

Studi Perbandingan Penulangan Balok dan Kolom pada Gedung Biro Logistik POLDA NTT Berdasarkan SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019

Comparative Study of Beam and Column Reinforcement of Biro Logistik POLDA NTT Building Based on SNI Gempa 2012 and SNI Gempa 2019

Hernanda A.S. Manalu¹, Dantje A.T. Sina^{2*}, Dolly W. Karels³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Balok, kolom, penulangan, analisis gempa

Keywords:

Beam, column, reinforcement, earthquake analysis

Article history:

Received: 25-04-2022

Accepted: 19-05-2022

*Koresponden email:

hernanda.anggiat@gmail.com
dantjesina@staf.undana.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan analisis gempa dinamik berdasarkan SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019 untuk mengetahui pengaruhnya terhadap luas tulangan balok dan luas tulangan kolom. Gedung yang ditinjau adalah gedung Biro Logistik POLDA NTT, gedung dibuat menjadi 4 variasi tingkat yaitu 3 tingkat, 4 tingkat, 5 tingkat dan 6 tingkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa luas tulangan untuk semua variasi tingkat dengan SNI Gempa 2019 lebih besar dari SNI Gempa 2012. Perbedaan luas tulangan rata-rata longitudinal balok sebesar 461 mm². Perbedaan luas tulangan rata-rata geser balok sebesar 454 mm²/m. Perbedaan luas tulangan rata-rata utama kolom sebesar 4448 mm². Perbedaan luas tulangan rata-rata geser kolom sebesar 1099 mm²/m. Selanjutnya didapat perbandingan kenaikan luas tulangan rata-rata longitudinal balok antar variasi tingkat adalah 2,25. Perbandingan kenaikan luas tulangan rata-rata geser balok antar variasi tingkat adalah 1,43. Luas tulangan utama kolom antar variasi tingkat tidak dapat dibandingkan. Perbandingan luas tulangan rata-rata geser kolom antar variasi tingkat adalah 1,90.

Abstract

This study compares dynamic earthquake analyses based on the 2012 Earthquake SNI and the 2019 Earthquake SNI to see how they affect the required reinforcement for beam and column. The structure is modeled so that the number of building's story varies, namely, four stories, five stories, and six stories. This study shows that the reinforcement based on standard earthquake design per SNI 2019 is more than per SNI 2012 for all level variations. The difference in the average amount of longitudinal reinforcement for beams is 461 mm². The difference in the average amount of shear reinforcement for beams is 454 mm²/m. The difference in the average amount of main reinforcement for columns is 4,448 mm². The difference in the average amount of column shear reinforcement is 1,099 mm²/m. The average ratio of longitudinal reinforcement of beams increases between the level variations is 2.25. The average shear reinforcement ratio of beams increases between the level variations by 1.43. There is no increase in the amount of longitudinal reinforcement of columns. Hence it cannot be compared. The average shear reinforcement ratio of columns increases between the level variations by 1,90.

Kutipan: Diisi oleh Editor

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa, sehingga pembangunan struktur gedung, harus mempertimbangkan pembebanan yang bekerja, diantaranya beban gravitasional dan beban gempa (Bukhori dan Agung Prasetyo, 2019). Beban gempa dapat terjadi pada bangunan karena dipengaruhi oleh waktu getaran, jenis tanah, massa struktur, kekakuan fleksibilitas bangunan dan keseragaman distribusi massa. Pada struktur sederhana, dimana pusat massa dan pusat kekakuannya berada pada titik yang sama, maka dapat dianalisis secara statik. Namun untuk struktur yang lebih kompleks, perlu dianalisis secara dinamik. Analisis dinamik melibatkan respon spektrum desain dalam menganalisis suatu struktur. Respon spektrum desain adalah suatu spektrum yang menyajikan periode getar struktur dan percepatan gempa, yang dipengaruhi oleh parameter respon spektrum desain. Pada SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019 memiliki perbedaan pada parameter respon spektrum, sehingga berpengaruh terhadap respon spektrum desain. Dalam penelitian ini hendak dilakukan perbandingan analisis gempa dinamik berdasarkan SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019 yang dimodelkan menggunakan software komputer, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap luas tulangan balok dan luas tulangan kolom. Gedung yang ditinjau adalah gedung Biro Logistik POLDA NTT, gedung dibuat menjadi 4 variasi tingkat yaitu 3 tingkat, 4 tingkat, 5 tingkat dan 6 tingkat, untuk mengetahui pengaruh analisis gempa terhadap luas tulangan akibat variasi kenaikan tingkat.

2. Bahan dan Metode

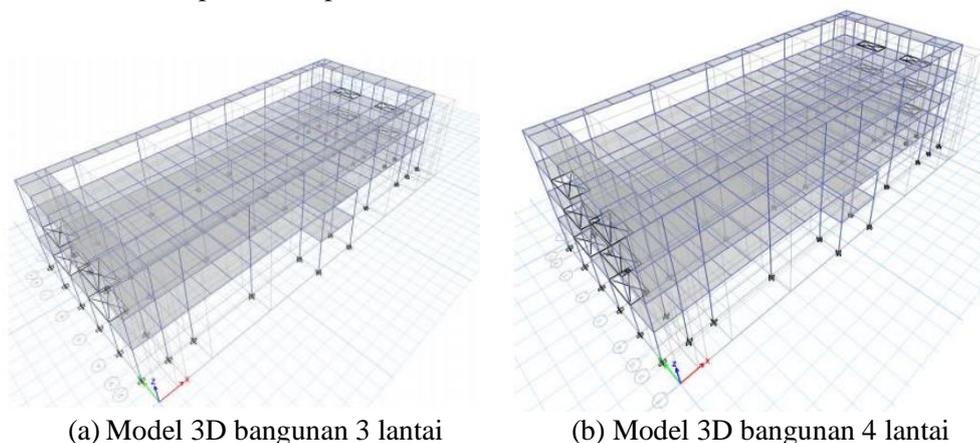
2.1. Tahapan Persiapan dan Metode Analisis

Deskripsi gedung yang ditinjau merujuk pada Laporan perhitungan struktur gedung biro logistik POLDA NTT, dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Deskripsi struktur gedung

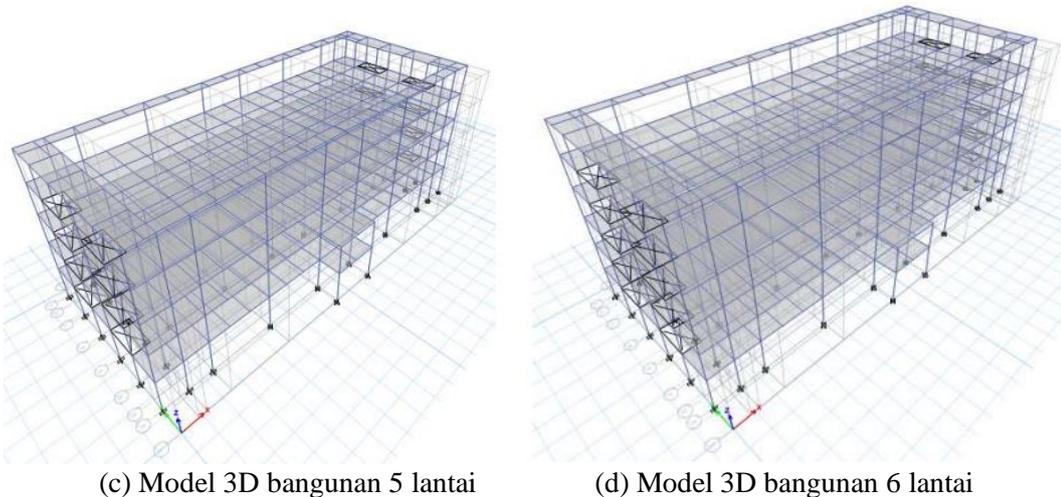
| No | Deskripsi gedung | Keterangan |
|----|---------------------|---|
| 1 | Nama bangunan | Gedung biro logistik POLDA NTT |
| 2 | Lokasi bangunan | Mapolda POLDA NTT, Jln. Soeharto No.3 Kota Kupang Nusa Tenggara Timur |
| 3 | Koordinat bangunan | -10,1774041° LS, 123,5946471° BT |
| 4 | Fungsional bangunan | Kantor |
| 5 | Jenis struktur | <i>Open frame</i> beton bertulang |
| 6 | Jenis tanah | Tanah keras |
| 7 | Mutu beton | $f_c' = 25$ Mpa |
| 8 | Mutu baja tulangan | $f_y = 390$ Mpa & $f_u = 585$ Mpa |

Pemodelan struktur 3D untuk semua variasi tingkat berdasarkan Gambar kerja gedung biro logistik POLDA NTT, dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



(a) Model 3D bangunan 3 lantai

(b) Model 3D bangunan 4 lantai



(c) Model 3D bangunan 5 lantai

(d) Model 3D bangunan 6 lantai

Gambar 1. Model 3D bangunan variasi 3, 4, 5 dan 6 tingkat

Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data dan informasi gedung yang didapat dari Laporan perhitungan struktur dan Gambar kerja gedung biro logistik POLDA NTT. Kemudian dilanjutkan dengan membuat pemodelan struktur gedung dengan software ETABS2016, meliputi mendefinisikan material dengan menginput mutu bahan, menginput dimensi struktur, idealisasi reaksi perletakan struktur, input beban dan kombinasi pembebanan. Selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk mengontrol pola ragam gerak struktur, partisipasi massa struktur dan rasio kapasitas berdasarkan SNI Beton 2013. Setelah itu dilakukan analisis gempa statik dan dinamik pada kedua SNI Gempa untuk mengecek respon struktur terhadap gaya geser dasar, simpangan antar lantai, p -delta dan ketidakberaturan struktur. Jika sudah memenuhi maka dapat dilihat perbedaan luas tulangan longitudinal dan geser pada balok, dan luas tulangan utama dan geser kolom dengan SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019 untuk masing-masing variasi tingkat.

2.2. Data Beban

2.2.1. Beban Mati Tambahan

Beban mati berasal dari berat sendiri struktur yaitu beton bertulang, diambil dari Peraturan pembebanan indonesia untuk gedung. Beban mati tambahan diambil berdasarkan Laporan perhitungan struktur gedung biro logistik POLDA NTT seperti di bawah ini:

1. Beban merata:
 - a. Dinding pada atap = 1,5 kN/m
 - b. Dinding pada lantai = 5 kN/m
 - c. Beban akibat tangga = 25 kN/m
 - d. Beban akibat atap = 9,3 kN/m
2. Beban areal:
 - a. Lantai atap = 1,5 kN/m²
 - b. Lantai = 1,5 kN/m²

2.2.2. Beban Hidup

Berdasarkan Laporan perhitungan struktur gedung biro logistik POLDA NTT maka beban hidup yang terdapat pada struktur yaitu:

1. Beban merata:
 - a. Lantai atap = 1,5 kN/m
2. Beban areal:
 - a. Lantai dak = 1 kN/m²
 - b. Beban akibat tandon air pada atap = 15 kN/m²
 - c. Beban akibat aktivitas kantor dan koridor = 3 kN/m²
 - d. Beban akibat aktivitas gudang dan aula = 5 kN/m²
 - e. Beban akibat aktivitas podium = 7,2 kN/m²

2.3. Kombinasi Pembebanan

Pada penelitian ini akan digunakan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI Gempa 2012 seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI Gempa 2019 seperti ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI Gempa 2012

| <i>Name</i> | <i>Load case/combo</i> |
|-------------|--|
| Comb 1 | 1,4 DL + 1,4 SDL |
| Comb 2 | 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL |
| Comb 3 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL + 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 4 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL + 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 5 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL - 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 6 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL - 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 7 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL + 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 8 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL + 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 9 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL - 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 10 | 1,35 DL + 1,35 SDL + LL - 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 11 | 0,75 DL + 0,75 SDL + 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 12 | 0,75 DL + 0,75 SDL + 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 13 | 0,75 DL + 0,75 SDL - 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 14 | 0,75 DL + 0,75 SDL - 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 15 | 0,75 DL + 0,75 SDL + 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 16 | 0,75 DL + 0,75 SDL + 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 17 | 0,75 DL + 0,75 SDL - 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 18 | 0,75 DL + 0,75 SDL - 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |

Tabel 3. Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI Gempa 2019

| <i>Name</i> | <i>Load case/combo</i> |
|-------------|--|
| Comb 1 | 1,4 DL + 1,4 SDL |
| Comb 2 | 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL |
| Comb 3 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL + 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 4 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL + 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 5 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL - 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 6 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL - 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 7 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL + 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 8 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL + 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 9 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL - 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 10 | 1,38 DL + 1,38 SDL + LL - 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 11 | 0,72 DL + 0,72 SDL + 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 12 | 0,72 DL + 0,72 SDL + 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 13 | 0,72 DL + 0,72 SDL - 1,3 Eqx - 0,39 Eqy |
| Comb 14 | 0,72 DL + 0,72 SDL - 1,3 Eqx + 0,39 Eqy |
| Comb 15 | 0,72 DL + 0,72 SDL + 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |
| Comb 16 | 0,72 DL + 0,72 SDL + 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 17 | 0,72 DL + 0,72 SDL - 0,39 Eqx - 1,3 Eqy |
| Comb 18 | 0,72 DL + 0,72 SDL - 0,39 Eqx + 1,3 Eqy |

2.4. Perbedaan Analisis Gempa Berdasarkan SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019

2.4.1. Faktor Amplifikasi Getaran F_A dan F_V

Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_A) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_V), ditunjukkan pada Tabel 4 untuk SNI Gempa 2012 dan Tabel 5 untuk SNI Gempa 2019.

Tabel 4. Klasifikasi situs, F_A dan F_V (SNI Gempa 2012)

| Ket | Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s | | | | |
|-------|-------------|--|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s > 1,25$ |
| F_A | S_A | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | S_B | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | S_C | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| | S_D | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| | S_E | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 0,9 | 0,9 |
| | S_F | SS ^b | | | | |

| Ket | Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1 | | | | |
|-------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 \geq 0,5$ |
| F_V | S_A | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | S_B | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | S_C | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| | S_D | 2,4 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| | S_E | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 |
| | S_F | SS ^b | | | | |

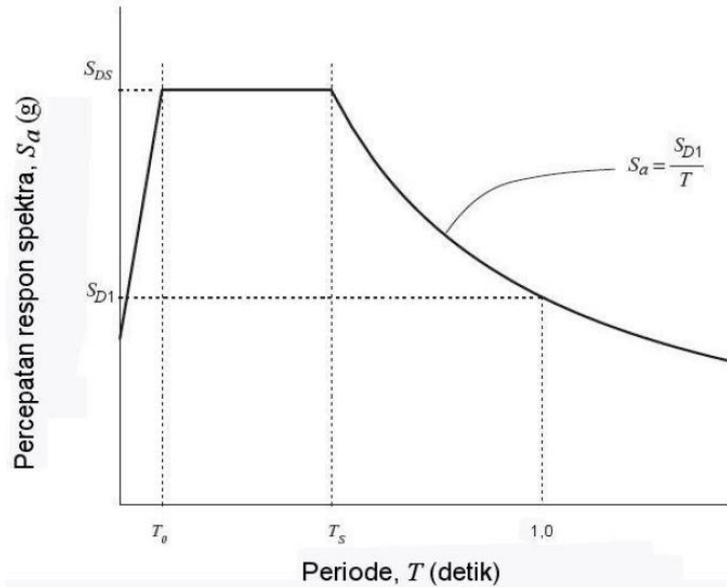
Tabel 5. Klasifikasi situs, F_A dan F_V (SNI Gempa 2019)

| Ket | Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s | | | | | |
|-------|-------------|--|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| | | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,5$ |
| F_A | S_A | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | S_B | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| | S_C | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | S_D | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| | S_E | 2,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,8 |
| | S_F | SS ^b | | | | | |

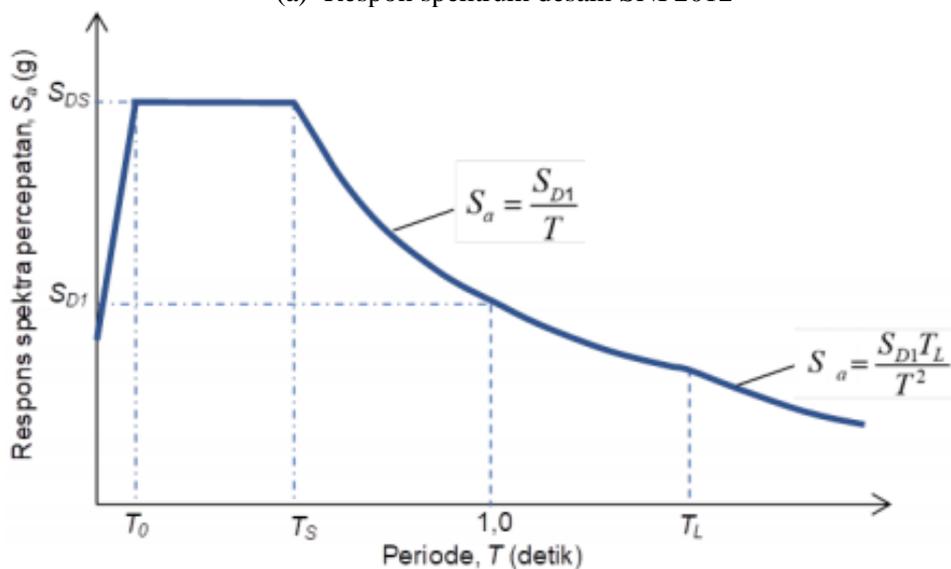
| Ket | Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1 | | | | | |
|-------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 = 0,5$ | $S_1 \geq 0,6$ |
| F_V | S_A | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | S_B | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | S_C | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,4 |
| | S_D | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,6 | 1,8 | 1,7 |
| | S_E | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,0 |
| | S_F | SS ^b | | | | | |

2.4.2. Respon Spektrum Desain

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar suatu struktur T , lawan respon-respon maksimumnya berdasarkan faktor jenis tanah dan faktor wilayah gempa untuk daerah tertentu (Chadaffi, 2017). Pada SNI Gempa 2012 percepatan desain dibagi menjadi 3 segmen yakni untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S dan untuk periode yang lebih besar dari T_S . Namun pada SNI Gempa 2019 terdapat penambahan percepatan desain untuk periode lebih besar T_L . Respon spektrum desain kedua SNI dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



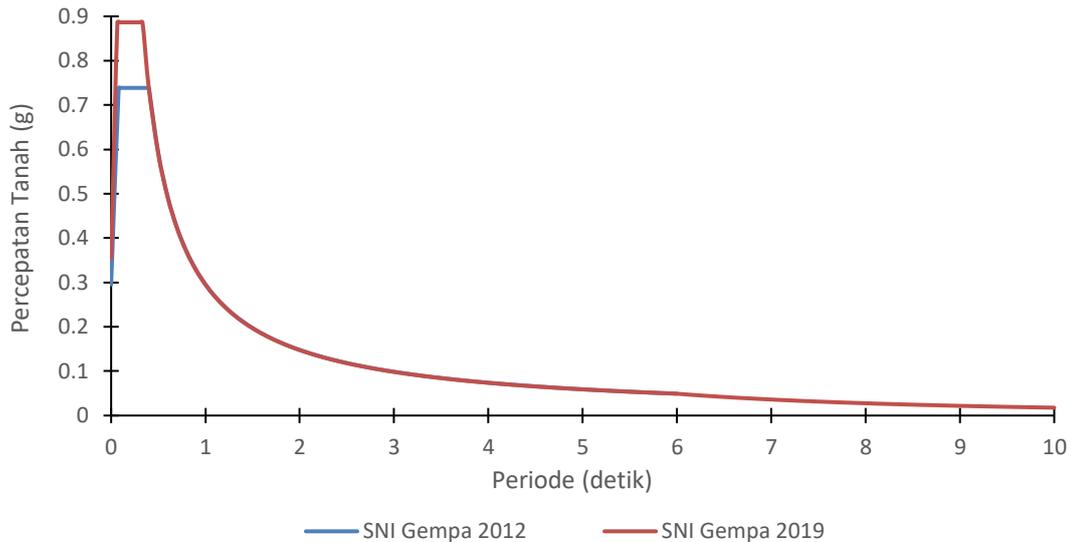
(a) Respon spektrum desain SNI 2012



(b) Respon spektrum desain SNI 2019

Gambar 2. Respon spektrum desain SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019

Analisis gempa dinamik dilakukan dengan memasukkan parameter respons spektrum sesuai SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2019, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Respon spektrum desain

2.4.3. Partisipasi Massa Ragam Terkombinasi

Pada SNI Gempa 2012 analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal, sedangkan berdasarkan SNI Gempa 2019 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Namun sebagai alternatif diijinkan jumlah ragam minimum sebesar 90% dari massa aktual.

2.5.3. Kontrol Gaya Geser Dasar

Pada SNI Gempa 2012 kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam (V_D) harus lebih besar 85% dari gaya geser dasar yang dihitung menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen (V_S), sedangkan pada SNI Gempa 2019 kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam (V_D) harus lebih besar 100% dari gaya geser dasar yang dihitung menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen (V_S).

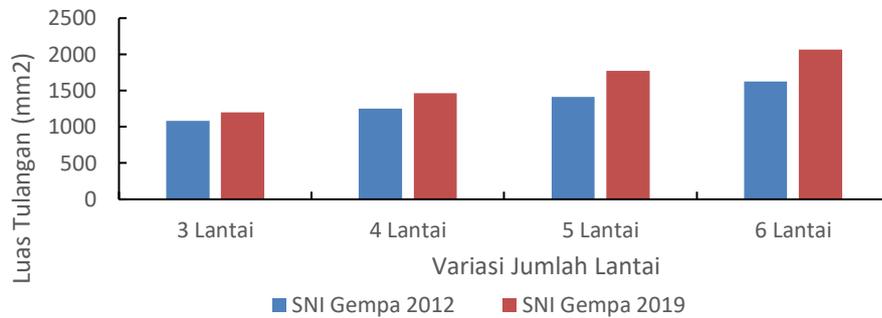
2.6. Pengaruh Analisis Gempa Terhadap Luas Tulangan Balok dan Kolom

Respon spektrum desain adalah suatu spektrum yang menyajikan periode getar dan percepatan gempa, yang dipengaruhi oleh parameter di atas. Pada suatu struktur apabila terkena percepatan gempa maka akan dikalikan dengan massa struktur tersebut, sehingga menyebabkan timbulnya beban gempa. Beban gempa ini akan ditahan oleh sistem penahan lateral atau sistem pemikul gaya seismik. Pada struktur dengan sistem rangka pemikul momen, yang berfungsi dalam menahan beban gempa adalah kolom dan balok. Balok berperan menyalurkan beban yang diterima (beban areal, beban linear, beban terpusat dan beban transfer) menuju kolom, kemudian meneruskannya ke struktur bawah. Beban yang diterima balok dan kolom bukan hanya beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup, namun juga berupa beban lateral akibat beban gempa. Beban gempa tersebut menyebabkan timbulnya gaya dalam pada balok dan kolom. Gaya dalam yang dominan terjadi pada balok yaitu momen lentur dan gaya geser, sedangkan pada kolom yaitu gaya aksial. Gaya dalam tersebut menyebabkan adanya tegangan tekan dan tegangan tarik, yang terjadi pada setiap penampang di sepanjang balok dan kolom. Pada struktur beton bertulang, balok dan kolom beton merupakan komponen struktur yang kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik (Supriyatna, 2020). Oleh karena itu tulangan diperlukan untuk menahan tegangan tarik akibat gaya dalam tersebut. Tulangan longitudinal berfungsi menahan momen lentur dan aksial sedangkan tulangan geser berfungsi menahan gaya geser (Honarto, 2019)

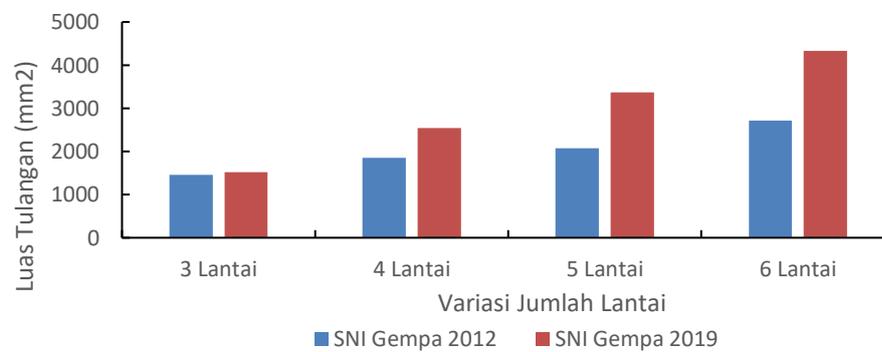
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perbedaan Luas Tulangan Longitudinal Balok

Luas tulangan rata-rata longitudinal balok untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan luas tulangan maksimum longitudinal balok untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Luas tulangan rata-rata longitudinal balok

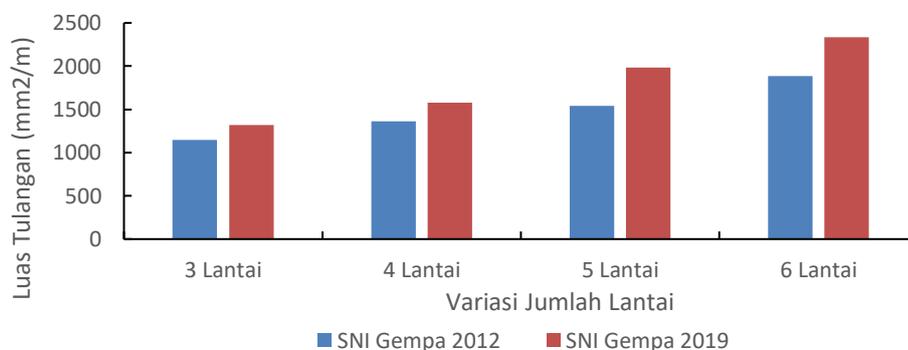


Gambar 5. Luas tulangan maksimum longitudinal balok B5A

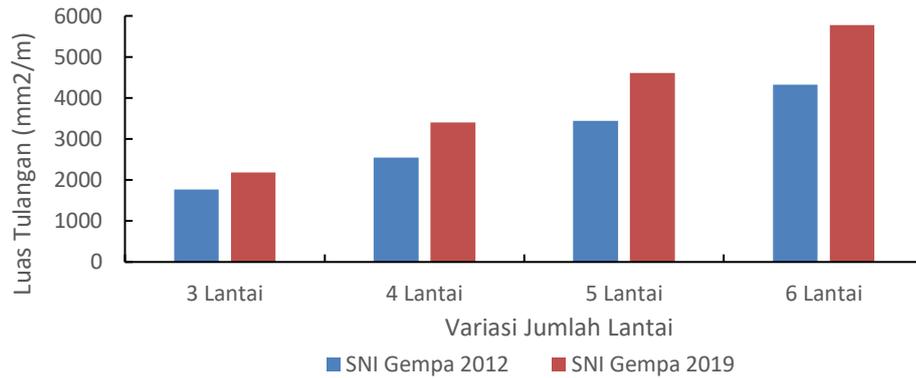
Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 diatas dapat diketahui perbedaan luas tulangan rata-rata longitudinal balok untuk variasi 3 tingkat sebesar 118 mm², variasi 4 tingkat sebesar 216 mm², variasi 5 tingkat sebesar 357 mm² dan variasi 6 tingkat sebesar 461 mm². Sedangkan perbedaan luas tulangan terbesar terdapat pada balok B5A, untuk variasi 3 tingkat sebesar 442 mm², variasi 4 tingkat sebesar 683 mm², variasi 5 tingkat sebesar 1288 mm² dan variasi 6 tingkat sebesar 1614 mm².

3.2. Perbedaan Luas Tulangan Geser Balok

Luas tulangan rata-rata geser balok untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan luas tulangan maksimum geser balok untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Luas tulangan rata-rata geser balok

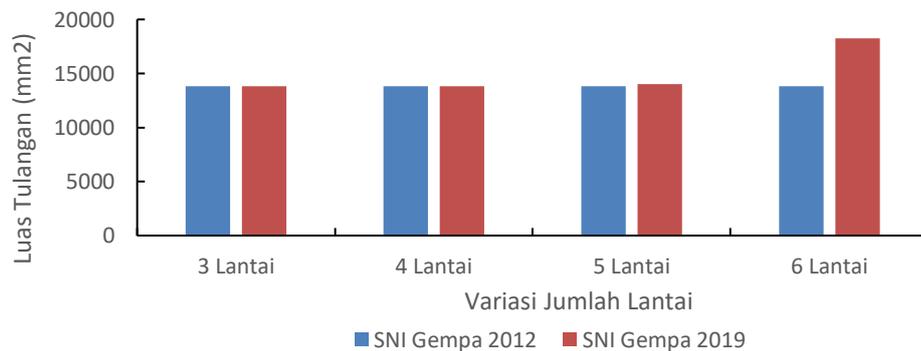


Gambar 7. Luas tulangan maksimum geser balok B5A

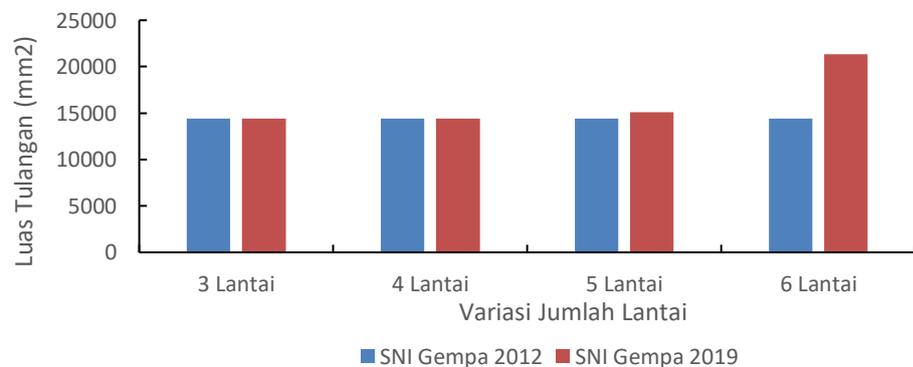
Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 diatas dapat diketahui perbedaan luas tulangan rata-rata geser balok untuk variasi 3 tingkat sebesar 178 mm²/m, variasi 4 tingkat sebesar 222 mm²/m, variasi 5 tingkat sebesar 453 mm²/m dan variasi 6 tingkat sebesar 454 mm²/m. Sedangkan perbedaan luas tulangan terbesar terdapat pada balok B5A, untuk variasi 3 tingkat sebesar 591 mm²/m, variasi 4 tingkat sebesar 861 mm²/m, variasi 5 tingkat sebesar 1168 mm²/m dan variasi 6 tingkat sebesar 1460 mm²/m.

3.3. Perbedaan Luas Tulangan Utama Kolom

Luas tulangan rata-rata utama kolom untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 8, sedangkan luas tulangan maksimum utama kolom untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Luas tulangan rata-rata utama kolom



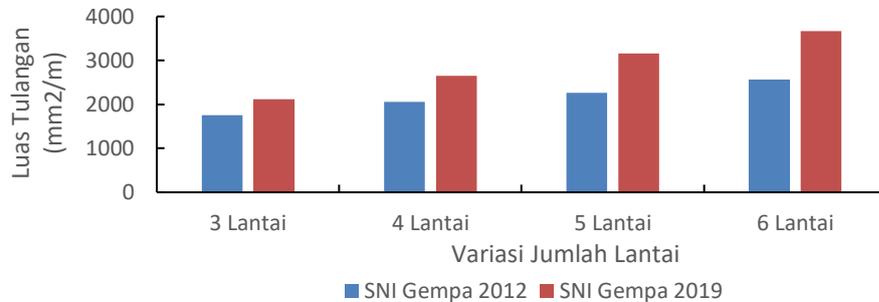
Gambar 9. Luas tulangan maksimum utama kolom K2

Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9 diatas dapat diketahui perbedaan luas tulangan rata-rata utama kolom untuk variasi 3 tingkat hasil luas tulangan untuk kedua SNI sama, variasi 4 tingkat hasil luas tulangan untuk kedua SNI sama, variasi 5 tingkat sebesar 171 mm² dan variasi 6 tingkat sebesar

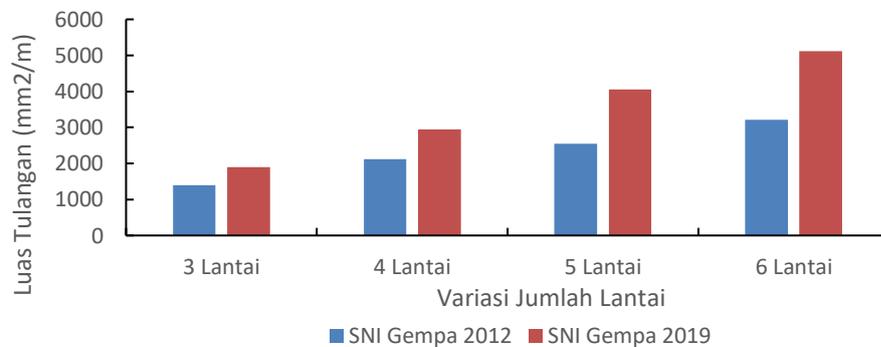
4448 mm². Sedangkan perbedaan luas tulangan terbesar terdapat pada kolom K2, untuk variasi 5 tingkat sebesar 685 mm² dan variasi 6 tingkat sebesar 6943 mm².

3.4. Perbedaan Luas Tulangan Geser Kolom

Luas tulangan rata-rata geser kolom untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 10, sedangkan luas tulangan maksimum geser kolom untuk semua variasi tingkat ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Luas tulangan rata-rata geser kolom



Gambar 11. Luas tulangan maksimum geser kolom K4

Berdasarkan Gambar 10 dan Gambar 11 diatas dapat diketahui perbedaan luas tulangan rata-rata geser kolom untuk variasi 3 tingkat sebesar 363 mm²/m, variasi 4 tingkat sebesar 590 mm²/m, variasi 5 tingkat sebesar 896 mm²/m dan variasi 6 tingkat sebesar 1099 mm²/m. Sedangkan perbedaan luas tulangan terbesar terdapat pada kolom K4, untuk variasi 3 tingkat sebesar 507 mm²/m, variasi 4 tingkat sebesar 835 mm²/m, variasi 5 tingkat sebesar 1507 mm²/m dan variasi 6 tingkat sebesar 1904 mm²/m.

3.5. Perbandingan Luas Tulangan Antar Variasi Tingkat

Berdasarkan Gambar di atas dapat diketahui perbandingan kenaikan luas tulangan rata-rata longitudinal balok antar variasi tingkat adalah 2,25. Perbandingan kenaikan luas tulangan rata-rata geser balok antar variasi tingkat adalah 1,43. Luas tulangan utama kolom antar variasi tingkat pada SNI Gempa 2012 tidak terdapat kenaikan luas tulangan, sehingga tidak dapat dibandingkan dengan SNI Gempa 2019. Perbandingan luas tulangan rata-rata geser kolom antar variasi tingkat adalah 1,9.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil diatas, maka secara *general* dapat disimpulkan bahwa untuk semua variasi tingkat menunjukkan hasil luas tulangan balok dan kolom yang didapatkan dari analisis dinamik berdasarkan SNI Gempa 2019 lebih besar dari SNI Gempa 2012. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter analisis dinamik dari kedua SNI, dimana kontrol gaya geser dasar pada SNI Gempa 2019 menyertakan persentase gaya geser dasar statik yang lebih besar dibandingkan SNI Gempa 2012. Ini berpengaruh terhadap penskalaan koreksi gaya gempa yang membuat nilai gempa desain yang dikenakan pada struktur lebih besar. Selain itu penambahan variasi tingkat juga membuat distribusi gempa dinamik menjadi lebih besar, sehingga luas tulangan balok dan kolom akan bertambah secara linier seiring penambahan variasi tingkat. Pada penelitian ini didapati bahwa dimensi balok dan

kolom cukup boros untuk semua variasi tingkat, oleh sebab itu disarankan agar menambahkan dinding geser dan dilihat pengaruh analisis pada kedua SNI terhadap luas tulangan dinding geser.

Ucapan terima kasih

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak, artikel ini tidak dapat terselesaikan. Oleh sebab itu penulis mengucapkan limpah terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2019)*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2013)*. Jakarta: BSN
- Chadaffi, Muchamad. 2017. "Perbandingan Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Hotel Sala View yang Berpedoman pada SNI 1726–2002 dan SNI 1726–2012." Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Honarto, Ricky Januar. 2019. "Perencanaan Bangunan Beton Bertulangan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus." *Jurnal Sipil Statik* (201-208) ISSN: 2337-6732.
- PT Mataram Panjisena. 2020. "Laporan Perhitungan Struktur Gedung Biro Logistik POLDA NTT." Bandung: PT Mataram Panjisena.
- PT Mataram Panjisena. 2020. "Gambar Kerja Gedung Biro Logistik POLDA NTT." Bandung: PT Mataram Panjisena.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG)*. Bandung: Stensil.
- Prasetyo, Agung, and Bukhori. 2019. "Perbandingan Kebutuhan Tulangan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Terhadap Biaya Konstruksi Berdasarkan Pembebanan SNI 1726–2012 serta SNI 1727–2013 dengan Pembebanan Sebelumnya," *Jurnal Ilmiah* e-ISSN: 2442-5176.
- Supriyatna, Dede. 2020. "Studi Analisis Bangunan Gedung Bertingkat dengan Perbandingan SNI 1726–2012 dan SNI 1726–2019 Berpengaruh Terhadap Rasio Tulangan," Fakultas Teknik, Universitas Persada Indonesia.