

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN DI KABUPATEN KARAWANG BERDASARKAN PERATURAN BEBAN GEMPA SNI 1726 – 2019

¹Nuryanto
²Ega Julia Fajarsari
³Edi Sukirman

¹Universitas Gunadarma, nuryanto@staff.gunadarma.ac.id

²Universitas Gunadarma, egajulia@staff.gunadarma.ac.id

³Universitas Gunadarma, ediskm@staff.gunadarma.ac.id

ABSTRAK

Semakin berkurangnya lahan dan mahal nya harga tanah menjadikan bangunan bertingkat sebagai salah satu solusi kebutuhan untuk tempat tinggal dan aktifitas dalam bekerja. Perencanaan struktur gedung bertingkat harus memperhatikan pedoman yang berlaku dan terbaru agar sesuai kondisi terkini. Hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan gedung bertingkat adalah perilaku struktur ketika terjadi gempa dan kapasitas dari masing-masing elemen struktur untuk menahan beban gempa yang terjadi. Penelitian ini menganalisis performa dinamik struktur dan kapasitas momen pada komponen struktur gedung perkantoran tiga lantai di Kabupaten Karawang. Analisis struktur dan pemodelan struktur menggunakan program ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Building System) mengetahui dimensi dan rasio penulangan pada elemen – elemen struktur dan defleksi akibat beban gempa. Gedung perkantoran di Kabupaten Karawang direncanakan berdasarkan pada sistem rangka ruang yang diasumsikan berada pada tanah keras dan dianalisis berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Mutu beton untuk elemen struktur kolom balok dan plat menggunakan (f_c') 30 MPa, mutu baja tulangan (f_y) = 420 MPa dan 520 MPa, mutu wiremesh $f_y=500$ MPa dan mutu metal deck $f_y = 550$ MPa. Peraturan pembebanan yang digunakan mengacu pada PPURG 1983 dan SNI 1726-2019 sebagai peraturan yang digunakan sebagai standar ketahanan gempa dan kapasitas elemen struktur beton bertulang mengacu pada peraturan SNI 2847-2019. Berdasarkan hasil analisis respon dinamik untuk translasi arah Y diperoleh sebesar 51,69% pada mode 1, untuk translasi arah X diperoleh nilai sebesar 50,5% pada mode 2, sedangkan untuk rotasi diperoleh nilai sebesar 43,73% pada mode 3. Rasio keamanan struktur didapatkan nilai maksimum sebesar 0,982 lebih kecil dari 1 sehingga struktur masih dalam kondisi stabil.

Kata kunci: analisis struktur, gedung perkantoran, beban gempa

PENDAHULUAN

Perencanaan struktur gedung bertingkat harus memperhatikan pedoman yang berlaku dan terbaru agar sesuai kondisi terkini. Kabupaten Karawang merupakan daerah yang berada pada area yang rawan gempa sesuai dengan peta Bahaya Gempa Indonesia, sehingga perencanaan struktur gedung harus berpedoman pada kekuatan gedung yang mampu menahan beban gempa. Perencanaan struktur

adalah proses perancangan bangunan untuk mendukung atau menahan beban dalam bentuk tertentu seperti struktur bangunan gedung, menara, dermaga, jembatan, jalan dan bendungan. Struktur beton bertulang harus direncanakan sedemikian sehingga aman terhadap beban dan efek beban yang bekerja selama masa pembangunan dan masa operasional bangunan. Suatu struktur dikatakan cukup kuat apabila kemungkinan terjadinya kegagalan

struktur yang direncanakan kecil, dan disebut awet jika struktur tersebut dapat menahan kerusakan yang terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan. Jika bangunan tidak direncanakan terhadap beban gempa maka akan menimbulkan kerugian jiwa dan materi.

Penelitian yang dipublikasikan oleh Sonif Muafandi, dkk pada tahun 2019 dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Berdasarkan SNI 2847-2013 di Bantul – Yogyakarta”, penelitian tersebut meneliti mengenai analisis struktur bangunan 6 lantai dengan peraturan gempa yang digunakan adalah SNI 1726 tahun 2012, pemodelan struktur menggunakan SAP 2000 (*Structure Analysis Program*), hasil penelitian berupa dimensi dan rasio penulangan pada masing – masing elemen struktur. Rujukan lain yaitu penelitian yang dipublikasikan oleh Nofrizal dkk, pada tahun 2015 dengan judul penelitian “Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Tiga Lantai Menggunakan Beton Bertulang Jalan Bypass Kota Padang” penelitian tersebut menganalisis struktur 4 lantai dengan peraturan gempa yang digunakan ada SNI 1726 tahun 2002, pemodelan struktur dimodelkan menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*), hasil penelitian berupa penulangan kolom, balok dan plat arah x dan arah y.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dinamik struktur gedung perkantoran tiga lantai, dan mengetahui kapasitas momen pada komponen struktur. Analisis struktur dan pemodelan struktur menggunakan program ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis Building System*). ETABS merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan beragam pemodelan dan

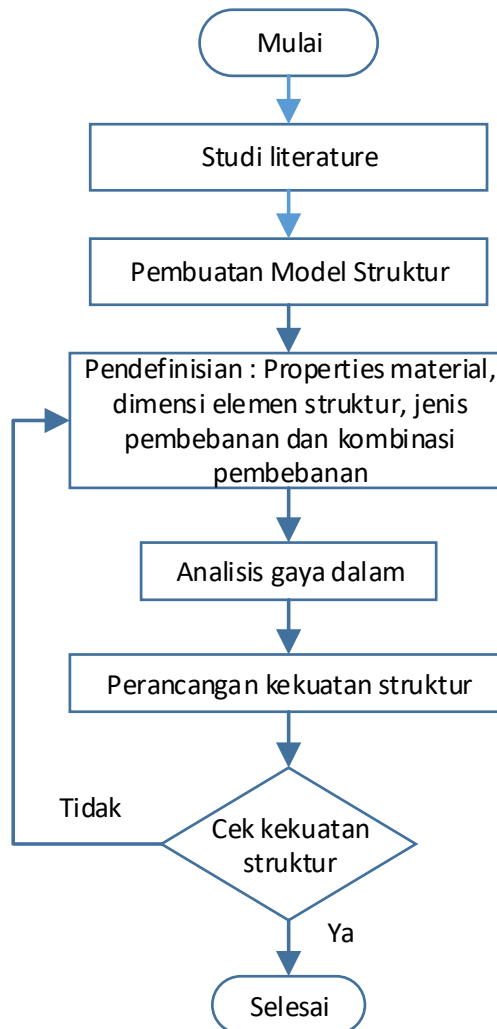
permasalahan dalam bidang konstruksi. Pemodelan menggunakan ETABS bertujuan untuk mendapatkan gerak translasi arah x (UX) dan arah y (UY), serta rotasinya (RZ). Selain pemodelan struktur dapat mengetahui rasio keamanan pada setiap elemen struktur. Hasil analisis ini dapat dijadikan rujukan dalam merencanakan gedung perkantoran tahan gempa sesuai dengan SNI 1726-2019.

METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi, data dan keterangan dari buku, standar peraturan dan pedoman perencanaan yang relevan. Tahap awal (*preliminary design*) dalam perencanaan struktur adalah penentuan dimensi dari elemen – elemen struktur seperti kolom, balok dan plat, kemudian pendefinisian beban yang ada pada struktur berupa beban mati yaitu berat sendiri struktur, beban hidup berupa beban pengguna dari bangunan, dan beban gempa dihitung dengan menggunakan analisis respon spektrum sesuai dengan peraturan SNI-1726-2019 dan mengacu pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Analisis perhitungan struktur dilakukan dengan membuat pemodelan stuktur gedung dari masing-masing elemen dengan menggunakan *software* ETABS. Setelah pemodelan selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan *properties* material, dimensi elemen struktur, jenis pembebanan dan kombinasi pembebanan. Tahap analisis merupakan tahap perhitungan dari model yang sudah dibuat atau dapat disebut sebagai tahap *running* program. Setelah tahap *running* selesai, *output* yang dihasilkan adalah gaya dalam seperti bidang momen, bidang geser dan gaya normal. Tahap perancangan kekuatan struktur adalah tahap terakhir

pada analisis struktur. Pada tahap ini, dapat menentukan layak tidaknya hasil analisis dari struktur yang telah direncanakan. Analisis struktur terhadap beban gempa dilakukan pada tahap akhir ini, yaitu dengan mengecek performa struktur terhadap beban dinamik dan kapasitas elemen struktur untuk memikul beban gempa. Jika kekuatan

struktur memenuhi kriteria sesuai dengan peraturan maka perancangan dapat dilanjutkan ke pembuatan laporan akhir perencanaan, tetapi jika kekuatan struktur tidak memenuhi, maka perlu dilakukan modifikasi pada *material properties* dan dimensi penampang pada elemen struktur.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Struktur

Struktur gedung perkantoran terletak pada Kabupaten Karawang dengan lebar 30 meter dan panjang 50 meter. Fungsi lantai 1 dan lantai 2 sebagai ruang MEP, ruang kantor dan ruang rapat, sedangkan lantai atap difungsikan hanya untuk ruang MEP.

Ketinggian bangunan dari lantai dasar adalah 10,5 meter, dimana lantai 2 terletak 4,5 meter dari lantai 1 dan lantai atap terletak 6 meter dari lantai 2. Mutu beton yang digunakan untuk tiang pancang $f_c' 45$ MPa, sedangkan untuk kolom, balok dan pelat menggunakan mutu $f_c' 30$ MPa. Mutu baja tulangan yang digunakan ada dua jenis yaitu mutu

f_y 420 MPa dan f_y 520 MPa. Model gedung perkantoran dapat dilihat pada Gambar 2.

Struktur Bawah

Jenis pondasi yang digunakan pada perencanaan struktur ini adalah tiang pancang persegi dengan dimensi 50x50 dan panjang 8 meter. Memiliki daya dukung ijin aksial tekan 130 ton, daya dukung aksial tarik 8 ton dan daya dukung lateral 8,25 ton.

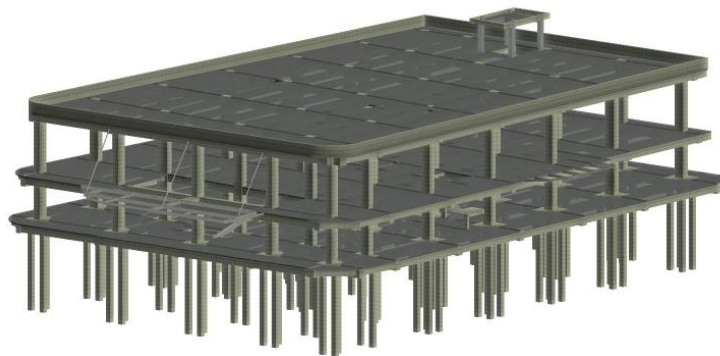
Struktur Atas

Elemen vertikal merupakan struktur beton bertulang portal daktail/*open frame*, dengan sistem

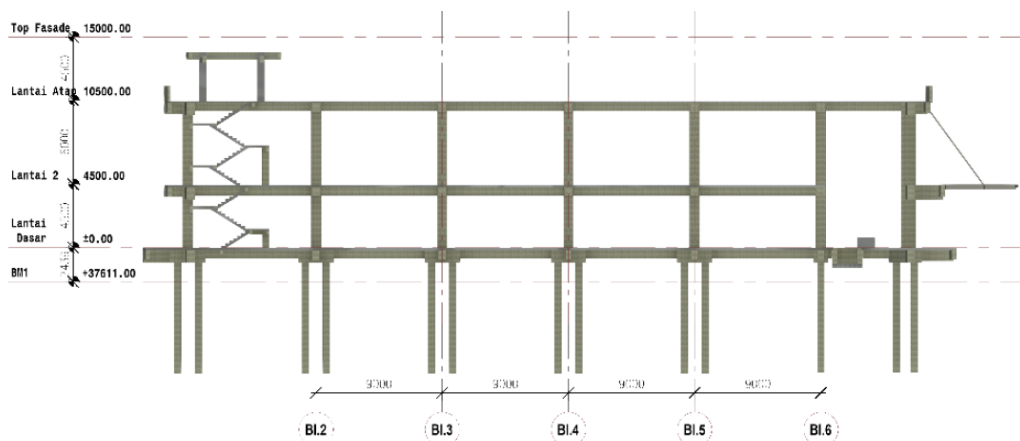
struktur pemikul gaya gempanya adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) beton bertulang. Sedangkan elemen horizontal merupakan balok dengan pelat lantai satu arah/dua arah (konvensional). Potongan memanjang bangunan dapat dilihat pada Gambar 3 dan potongan melintang bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.

Pemodelan Struktur

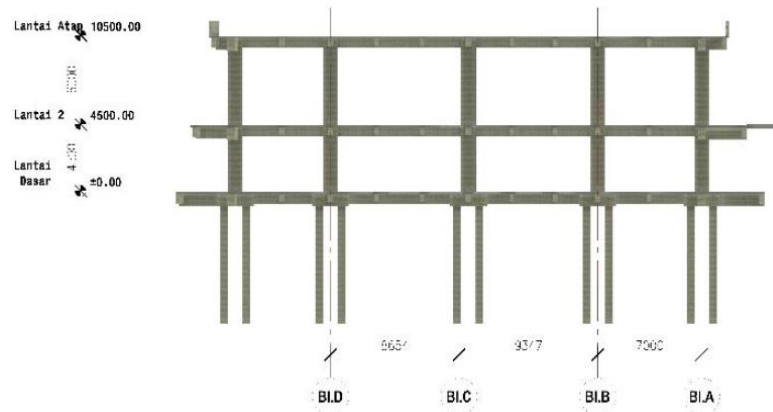
Struktur bangunan dimodelkan dalam analisis tiga dimensi secara keseluruhan. Pemodelan analisis struktur yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.



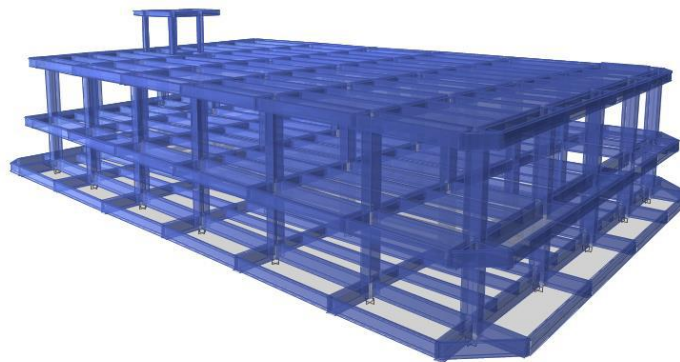
Gambar 2. Model Gedung Perkantoran



Gambar 3. Potongan memanjang bangunan



Gambar 4. Potongan melintang bangunan



Gambar 5. Pemodelan Struktur Gedung Perkantoran

Parameter Perencanaan Struktur Atas

Dalam pemodelan struktur bangunan dengan *software* ETABS, properties elemen-elemen strukturnya menggunakan nilai reduksi untuk kekakuan elemen. Elemen balok dengan nilai reduksi *Flexural stiffness modifier* sebesar 0,35 dan nilai reduksi *Torsional stiffness modifier* sebesar 0,2. Elemen kolom dengan nilai reduksi *Flexural stiffness modifier* sebesar 0,7 dan nilai reduksi *Torsional stiffness modifier* sebesar 0,3. Nilai tersebut mengacu pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2019.

Pembebanan

Beban gravitasi terdiri dari beban sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup. Beban dinding dalam (hebel) disebar menjadi beban area pada pelat di sekitar/beban garis di balok, sedangkan beban perimeter diaplikasikan sebagai beban dinding sebesar 2,50 kN/m². Analisis beban gempa dilakukan sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2019 dan mengacu kepada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Pembebanan gempa dilakukan secara dinamik (analisis *response spectrum*) dengan parameter-parameter yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.
Parameter Beban Gempa**

Kategori Resiko	IV
Faktor Keutamaan (I_e)	1.5
Percepatan Spektral (SDS)	0.6277
Percepatan Spektral (SD1)	0.4795

Kategori Desain Seismik (KDS)	D
Koefisien Modifikasi Respons (R)	8
Faktor Kuat Lebih (Ω)	3
Faktor Pembesaran Defleksi (Cd)	5.5

Tipe dan Kombinasi Beban

Pembebanan yang dipakai dalam analisis struktur adalah pembebanan D yaitu pengaruh beban mati, pembebanan L yaitu pengaruh beban hidup, pembebanan Lr yaitu pengaruh beban hidup atap, pembebanan SPECX000 yaitu beban gempa dinamik arah sumbu X, pembebanan SPECX005 yaitu beban gempa dinamik arah sumbu X + 5% Ecc, pembebanan SPECY000 yaitu beban gempa dinamik arah sumbu Y, pembebanan SPECY005 yaitu beban gempa dinamik arah sumbu Y +5% Ecc. Sedangkan kombinasi pembebanan yang dipakai untuk dibandingkan dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah sebagai berikut :

1. 1,4 (D)
2. 1,2 (D) + 1,6 L + 0,5 Lr
3. 1,2 (D) + 1,6 Lr + L
4. (1,2 + 0,2SDS) (D) + 1,0 SPECX005 + 0,3 SPECY000 + L
5. (1,2 + 0,2SDS) (D) + 0,3 SPECX000 + 1,0 SPECY005 + L

6. (0,9-0,2SDS) (D) + 1,0 SPECX005 + 0,3 SPECY000
7. (0,9-0,2SDS) (D) + 0,3 SPECX000 + 1,0 SPECY005

Keterangan :

D = Pengaruh Beban Mati

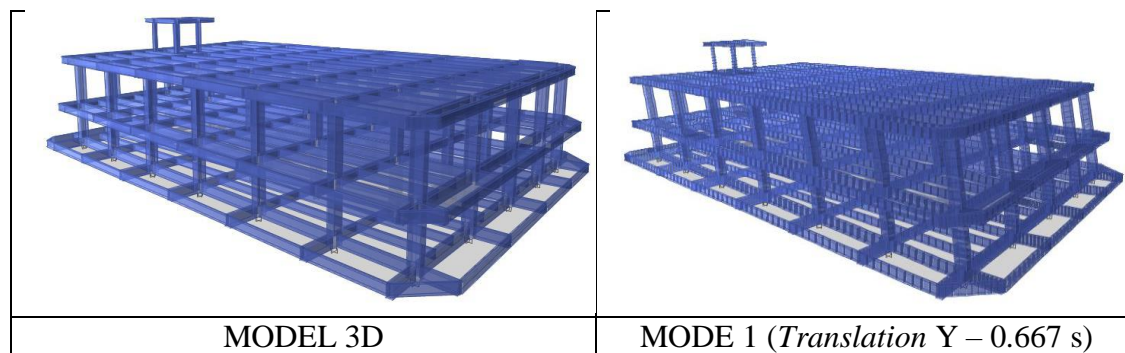
L = Pengaruh Beban Hidup

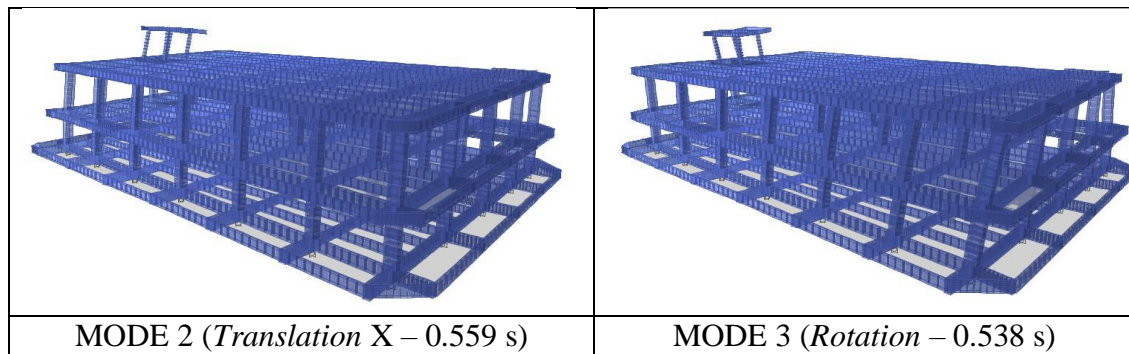
Lr = Pengaruh Beban Hidup Atap

SDS = Parameter Percepatan Spektrum Respons Desain pada Periode Pendek
SPECX000, *SPECX005*, *SPECY000*, *SPECY005* = Pengaruh Beban Gempa Dinamik

Waktu Getar Bangunan

Gambar 6 merupakan ilustrasi ragam struktur pada bangunan yang direncanakan dan Tabel 2 adalah waktu getar bangunan yang digunakan untuk menganalisis. Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa gerakan bangunan pada saat menerima beban seismik adalah translasi.





Gambar 6. Ilustrasi Ragam Struktur Bangunan

**Tabel 2.
Waktu Getar Bangunan**

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	0,667	0,0038	0,5169	0,0117
2	0,559	0,505	0,0054	0,0047
3	0,538	0,0105	0,0062	0,4874
4	0,381	0,007	0,000245	0,0098
5	0,326	0,0016	0,0009	0,0013

Berdasarkan hasil analisis struktur 3D secara Dinamik yang dilakukan dengan menggunakan program komputer ETABS, diperoleh hasil bahwa kontrol simpangan antar lantai (batas ultimit) struktur atas dapat dikatakan bahwa bangunan masih memenuhi syarat kekakuan struktur. Suatu struktur bangunan gedung dapat diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada pengecekan ketidakberaturan horisontal dan ketidakberaturan vertikal dari struktur bangunan gedung. Beberapa hal yang menjadi aspek pemeriksaan ketidakberaturan horisontal dan ketidakberaturan vertikal pada bangunan gedung perkantoran dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14 yang terdapat pada SNI 1726:2019. Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada mode 1 nilai faktor translasi UY memberikan nilai yang paling besar/dominan yaitu 51,69%, hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah Y terjadi pada mode ini sesuai dengan ilustrasi ragam struktur bangunan. Pada mode 2 nilai faktor translasi UX memberikan nilai yang

paling besar/dominan yaitu 50,5%, hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah X terjadi pada mode ini sesuai dengan ilustrasi ragam struktur bangunan. Pada mode 3 nilai RZ dominan yaitu 48,74%, hal ini menunjukkan bahwa pada mode ini gerak struktur sudah dominan dalam rotasi. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa persyaratan gerak ragam sudah sesuai/terpenuhi.

Penentuan Koefisien Seismik

Penentuan koefisien seismik (C_s) diambil berdasarkan waktu getar bangunan ($T_{Computed}$) dengan memperhatikan batasan waktu getar maksimum ($C_u T_a$) dan batasan koefisien seismik maksimum dan minimum. Grafik koefisien seismik bangunan dapat dilihat pada Gambar 7.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} \quad C_{s\max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

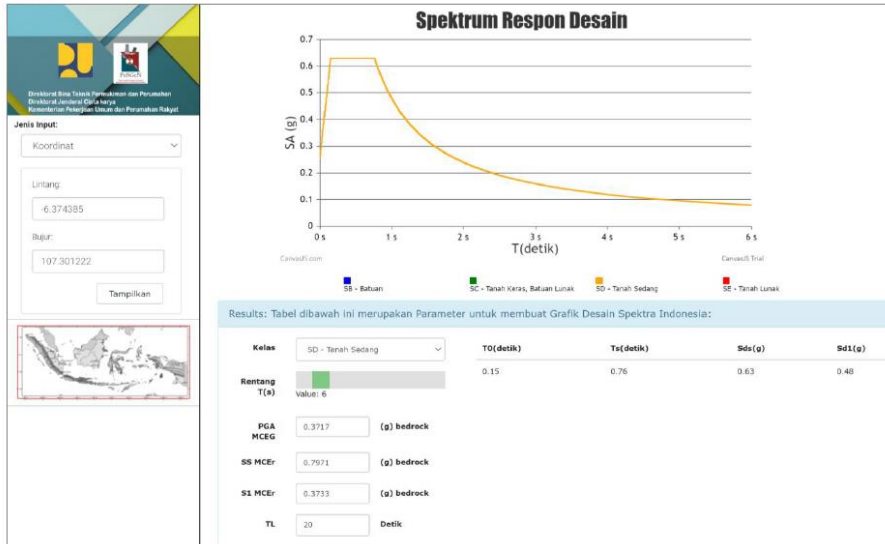
Nilai koefisien seismik (C_s) yang diambil adalah nilai C_s berdasarkan waktu getar bangunan ($T_{Computed}$), yaitu 0.1177 g. Nilai ini

kemudian digunakan untuk menentukan gaya geser dasar desain bangunan. Gaya geser tingkat dan momen guling gempa desain didapat berdasarkan analisis modal respons spektrum dengan bantuan program ETABS. Gaya geser dasar dari hasil analisis modal respons spektrum

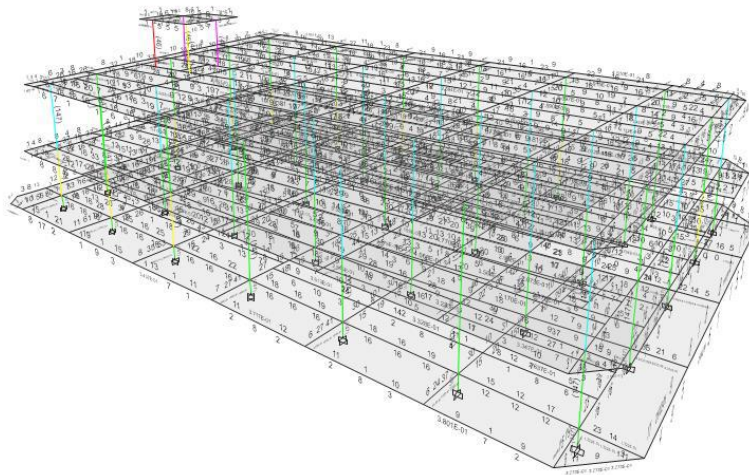
sudah diskalakan dengan 100% gaya geser dasar analisis statik ekuivalen.

Desain Tulangan Lentur Beton

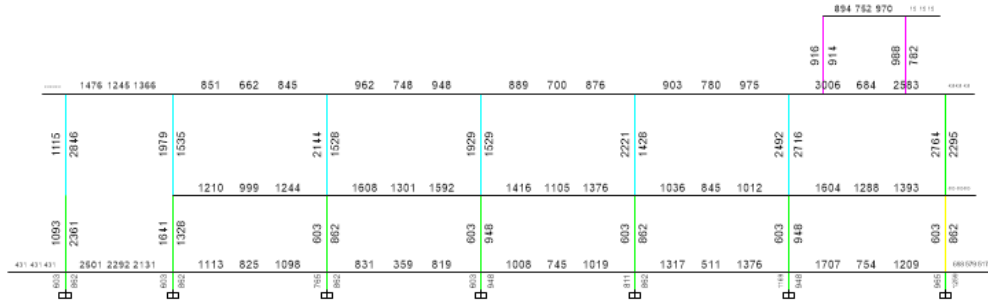
Desain tulangan lentur dan potongan desain tulangan lentur dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



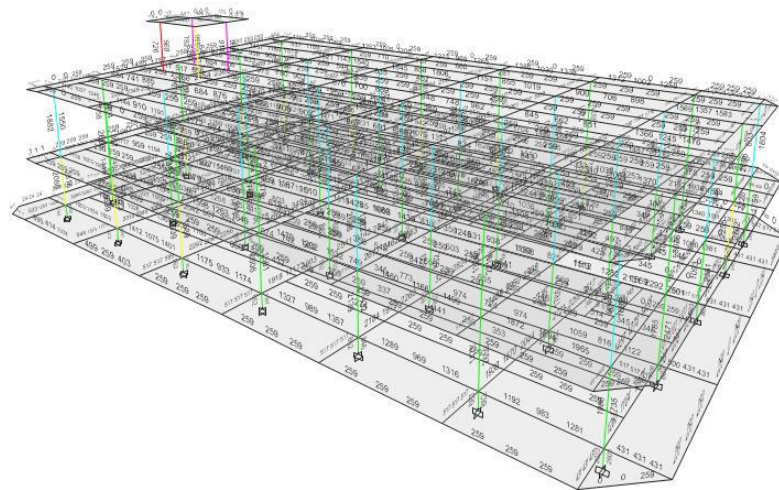
Gambar 7. Grafik Koefisien Seismik Bangunan



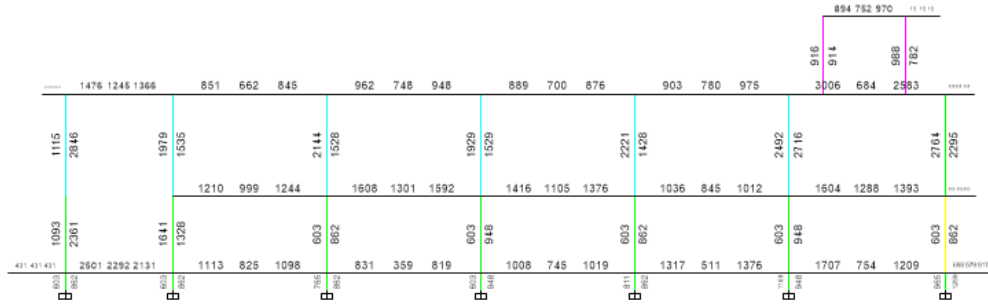
Gambar 8. Desain Tulangan Lentur



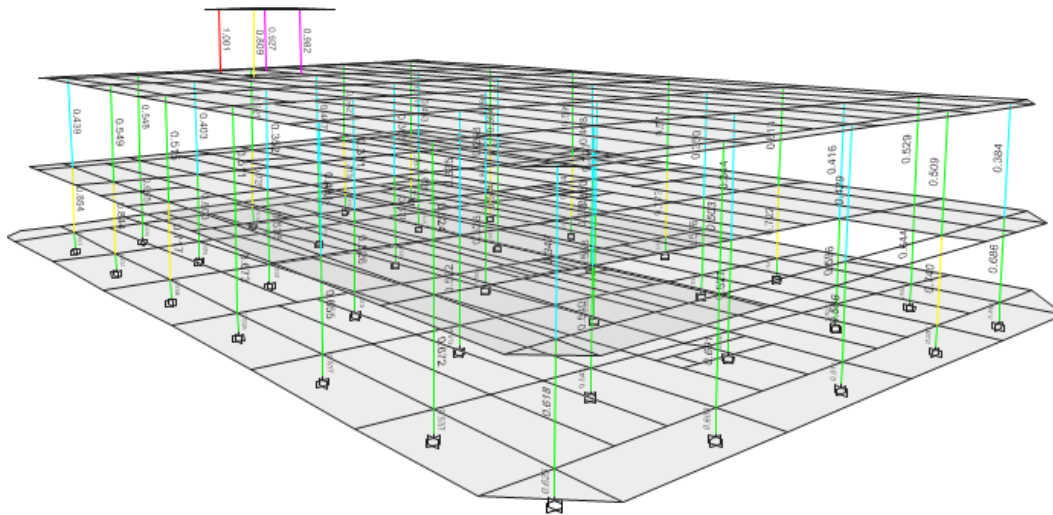
Gambar 9. Potongan Desain Tulangan Lentur



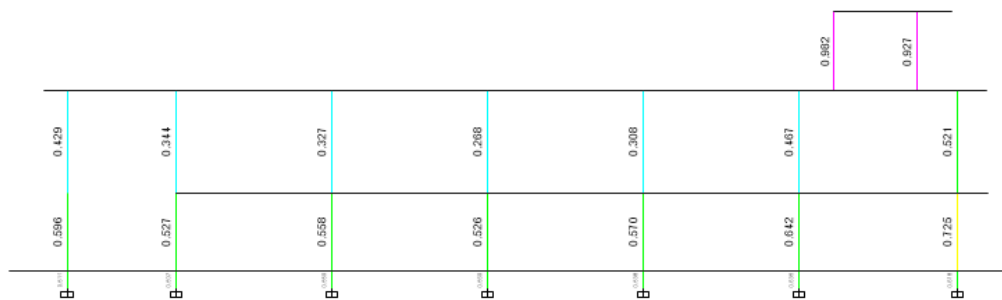
Gambar 10. Desain Tulangan Geser



Gambar 11. Potongan Desain Tulangan Geser



Gambar 12. Rasio Keamanan Struktur



Gambar 13. Potongan Rasio Keamanan Struktur

Berdasarkan Gambar 8 dan 9, dapat diketahui masing-masing kebutuhan tulangan lentur balok dan kolom berdasarkan nilai yang terdapat pada masing-masing elemen struktur tersebut, setiap kolom dan balok akan memiliki tiga nilai, dimana nilai yang pertama dan ketiga merupakan nilai untuk mengetahui tulangan lentur yang berada pada ujung atau disebut tulangan lentur tumpuan sedangkan nilai yang ditengah merupakan nilai untuk mengetahui kebutuhan tulangan lentur pada kondisi lapangan pada kolom atau balok.

Desain Tulangan Geser

Desain tulangan geser dan potongan desain tulangan geser dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.

Berdasarkan Gambar 10 dan 11, dapat diketahui masing-masing

kebutuhan tulangan geser balok dan kolom berdasarkan nilai yang terdapat pada masing-masing elemen struktur tersebut, setiap kolom dan balok memiliki tiga nilai, dimana nilai yang pertama dan ketiga merupakan nilai untuk mengetahui tulangan geser yang berada pada di ujung atau disebut tulangan geser tumpuan sedangkan nilai yang ditengah merupakan nilai untuk mengetahui kebutuhan tulangan geser pada kondisi lapangan pada kolom atau balok.

Rasio Keamanan Struktur

Gambar 12 dan 13 merupakan nilai maksimum rasio yang terjadi pada struktur, maksimum rasio yang diperoleh sebesar 0.982, dan hasil yang didapatkan lebih kecil dari 1 sehingga sudah memenuhi angka faktor keamanan struktur secara keseluruhan.

Rasio tersebut merupakan rasio terbesar dari kombinasi pembebanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis performa kekuatan struktur Gedung Perkantoran tiga lantai terhadap beban dinamik berdasarkan peraturan beban gempa SNI 1726-2019, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis respon dinamik diperoleh partisipasi massa dengan melihat nilai faktor translasi UY yang memperlihatkan nilai paling besar atau dominan sebesar 51,69%, menunjukkan bahwa gerak translasi arah Y terjadi pada mode ke 1, sesuai dengan ilustrasi ragam struktur bangunan. Faktor translasi arah UX memberikan nilai sebesar 50,5%, hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah X terjadi pada mode ke 2 sesuai dengan ilustrasi ragam struktur bangunan. Nilai faktor rotasi RZ sebesar 48,74% pada mode ke 3, menunjukkan bahwa gerak struktur sudah dominan dalam rotasi. Persyaratan untuk gerak ragam struktur bangunan sudah sesuai. Rasio keamanan struktur sebesar 0,982 merupakan nilai maksimum rasio yang terjadi pada struktur, nilai tersebut masih lebih kecil dari 1, sehingga sudah memenuhi angka faktor keamanan struktur secara keseluruhan. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan analisis struktur bawah seperti *pilecap* dan pondasi, sehingga akan didapatkan perencanaan struktur yang lengkap .

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni Ali, MT, 2010 *Balok dan pelat beton bertulang*: graham ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung dan bangunan lain (SNI 1727:2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Jakarta.
- Nofrizal, dkk. (2015). *Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Tiga Lantai Menggunakan Beton Bertulang Jalan Bypass Kota Padang*. Padang.
- Sonif Muafandi, dkk. (2019). *Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Berdasarkan SNI 2847-2013 di Bantul –Yogyakarta*. Surabaya.