menunjukkan tren simpangan antar lantai dan perbandingannya dengan batas izin, sedangkan Tabel 9 menyajikan bukti numerik pada tiap lantai. Berdasarkan hasil analisis, nilai simpangan antar lantai maksimum sebesar 41,26 mm masih jauh di bawah batas izin 80 mm untuk tinggi lantai 4 meter sesuai SNI 1726-2019. Hal ini menunjukkan bahwa struktur Gedung Hotel 12 Lantai dengan SRBE Tipe Split-K Braces memiliki kekakuan lateral yang cukup dan memenuhi persyaratan kinerja batas layan, sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur dinyatakan aman terhadap beban gempa rencana tanpa menimbulkan kerusakan berlebihan pada elemen struktural maupun non-struktural.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan perencanaan struktur baja Hotel "Nawasena Suites" 12 lantai dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik tipe *Split-K* Braces menggunakan SAP2000, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Kinerja struktur gedung dengan SRBE *Split K-Braces* dinyatakan baik terhadap beban gempa. Hal ini dibuktikan dengan hasil *Check of Structure* dari SAP2000 yang menunjukkan seluruh elemen balok, kolom, dan bresing berwarna biru. Hal tersebut mengindikasikan bahwa struktur mampu menahan beban gempa dan memiliki ukuran profil yang sesuai dengan perencanaan. Mekanisme pelelehan terjadi pada elemen balok *link* terlebih dahulu sesuai konsep desain, sehingga elemen utama seperti kolom, balok, dan bresing tetap berada pada kondisi elastis dan terlindungi dari kerusakan.

Nilai simpangan total dan *story drift* memenuhi batas izin SNI 1726:2019. Berdasarkan hasil analisis, simpangan total maksimum terjadi di lantai atap dengan nilai δx sebesar 63,57 mm dan δy sebesar 67,43 mm. Simpangan antar lantai maksimum terjadi pada Lantai 2 dengan Δx = 26,39 mm dan Δy = 41,26 mm. Seluruh nilai simpangan desain Δ tersebut berada di bawah batas izin Δa, yaitu 80 mm untuk tinggi lantai 4000 mm dan 120 mm untuk tinggi lantai 6000 mm. Dengan demikian, struktur dinyatakan aman dan memenuhi kriteria kinerja batas layan.

Penggunaan elemen balok *link* pada SRBE Split K-Braces efektif dalam meningkatkan daktilitas dan keamanan struktur. Balok *Link* dengan panjang 1,5 meter berfungsi sebagai "sekering" yang menyerap energi gempa melalui deformasi plastis. Hal ini membuktikan bahwa perencanaan sesuai dengan konsep SRBE, yaitu kerusakan akibat gempa terjadi pada elemen link yang dirancang khusus, bukan pada kolom atau bresing utama. Dengan demikian, SRBE tipe Split-K dapat dijadikan alternatif sistem penahan gempa yang efisien dimana hal ini menunjukkan efisiensi kinerja struktur dari aspek simpangan yang memenuhi batas izin. Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1.1, batas simpangan antar lantai izin adalah Δa = 0,020 hsx untuk struktur Kategori Risiko II - IV. Dengan demikian untuk tinggi lantai 4000 mm diperoleh Δa = 0,020 x 4000 = 80 mm. Sementara hasil analisis menunjukkan simpangan antar lantai maksimum yang terjadi sebesar 41,26 mm. Dengan demikian, SRBE tipe Split-K dapat dijadikan alternatif sistem penahan gempa yang memenuhi kriteria kinerja dengan simpangan hanya 51,5% dari batas izin SNI 1726:2019 untuk Gedung Hotel Nawasena Suites di Kota Padang zona gempa tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Dian, N., Wardi, & Rudy, R. (2023). Perencanaan struktur gedung hotel di Kota Padang Sumatera Barat. E-Jurnal Bung Hatta, 1(1), 1–12.

https://ejurnal.bunghatta.ac.id/index.php/Jftsp/article/view/24257

Engelhardt, M. D., Popov, E. P., & Kasai, K. (1978). *Advances in design of eccentrically braced frames*. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, *6*(4), 327–347. https://doi.org/10.1193/1.1585418

Fitriyah, L., Suprobo, P., & Wahyuni, E. (2017). Modifikasi desain struktur gedung Hotel *Holiday Inn Express* Surabaya dengan menggunakan sistem rangka bresing eksentrik. Jurnal Teknik ITS, 6(2), D267–D272.

Hakimah, N. (2021). Modifikasi struktur dan metode pelaksanaan gedung The Ahmad Dahlan Plaza Surabaya dengan konstruksi baja sistem rangka bresing eksentris *(SRBE)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Panjaitan, A. K., & Priantoro, S. M. (2018). Perbandingan bresing X-1 dan X-2 pada gedung struktur baja ditinjau dari nilai drift. Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi, 6(1), 76–85. https://doi.org/10.30742/axial.v6i1.476

Popov, E., & Engelhardt, M. D. (1987). A*dvances in design of eccentrically braced frames*. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, *20*(2), 97–109.

Raharjo, D. (2021). Analisis Struktur Baja 8 Lantai dengan Sistem SRBE Tipe K-Braces. *J*urnal Teknik Sipil Universitas Indonesia, 28(2), 112–125.

Sabelli, Rafael Hohler, M. S. (2003). *Steel Tips: Eccentric Braced Frames*. Jurnal: Engineering Structures, *Vol. 25,*.

Salmon, Charles G. Johnson, J. E. (1996). *Steel Structures: Design and Behavior* (4th ed.). HarperCollins College Publishers.

Trisya, D. S., & Khatulistiani, U. (2022). Perencanaan struktur baja gedung hotel Ellysa 10 lantai di Yogyakarta menggunakan sistem rangka *bresing* eksentrik (SRBE) konfigurasi Split-K. Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi, 10(3), 631–642. https://doi.org/10.30742/axial.v10i3.2631