



**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS MENGGUNAKAN KONSEP
TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM *STRONG COLUMN WEAK BEAM* PADA
BANGUNAN RUSUNAWA KOTA KEDIRI**

***THE SUPER STRUCTURE REDESIGN OF FLATS CONSTRUCTION KEDIRI
USING EARTHQUAKE RESISTANCE CONCEPT WITH STRONG COLUMN WEAK
BEAM SYSTEM***

Aditya Purnama, S.ST., M.T.

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung

Jalan Kimangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

Email: purnamaaditya126@gmail.com

ABSTRACT

Geologically, Indonesia is located in the Pacific Ring of Fire, which is a series of the most active volcanoes in the world that stretches along the Pacific plate. Because of this, geological disasters often hit Indonesia, both from earthquakes and volcanic eruptions. Therefore, it is necessary to redesign the superstructure using the concept of earthquake resistance with a strong column weak beam system in the Rusunawa building in the Kediri city.

Redesign of rusunawa building in the Kediri city using a special moment reinforced concrete frame system that refers to the SNI 1726:2012 earthquake regulation and applying a strong column weak beam system so that the building can withstand an earthquake well.

The result of this redesign is that the building is able to withstand earthquake loads according to the earthquake regulations of SNI 1726:2012 and applies the strong column weak beam system properly, by making changes to the beam and column structure design in the Rusunawa building in the Kediri city.

Keywords: *earthquake, earthquake resistance, SNI 1726:2012, strong column weak beam*

ABSTRAK

Secara geologis, Indonesia berada pada Daerah Cincin Api Pasifik (Pasifik Ring of Fire), yaitu rangkaian gunung berapi paling aktif di dunia yang membentang di sepanjang lempeng pasifik. Inilah penyebab bencana geologis sering melanda Indonesia, baik dari gempa bumi maupun letusan gunung berapi. Maka dari itu perlunya melakukan perencanaan ulang struktur atas menggunakan konsep tahan gempa dengan sistem strong column weak beam pada bangunan rusunawa kota kediri.

Perencanaan ulang bangunan rusunawa kota kediri yang menggunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus yang mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012 dan menerapkan sistem strong column weak beam agar bangunan gedung mampu bertahan dengan baik ketika terjadi gempa bumi.

Hasil dari perencanaan ulang ini bangunan mampu menahan beban gempa sesuai peraturan gempa SNI 1726:2012 dan menerapkan sistem strong column weak beam dengan baik, dengan melakukan perubahan desain struktur balok dan kolom pada bangunan rusunawa kota kediri.

Kata kunci: gempa bumi, tahan gempa, SNI 1726:2012, strong column weak beam

PENDAHULUAN

Secara geologis, Indonesia berada pada Daerah Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*), yaitu rangkaian gunung berapi paling aktif di dunia yang membentang di sepanjang lempeng pasifik. Indonesia juga berada pada posisi pertemuan antara tiga lempeng utama dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Inilah penyebab bencana geologis sering melanda Indonesia, baik dari gempa bumi maupun letusan gunung berapi.

Gambaran singkat tentang bencana tersebut menjelaskan bahwa Indonesia memiliki potensi bencana alam yang cukup tinggi sehingga diperlukan upaya antisipasi berupa

pemenuhan kaidah-kaidah perencanaan/pelaksanaan sistem struktur tahan gempa pada bangunan gedung.

Dengan dipenuhinya kaidah-kaidah perencanaan bangunan sesuai dengan standar yang ditentukan, maka semakin banyak peluang masyarakat dapat meminimalkan kerugian yang diakibatkan terjadinya bencana alam gempa bumi.

Untuk itu, kami akan membahas tentang Perencanaan Ulang Struktur Atas Menggunakan Konsep Tahan Gempa dengan Sistem *Strong Colum Weak Beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri.

Berdasarkan pada latar belakang di atas maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut: bagaimana analisis struktur atas menggunakan konsep tahan gempa pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri, bagaimana perencanaan beton bertulang dengan sistem *strong column weak beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri, bagaimana perbandingan hasil perencanaan beton bertulang terhadap kondisi *existing* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri.

Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut: peraturan pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain, peraturan gempa menggunakan SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, perencanaan beton bertulang menggunakan SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung yang mengacu pada ACI 318-11 *Building Code Requirements for Structural Concrete*, analisa statika menggunakan model 3D dengan program Midas Gen 2019, perencanaan beton bertulang membahas pada perencanaan balok dan kolom.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: mengetahui analisis struktur atas menggunakan konsep tahan gempa pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri, mengetahui perencanaan beton bertulang dengan sistem *strong column weak beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri, mengetahui perbandingan hasil perencanaan beton bertulang terhadap kondisi *existing* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri.

METODE PENELITIAN

Tahapan pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai langkah-langkah penelitian secara sistematis supaya proses penelitian dapat berjalan dengan teratur dan sesuai dengan peraturan struktur beton bertulang SNI 2847:2013 dan peraturan gempa SNI 1726:2012.

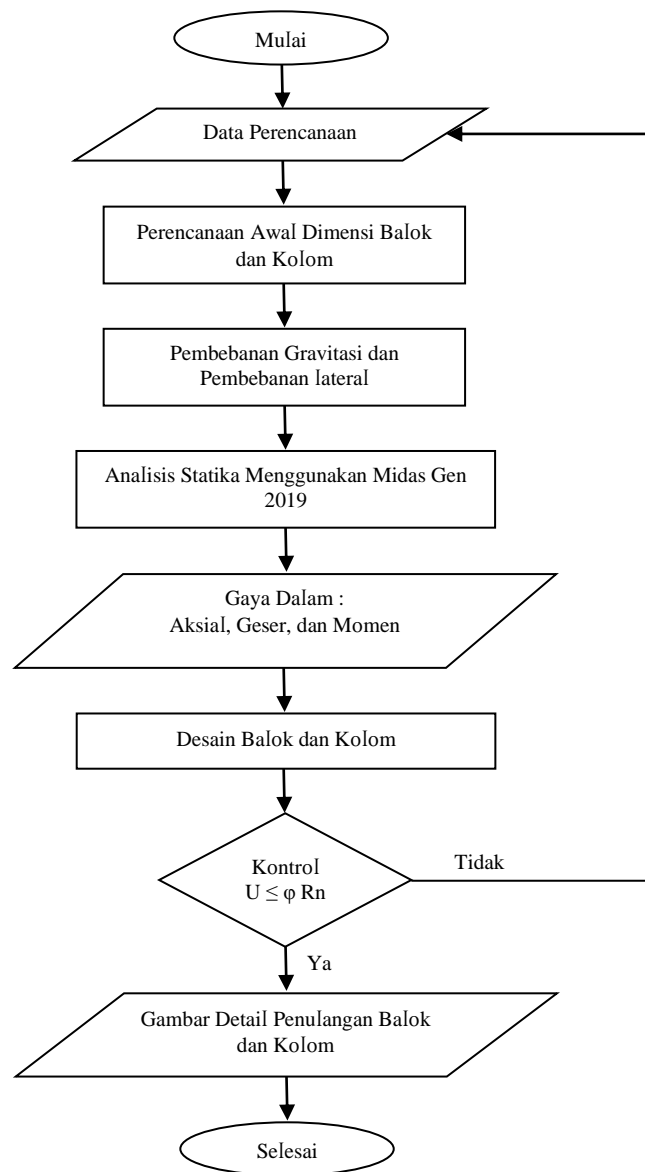
Perencanaan ulang pada penelitian ini tulangan utama yang dipakai direncanakan menggunakan tulangan *deform* yaitu tulangan yang memiliki bentuk permukaan tidak halus (bergerigi dan berulir) yang diharapkan mampu memiliki daya lekat yang baik terhadap beton bila dibandingkan dengan tulangan yang polos. Mutu bahan yang digunakan pada perencanaan ini antara lain: mutu beton (f_c') menggunakan K350 (29.1 MPa), mutu tulangan polos (f_y) menggunakan 240 MPa, mutu tulangan ulir (f_y) menggunakan 390 MPa.

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan Bangunan Rusunawa Kota Kediri secara garis besar adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Perencanaan ini meninjau pengaruh gempa dengan dua metode untuk kemudian dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dan dicari kondisi paling kritis.

Metode tersebut yang pertama ialah beban gempa ditinjau sebagai beban statik, sehingga digunakan model perhitungan beban gempa secara statik ekuivalen, cara ini dapat dilakukan karena bentuk bangunan beraturan dan simetris.

Metode yang kedua ialah beban gempa ditinjau sebagai beban dinamis, dimana metode ini digunakan untuk mengetahui perilaku bangunan ketika sebuah gempa terjadi, karena metode ini akan memberikan beban gempa secara dinamis baik arah X, Y, bahkan putaran, dengan metode ini perilaku bangunan ketika menerima beban gempa akan lebih bisa untuk diketahui. Untuk mendapatkan nilai respons spectrum, faktor angka tertentu, dan peta gempa pada perencanaan ini menggunakan peraturan gempa SNI 1726:2012.

Perhitungan analisis untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur bangunan digunakan program Midas Gen 2019. Prinsip dasar yang digunakan untuk melakukan perencanaan desain penampang beton bertulang pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri adalah dengan menggunakan metode kekuatan (strength design method) yaitu : $U \leq \phi R_n$ dan sistem *strong column weak beam* dimana kapasitas kolom harus lebih besar dari kapasitas balok ($\phi R_{n_c} > \phi R_{n_b}$). Hasil perhitungan perencanaan yang telah dikontrol perhitungannya akan dituangkan ke dalam bentuk gambar detail penulangan. Bagan alur perencanaan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur perencanaan

Prinsip Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Praja (2020) menyatakan, merencanakan sebuah bangunan baik itu yang difungsikan untuk kegiatan bisnis, tempat tinggal, maupun fungsi khusus, harus direncanakan mengikuti standar yang berlaku. Perencanaan ini bertujuan untuk memperkecil risiko kegagalan pada struktur bangunan, mengingat letak Indonesia yang berada di Kawasan Cincin Api Pasifik (*Pasifik Ring of Fire*).

Beberapa prinsip perencanaan bangunan tahan gempa yang harus diperhatikan, antara lain:

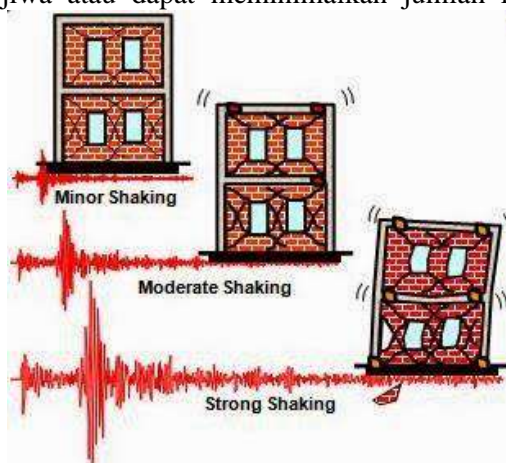
1. Sistem struktur yang digunakan perencanaan harus sesuai dengan tingkat kerawanan (resiko gempa) dimana bangunan tersebut didirikan.
2. Pendetailan penulangan, sambungan-sambungan, unsur-unsur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan dan sesuai standar yang telah ditentukan.
3. Material beton dan baja harus memenuhi syarat peraturan bangunan tahan gempa.
4. Unsur-unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem struktur utama.
5. Karakteristik suatu bangunan sangat berpengaruh terhadap gaya gempa yang akan diterima bangunan. Bentuk denah bangunan yang simetris dan tidak terlalu panjang dapat mengurangi beban gempa yang diterima bangunan, selain itu massa bangunan diupayakan dibuat seringan mungkin.

Konsep Desain Bangunan Tahan Gempa.

Kriteria bangunan tahan gempa disyaratkan dapat menahan beban gempa 2500 tahunan sesuai peraturan gempa SNI 1726:2012. Selain itu material beton dan baja tulangan juga sangat mempengaruhi kualitas struktur yang dihasilkan. Salah satu parameter beton yang sangat berpengaruh adalah kuat tekan beton.

Purwono (2005) Menyatakan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan-peraturan dalam merencanakan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalkan kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi. Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah bangunan mengalami keruntuhan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

1. Pada saat terjadi gempa ringan (*Minor Shaking*), struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*servicable*), maka dari itu struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa sedang (*Moderate Shaking*), struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural bagnunan, namun tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural bangunan.
3. Pada saat terjadi gempa besar (*Strong Shaking*), diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, akan tetapi tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh, walaupun bangunan runtuh harus memberikan waktu yang cukup pada penghuni bangunan tersebut untuk menyelamatkan diri sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.



Gambar 2. Filosofi dan Konsep Dasar Perencanaan Bangunan Tahan Gempa
(Sumber : Akbar 2019)

Struktur yang direncanakan diharapkan mampu bertahan oleh beban bolak-balik yang diakibatkan oleh gempa memasuki perilaku inelastik tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Maka dari itu, selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk kemampuan berdeformasi secara inelastis. Kemampuan ini yang disebut sebagai kemampuan daktilitas struktur.

Pengertian daktilitas secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu elemen struktur untuk berdeformasi baik rotasi maupun translasi pada saat menyerap energi dari luar sistem tanpa mengalami kegagalan/putus. Supaya lebih jelas, daktilitas akan dijelaskan pada uraian di bawah ini:

1. Daktilitas Material

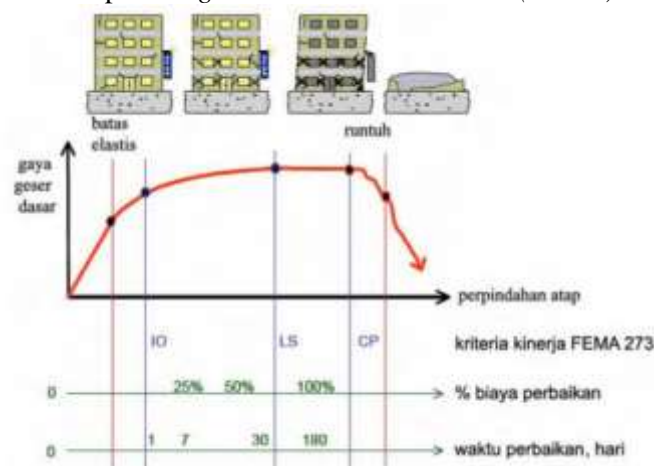
Kemampuan suatu material baik baja, beton, maupun kayu dalam mengembangkan regangannya dari pertama kali leleh hingga akhirnya putus merupakan pengertian dari daktilitas material. Daktilitas bisa juga kita artikan dengan seberapa plastis material tersebut. Semakin panjang suatu material dapat mengalami regangan setelah melewati batas elastisitasnya (plastis), maka semakin daktail material tersebut.

2. Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur dapat diartikan sebagai kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap dapat berdiri, walaupun bangunan tersebut sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

Daktilitas inilah yang merupakan dasar dari perencanaan bangunan tahan gempa. lebih tepatnya adalah, sambungan balok ke kolom inilah yang direncanakan sebagai elemen struktur yang mengalami leleh (kondisi plastis) ketika struktur balok menyerap energi gempa. Maka dari itu struktur kolom harus direncanakan lebih kuat dari pada struktur balok. Semakin daktail suatu struktur, maka kekuatan ultimate dari struktur tersebut semakin tinggi dan kemampuan berdeformasinya semakin besar.

Namun yang perlu diperhatikan ialah, seberapa besar kemampuan struktur tersebut dalam memikul beban tambahan setelah mengalami leleh pertama kali dan akhirnya putus. Struktur tahan gempa yang baik adalah struktur dengan kemampuan daktilitas yang tinggi agar dapat memberikan tanda-tanda kerusakan pada bangunan ketika gempa terjadi sehingga tersedia banyak waktu untuk menyelamatkan diri sebelum akhirnya keruntuhan terjadi. Maka dari itulah struktur balok direncanakan agar mengalami leleh terlebih dahulu daripada kolom sesuai konsep *Strong Column and Weak Beam (SCWB)*.



Gambar 3. Kemampuan daktilitas struktur bangunan dalam menerima beban gempa (Sumber : FEMA 273, 1997)

Metode Penerapan *System Strong Column Weak Beam (SCWB)* pada Struktur Bangunan.

Praja (2020) menyatakan, terdapat beberapa metode penerapan sistem SCWB (*Strong Column and Weak Beam*) pada struktur bangunan. Adapun metode yang dapat digunakan adalah sebagai berikut.

Pertama, dalam perencanaan struktur bangunan gedung, dimensi kolom harus direncanakan lebih besar perbandingannya terhadap dimensi balok. Metode ini merupakan prinsip dasar perencanaan mengenai estimasi dimensi dalam *preliminary analysis*.

Kedua, desain kapasitas kolom harus lebih besar dari kapasitas balok, hal ini akan membuat bangunan tetap berdiri meskipun balok sudah mengalami sendi plastis sehingga penghuni masih memiliki waktu yang cukup untuk menyelamatkan diri meskipun gempa besar terjadi.

HASI DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan Awa dan Dimensi Struktur

Perencanaan struktur bangunan gedung harus kuat dan aman, selain itu juga harus berdasarkan berdasarkan kebutuhan tata ruang dan desain secara arsitektural. Hal ini dilakukan supaya antara elemen struktur yang direncanakan dan fungsinya bisa sesuai. Oleh karena itu dimensi setiap elemen struktur yang ditaksir harus sama dengan kebutuhan desain bangunan tersebut.

- Dimensi Balok
 - Balok B1 = 30/55 cm
 - Balok B2 = 35/45 cm
 - Balok B3 = 35/45 cm
 - Balok B4 = 25/45 cm
 - Balok B5 = 25/45 cm
 - Balok B5' = 25/45 cm
 - Balok B6 = 30/60 cm
 - Balok CG = 30/45 cm
 - Balok BC = 20/35 cm
 - Balok RB1 = 25/40 cm
 - Balok RB2 = 25/40 cm
 - Balok RB3 = 15/30 cm
 - Balok Bl = 15/50 cm
- Dimensi Kolom
 - Kolom K1 = 40/55 cm
 - Kolom K2 = 40/55 cm
 - Kolom K3 = 40/55 cm
 - Kolom K4 = 30/50 cm
 - Kolom KP2 = 25/25 cm

Perhitungan Response Spectrum Design

Berdasarkan peraturan gempa SNI 1726:2012 nilai response spectrum design gempa tidak lagi mengikuti peraturan lama pada SNI 1726:2002, sehingga besaran nilainya harus dicari terlebih dahulu. Tahapan perhitungan untuk mendapat nilai respons spectrum design gempa adalah sebagai berikut:

- a. Mencari parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}), dengan asumsi nilai F_a dan F_v diambil dari kelas situs SE.

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s = 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 = 2,4 \cdot 0,4 = 0,96$$
- b. Menghitung parameter percepatan desain spektrum respon untuk periode pendek, S_{ds} dan periode 1 detik (S_{d1}).

$$S_{ds} = 2/3 \cdot S_{ms} = 2/3 \cdot 0,9 = 0,6$$

$$S_{d1} = 2/3 \cdot S_{m1} = 2/3 \cdot 0,96 = 0,64$$

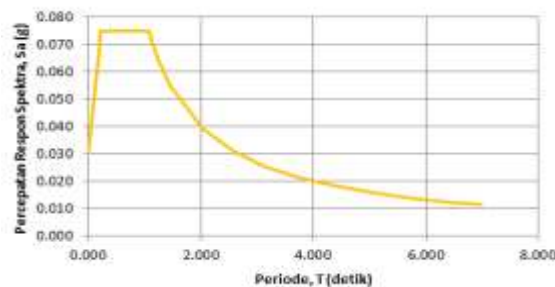
- c. I_e digunakan 1 karena termasuk bangunan apartemen dengan faktor resiko keutamaan gempa kategori II.
- d. R digunakan 8 karena sistem rangka pemikul momen yang digunakan menggunakan rangka beton bertulang pemikul momen khusus.
- e. Membuat desain spektrum respon
 1. Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T_0 ($T < T_0$), nilai S_a menggunakan persamaan berikut:

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$), spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{ds} .
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , desain spektrum respon percepatan S_a diambil menggunakan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} ; T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} ; T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}}$$

Desain spektrum respon pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:

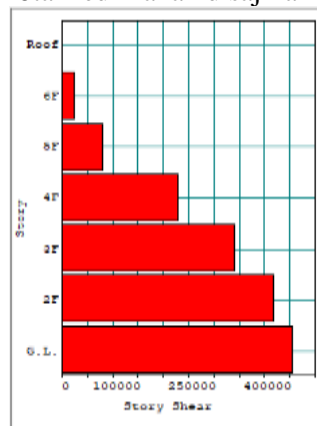


Gambar 4. Desain spektrum respon pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

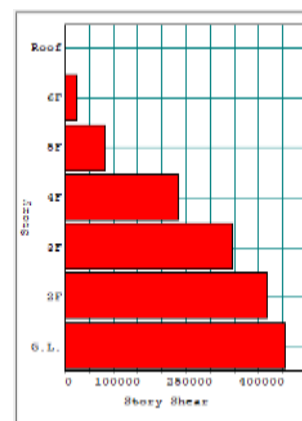
Beban Geser Dasar Seismik Statik Ekuivalen

Perhitungan beban geser dasar seismik dilakukan dengan melakukan kombinasi pada empat arah utama, yaitu: arah X positif (EI-XP), arah X negatif (EI-XN), arah Y positif (EI-YP), dan arah Y negatif (EI-YN). Setiap pembebanan gempa arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus arah utama dengan pengaruh efektifitas 30%.

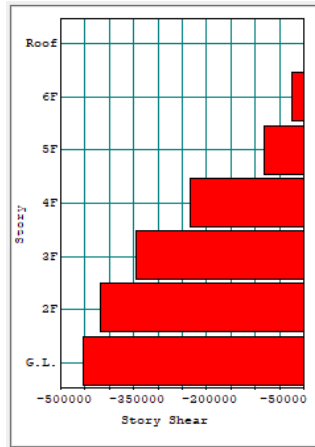
Perhitungan beban geser dasar seismik pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dilakukan menggunakan program komputer Midas Gen 2019 yang menggunakan standar IBC 2009 yang menupakan acuan dari SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Adapun perhitungan beban geser dasar sismik pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri akan disajikan dalam bentuk gambar berikut.



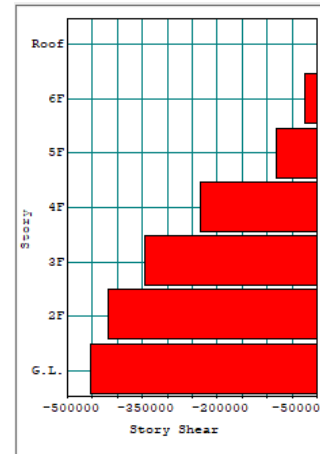
Gambar 5. Beban geser dasar seismik (EI-XP), kg



Gambar 6. Beban geser dasar seismik (EI-YP), kg



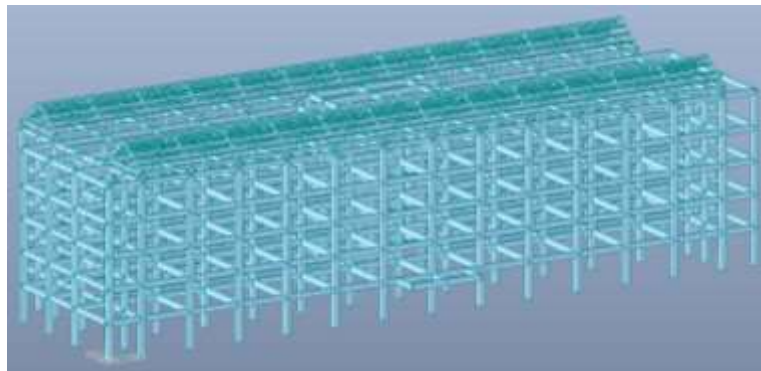
Gambar 7. Beban geser dasar seismik (EI-XN), kg



Gambar 8. Beban geser dasar seismik (EI-YN), kg

Pemodelan Struktur 3D

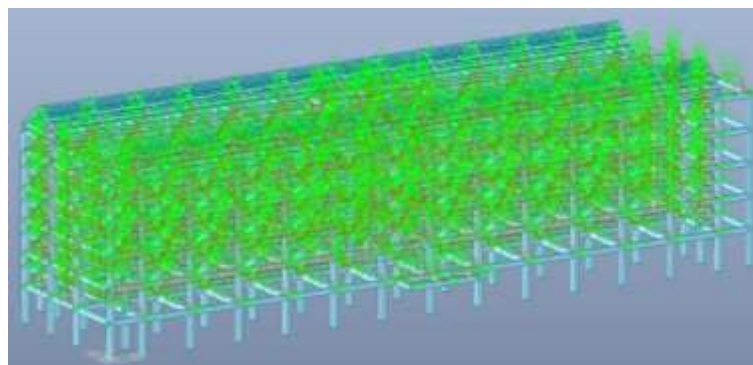
Pemodelan struktur pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dilakukan dengan model 3D dengan menggunakan program Midas Gen 2019.



Gambar 9. Pemodelan struktur 3D Bangunan Rusunawa Kota Kediri

Beban Mati Bangunan (DL)

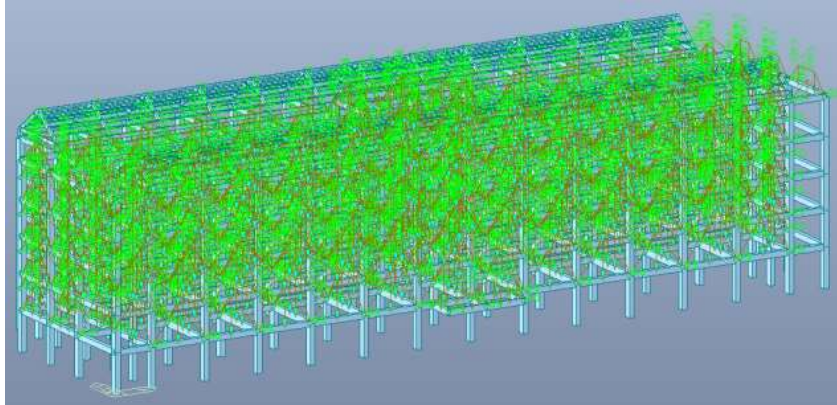
Beban mati pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri terdiri dari: berat sendiri dari struktur tersebut, beban dinding, beban keramik, beban plafon dan penggantung plafon.



Gambar 10. Beban mati pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

Beban Hidup Bangunan (LL)

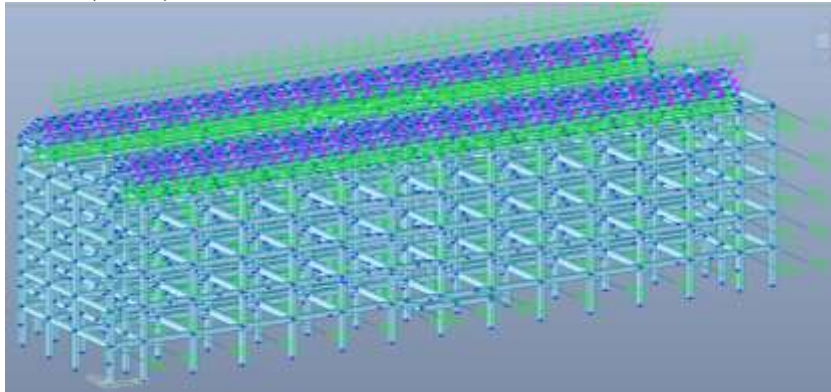
Beban hidup pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain, dimana acuan pembebanan menggunakan beban rumah tinggal apartemen.



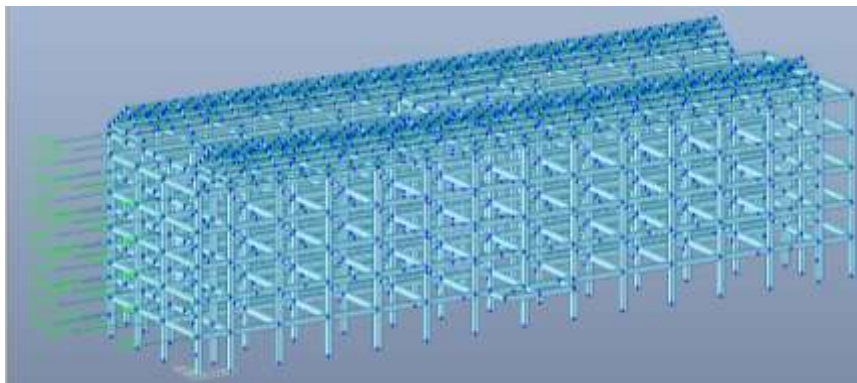
Gambar 11. Beban hidup pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

Beban Angin pada Bangunan (WL)

Beban angin pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lain. Beban angin pada bangunan ini terdiri dari dua model pembebanan, beban angin arah Y (Wl-Y) dan beban angina arah X (Wl-X).



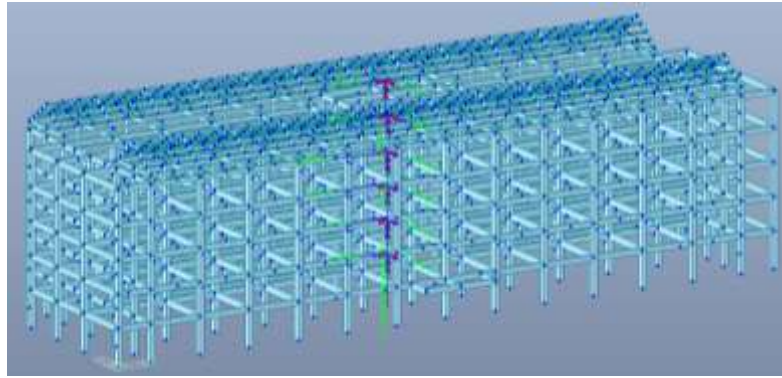
Gambar 12. Beban angin arah Y (Wl-Y) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri



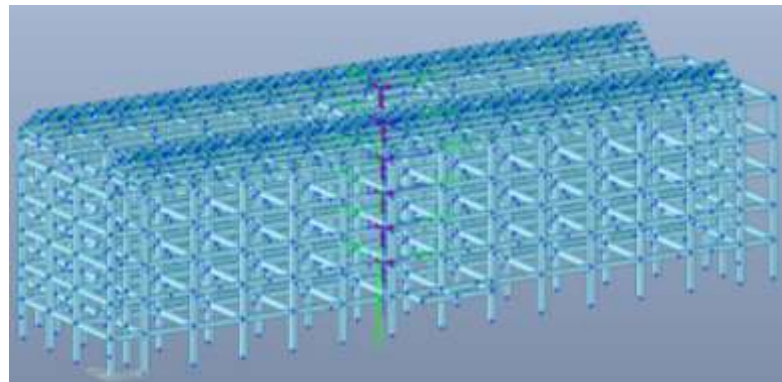
Gambar 13. Beban angin arah X (Wl-X) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

Distribusi Gaya Gempa Lateral pada Bangunan (EL)

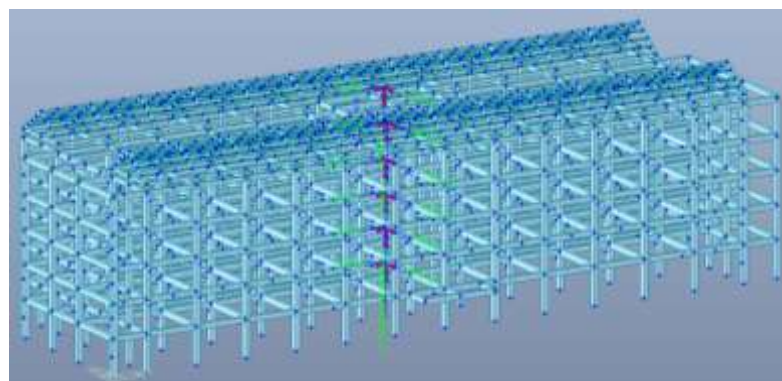
Gaya gempa lateral statik ekuivalen pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Beban gempa statik ekuivalen pada bangunan ini terdiri dari empat model pembebanan, yaitu: beban gempa arah X positif (El-XP), beban gempa arah X negatif (El-XN), beban gempa arah Y positif (El-YP), dan beban gempa arah Y negatif (El-YN).



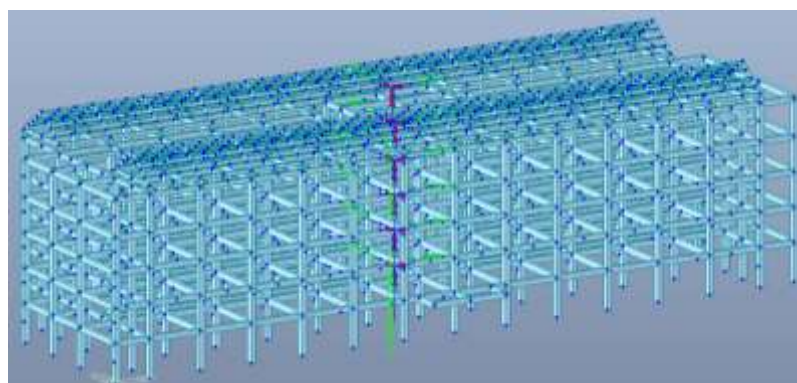
Gambar 14. Beban gempa arah X positif (El-XP) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri



Gambar 15. Beban gempa arah X negatif (El-XN) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri



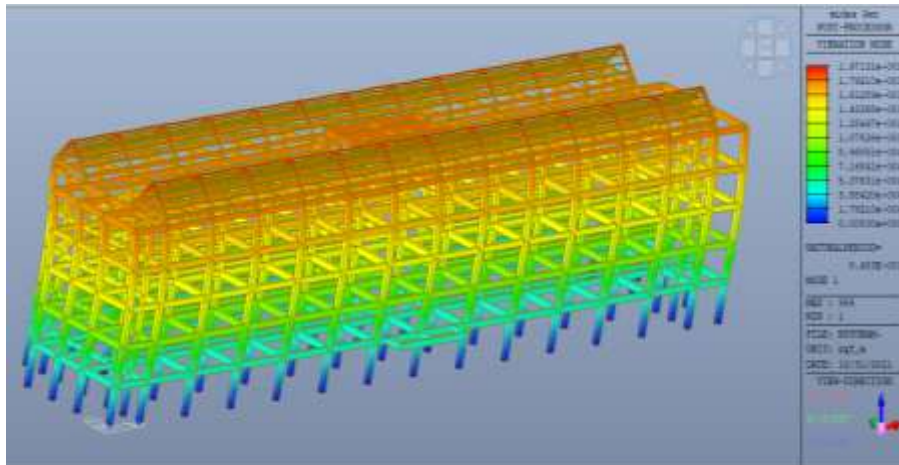
Gambar 16. Beban gempa arah Y positif (El-YP) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri



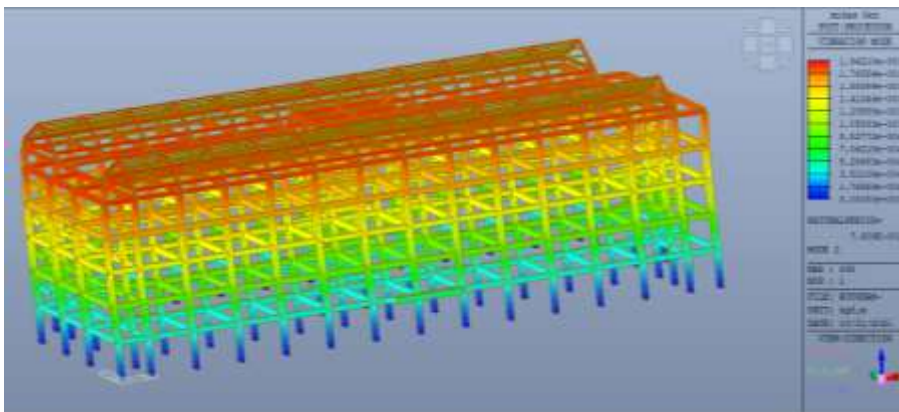
Gambar 17. Beban gempa arah Y negatif (El-YN) pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

Mode Shape Akibat Beban Dinamis Response Spectrum

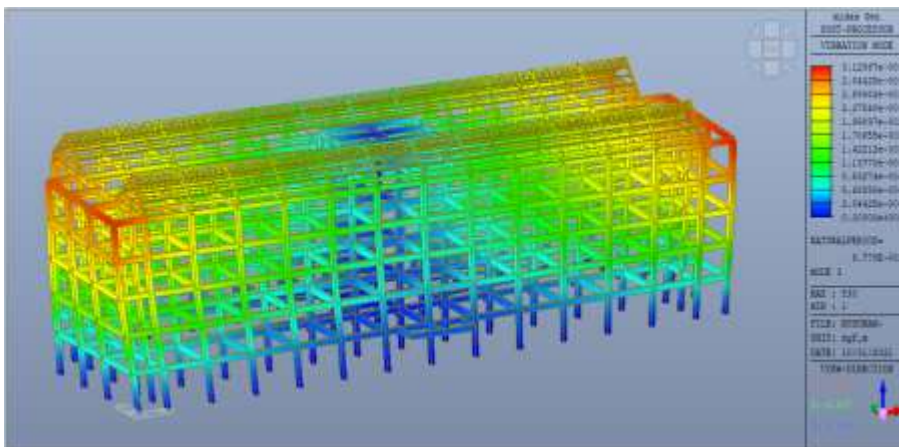
Gaya gempa dinamis response spectrum pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Beban gempa dinamis response spectrum pada bangunan ini terdiri dari tiga model pembebanan, yaitu: beban gempa dinamis response spectrum arah X (RS:RX), beban gempa dinamis response spectrum arah Y (RS:RY), dan beban gempa dinamis response spectrum arah Z (RS:RZ).



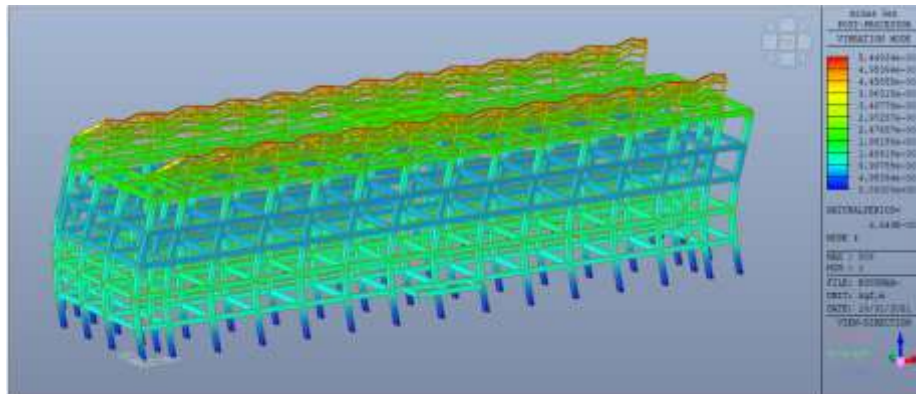
Gambar 18. Mode shape 1 beban dinamis response spectrum



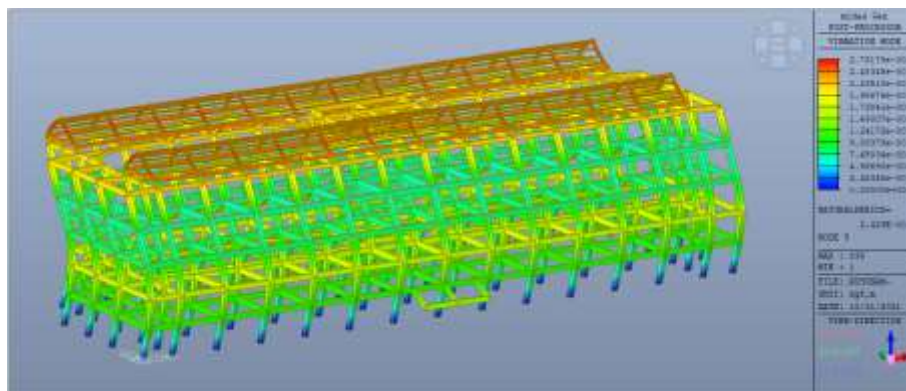
Gambar 19. Mode shape 2 beban dinamis response spectrum



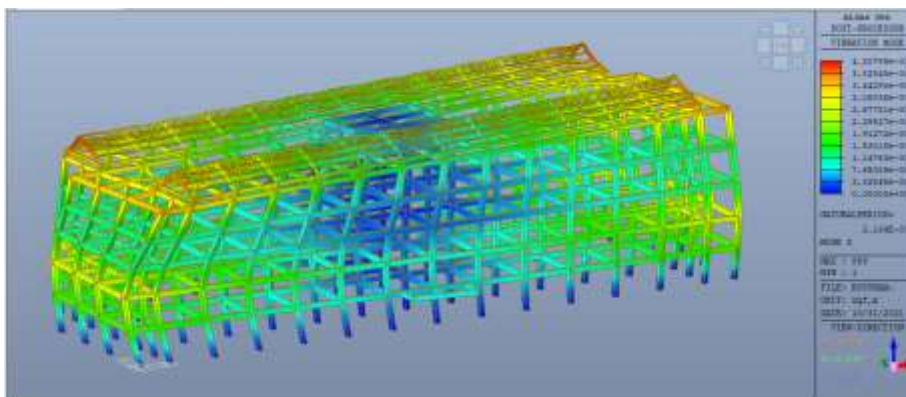
Gambar 20. Mode shape 3 beban dinamis response spectrum



Gambar 21. Mode shape 4 beban dinamis response spectrum



Gambar 22. Mode shape 5 beban dinamis response spectrum



Gambar 23. Mode shape 6 beban dinamis response spectrum

Desain Penulangan Balok dan Kolom

Setelah melalui proses perencanaan pendimensian struktur dan kombinasi pembebanan, maka didapat hasil perhitungan yaitu nilai momen, gaya geser, dan gaya aksial dari hasil perhitungan komputasi dengan menggunakan Midas Gen 2019.

Perencanaan penulangan balok digunakan hasil dari nilai momen maksimum, dan gaya geser yang terbesar dari portal melintang yang ditinjau berdasarkan hasil perhitungan Midas Gen tersebut. Nilai terbesar tersebut digunakan dengan anggapan bisa mewakili secara keseluruhan penulangan terbesar dari struktur balok tersebut.

Dari nilai momen dan gaya geser maksimum tersebut direncanakan dimensi tulangan dan jumlahnya. Dari parameter dimensi dan jumlah tulangan rencana tersebut akan dihitung nilai momen kapasitas balok. Apabila nilai momen dan gaya geser maksimum lebih kecil daripada

momen dan geser kapasitasnya, maka struktur tersebut kuat menahan beban kombinasi yang bekerja.

Apabila momen dan gaya geser maksimum yang bekerja pada balok lebih besar daripada momen dan geser kapasitasnya, maka perlu perubahan pada pendimensionan tulangan, jumlah tulangan, jarak sengkang, dan pendimensionan balok tersebut.

Hasil perencanaan balok pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel1 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur dan geser pada balok

Section	fc'		POS	N(-) M_Ed	LCB	AsTop	Rebar	P(+) M_Ed	LCB	AsBot	Rebar	V_Ed	LCB	Asw	Stirrup	
	Bc	Hc														fy_u
B1 30/55	300	550	29.1	I	250000000	11	1900	4-3-P20	130000000	11	1017.3	4-4-P13	202707	25	2368.2	2-P10 @60
			390	M	630000000	11	600.4	3-P16	910000000	11	602.08	3-P16	99059	25	1110.3	2-P10 @140
			240	J	250000000	15	1884.1	4-2-P20	1100000000	15	881.41	4-3-P13	196484	19	2280.5	2-P10 @60
B2 35/45	350	450	29.1	I	190000000	11	1810.9	5-1-P20	150000000	37	1397.5	5-2-P16	331312	25	4703.8	2-P10 @30
			390	M	1100000000	11	998.87	5-P16	860000000	15	719.64	6-P13	327678	25	4652.2	2-P10 @30
			240	J	1800000000	15	1751.8	5-4-P16	1500000000	33	1366	5-2-P16	330746	25	4695.8	2-P10 @30
B3 35/45	350	450	29.1	I	150000000	10	1414.1	6-5-P13	840000000	36	701.57	6-P13	286093	25	4257.9	2-P10 @30
			390	M	1100000000	8	999.78	5-P16	660000000	14	573.11	3-P16	275531	25	3911.9	2-P10 @40
			240	J	1500000000	14	1426.3	6-5-P13	830000000	32	690.49	6-P13	286118	25	4258.3	2-P10 @30
B4 25/45	250	450	29.1	I	490000000	10	416.79	3-1-P13	250000000	10	409.36	3-1-P13	48853	115	2013.8	2-P10 @70
			390	M	130000000	14	409.36	3-1-P13	210000000	3	409.36	3-1-P13	38380	25	573.02	2-P10 @270
			240	J	510000000	14	436.42	3-1-P13	260000000	14	409.36	3-1-P13	48783	71	2013.8	2-P10 @70
B5 25/45	250	450	29.1	I	250000000	9	409.36	3-1-P13	200000000	13	409.36	3-1-P13	48829	93	2013.8	2-P10 @70
			390	M	1100000000	12	409.36	3-1-P13	1200000000	13	409.36	3-1-P13	80592	25	1173.9	2-P10 @130
			240	J	260000000	13	409.36	3-1-P13	180000000	9	409.36	3-1-P13	48822	93	2013.8	2-P10 @70
B5' 25/45	250	450	29.1	I	280000000	10	409.36	3-1-P13	140000000	10	409.36	3-1-P13	46030	115	2013.8	2-P10 @70
			390	M	6892945	10	409.36	3-1-P13	1700000000	1	409.36	3-1-P13	35461	25	573.02	2-P10 @270
			240	J	270000000	14	409.36	3-1-P13	140000000	14	409.36	3-1-P13	46243	115	2013.8	2-P10 @70
B6 30/60	300	600	29.1	I	910000000	13	654.98	4-1-P13	580000000	3	654.98	4-1-P13	483836	25	4978.7	2-P10 @30
			390	M	490000000	13	654.98	4-1-P13	480000000	15	654.98	4-1-P13	479309	25	4932.1	2-P10 @30
			240	J	870000000	9	654.98	4-1-P13	610000000	1	654.98	4-1-P13	483244	25	4972.6	2-P10 @30
CG 30/45	300	450	29.1	I	1100000000	1	1045	4-4-P13	570000000	1	491.23	4-P13	190336	25	2846.5	2-P10 @50
			390	M	810000000	1	707.73	4-2-P13	280000000	1	491.23	4-P13	181082	25	2660.8	2-P10 @50
			240	J	1100000000	3	1044.8	4-4-P13	570000000	3	491.23	4-P13	190361	25	2846.9	2-P10 @50
BC 20/35	200	350	29.1	I	570000000	1	793.38	2-2-P16	290000000	1	360.47	2-1-P13	38642	1	2013.8	2-P10 @70
			390	M	400000000	3	521	2-2-P13	140000000	3	254.71	2-P13	86419	25	1797.3	2-P10 @80
			240	J	580000000	3	793.52	2-2-P16	290000000	3	360.47	2-1-P13	38641	3	2013.8	2-P10 @70
RB1 25/40	250	400	29.1	I	430000000	13	422.57	3-1-P13	270000000	15	363.88	3-P13	41941	115	2013.8	2-P10 @70
			390	M	180000000	13	363.88	3-P13	170000000	13	363.88	3-P13	53474	25	875.99	2-P10 @170
			240	J	340000000	15	363.88	3-P13	300000000	13	363.88	3-P13	42177	47	2013.8	2-P10 @70
RB2 25/40	250	400	29.1	I	290000000	10	363.88	3-P13	140000000	10	363.88	3-P13	40995	25	2013.8	2-P10 @70
			390	M	9748971	10	363.88	3-P13	110000000	10	363.88	3-P13	26875	25	644.43	2-P10 @240
			240	J	290000000	14	363.88	3-P13	150000000	14	363.88	3-P13	40956	25	2013.8	2-P10 @70

Keterangan:

- Bc = lebar balok (mm)
- Hc = Tinggi balok (mm)
- fc' = Mutu beton (MPa)
- fy_u = Mutu tulangan utama (MPa)
- fy_s = Mutu tulangan sengkang (MPa)
- PoS = letak yang ditinjau (I=ujung I balok; M= tengah balok; J= ujung J balok)
- N(-) M_Ed = Momen negatif paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N.mm)
- P(+) M_Ed = Momen positif paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N.mm)
- V_Ed = Gaya geser paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N)
- LCB = Nomor kombinasi pembebanan
- AsTop = Kebutuhan luas tulangan bagian atas (mm²)
- AsBot = Kebutuhan luas tulangan bagian bawah (mm²)
- Asw = Kebutuhan luas tulangan sengkang (mm²)

Rebar = Tulangan utama yang digunakan
 Stirrup = Tulangan sengkang yang digunakan

Sama halnya dengan struktur balok, perencanaan struktur kolom juga melakukan tahap yang sama, dari perencanaan pendimensian struktur dan kombinasi pembebanan, maka didapat hasil perhitungan yaitu nilai momen, gaya geser, dan gaya aksial dari hasil perhitungan komputasi dengan menggunakan Midas Gen 2019.

Dari nilai momen, gaya geser, dan aksial maksimum tersebut direncanakan dimensi tulangan dan jumlahnya. Dari parameter dimensi dan jumlah tulangan yang direncanakan tersebut akan dihitung nilai momen kapasitas. Apabila nilai momen, gaya geser, dan gaya aksial maksimum lebih kecil daripada momen, aksial, dan geser kapasitasnya, maka struktur tersebut kuat menahan beban kombinasi yang bekerja. Apabila gaya momen, gaya geser, dan aksial maksimum lebih besar daripada momen, aksial, dan geser kapasitasnya, maka perlu perubahan pada pendimensian tulangan, jumlah tulangan, jarak sengkang, dan pendimensian kolom tersebut.

Hasil perencanaan kolom pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tab 1 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur dan geser pada kolom

Section	fc'	fy_u	fy_s	LCB	N_Ed	M_Ed	Ast	V-Rebar	LCB	V_Ed.end	Rat-V.end	Asw-H.end	H-Rebar.end	Vjhd	Ash	J-Rebar
Bc	Hc	Height	fy_s		Rat-N	Rat-M				V_Ed.mid	Rat-V.mid	Asw-H.mid	H-Rebar.mid	Rat-J		
K1 40/55	29.1	390	390	103	104269	2.9E+08	5655	18-5-P20	99	254122	0.872	2761.2	2-P10 @60	920436	9894.64	2-63 P10
550	400	2800	240		0.927	0.919			99	254122	0.879	2761.2	2-P10 @50	1		
K2 40/55	29.1	390	390	98	78220	2.3E+08	3450	26-6-P13	107	230656	0.798	3141.6	2-P10 @50	1049496	4481.66	2-29 P10
550	400	2800	240		0.909	0.891			104	230656	0.957	2506.2	2-P10 @60	0.993		
K3 40/55	29.1	390	390	100	177544	3.7E+08	5890	12-4-P25	105	238224	0.824	3141.6	2-P13 @50	1029740	5185.95	2-34 P13
550	400	2800	240		0.973	0.951			105	257668	0.891	2799.7	2-P10 @50	0.987		
K4 30/50	29.1	390	390	12	86130	2.4E+08	6872	14-3-P25	14	325478	0.76	7220.3	2-P13 @20	395503	6193.54	2-40 P13
500	300	1520	240		0.931	0.91			14	325478	0.919	7220.3	2-P10 @20	0.993		

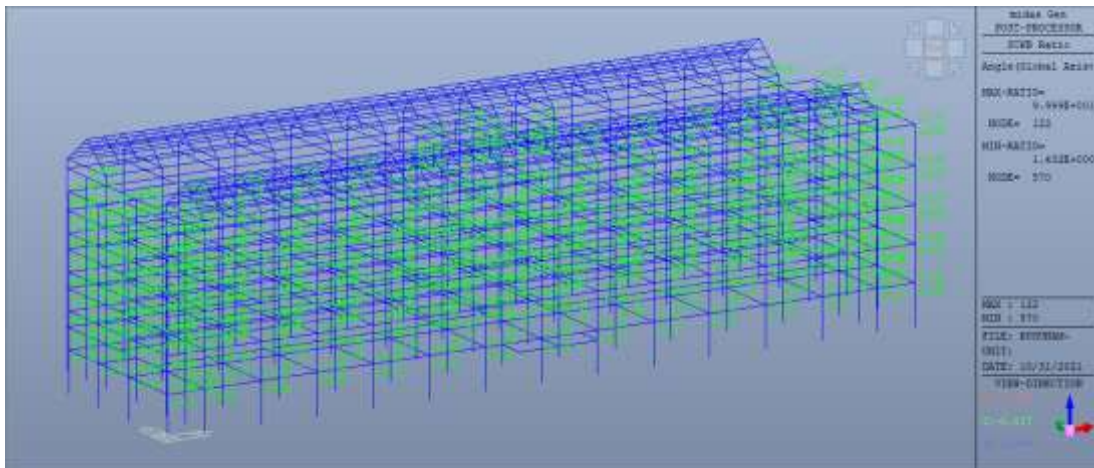
Keterangan:

Bc = lebar kolom (mm)
 Hc = Tinggi kolom (mm)
 fc' = Mutu beton (MPa)
 fy_u = Mutu tulangan utama (MPa)
 fy_s = Mutu tulangan sengkang (MPa)
 N_Ed = Gaya aksial paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N)
 Rat-N = Rasio antara gaya aksial dan kapasitas aksial kolom
 M_Ed = Momen positif paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N.mm)
 Rat-M = Rasio antara momen dan kapasitas momen kolom
 Ast = Kebutuhan luas tulangan utama kolom (mm²)
 V-Rebar = Tulangan utama yang digunakan
 V_Ed.end = Gaya geser ujung paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N)
 V_Ed.mid = Gaya geser paling besar dari berbagai kombinasi pembebanan (N)
 Rat-V.end = Rasio antara geser dan kapasitas geser sengkang pada ujung kolom
 Rat-V.mid = Rasio antara geser dan kapasitas geser sengkang pada tengah kolom
 Asw-H.end = Kebutuhan luas tulangan sengkang pada ujung kolom (mm²)
 Asw-H.mid = Kebutuhan luas tulangan sengkang pada tengah kolom (mm²)
 H-Rebar.end = Tulangan sengkang yang digunakan pada ujung kolom
 H-Rebar.mid = Tulangan sengkang yang digunakan pada tengah kolom
 LCB = Nomor kombinasi pembebanan
 Vjhd = Gaya geser pada joint balok-kolom (N)
 Rat-J = Rasio antara geser dan kapasitas geser pada joint balok-kolom
 Ash = Kebutuhan luas tulangan pada joint balok-kolom (mm²)
 J-Rebar = Tulangan yang digunakan pada joint balok-kolom

Kontro terhadap *Strong Column Weak Beam*

Penerapan metode *strong column weak beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri bertujuan agar bangunan memiliki ketahanan yang cukup baik ketika menerima beban gempa. Setelah balok dan kolom direncanakan maka harus dikontrol rasio perbandingan antara kapasitas kolom dengan kapasitas balok, rasio perbandingan antara kapasitas kolom dengan balok harus lebih dari atau sama dengan 1,3. Apabila persyaratan rasio tersebut terpenuhi maka sudah memenuhi perilaku *strong column weak beam*, apabila tidak terpenuhi maka perencanaan kolom harus dirubah untuk diperoleh kapasitas kolom yang lebih besar.

Kontrol terhadap perilaku *strong column weak beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri dapat dilihat pada gambar 23 berikut ini.



Gambar 24. Kontrol terhadap perilaku *strong column weak beam* pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa pada perencanaan ulang Bangunan Rusunawa Kota Kediri yang menggunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus yang mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012 dan sistem *strong column weak beam* dipilih sebagai alternatif desain untuk memperhitungkan bahwa gedung tersebut juga dapat menerima gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa yang dikombinasikan dengan peraturan struktur beton SNI 2847:2013. Pemilihan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus dan sistem *strong column weak beam* sebagai alternatif desain bangunan juga menghasilkan gedung yang kuat dan aman karena gaya lateral dapat ditahan dengan baik oleh rangka beton bertulang.

Perencanaan ulang ini melakukan perubahan pada desain struktur balok dan kolom. Hal ini dikarenakan struktur eksisting Bangunan Rusunawa Kota Kediri kurang mampu menahan gaya lateral yang diakibatkan beban gempa yang mengacu pada SNI 1726:2012, selain itu struktur eksisting bangunan itu juga tidak memenuhi penerapan sistem *strong column weak beam*.

Perlu kiranya dilakukan kajian untuk melakukan perkuatan pada Bangunan Rusunawa Kota Kediri, hal ini ditujukan agar bangunan tersebut mampu menahan gaya lateral yang diakibatkan beban gempa yang mengacu pada SNI 1726:2012 dan dapat memenuhi penerapan sistem *strong column weak beam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Farisal. 2019. *Filosofi Bangunan Tahan Gempa* From <https://farisal.com/filosofi-bangunan-tahan-gempa>, 28 November 2019.
- ATC-33 Project. 1997. *FEMA 273 – NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Building*. Washington, D.C.: Building Seismic Safety Council.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Yayasan lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Nawi, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Eresco.
- Praja, Baskoro Abdi. 2020. *Penerapan Sistem “Strong Column and Weak Beam” pada Struktur Bangunan*. From <https://eticon.co.id/strong-column-and-weak-beam>, 2 April 2020.
- Purwono, Rachmat. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Edisi Kedua* Surabaya : ITS.
- Standar Nasional Indonesia 1726-2012. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 2847-2013. 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 1727-2013. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.