

2022

JURNAL

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Perbandingan Displacement, Gaya Dalam, Serta Tulangan Lentur dan Geser Kolom Antara SRPMB dan SRPMK
(Bing Santosa, Sahrul Meirza Fitra Tama)

Kuat Tarik Besi Tulangan Polos dan Ulir Krakatau Steel Diameter 10mm
(Herlina Susilawati)

Implementasi Regulasi Jasa Konstruksi Pada Perubahan Kontrak Kerja Proyek Konstruksi
(Buddewi Sukindrawati, Widya kartika)

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) Pada Campuran Beton Untuk Mengetahui Nilai Workability dan Kuat Tekan Beton
(Afrianto Sulaiman, Satria Agung Wibawa, Yayu Sriwahyuni Hamzah)

Efektifitas Dinding Geser Sebagai Pengendali Defleksi pada Gedung 6 Lantai
(Prasetya Adi, Bing Santosa, Dani Widiarta)

Limbah Beton Sebagai Substitusi Material Pada Laston AC-WC
(J. Soandrijanie Linggo, Amelia Bunga Nugrahenny)

Evaluasi Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci) dan Bina Marga
(Study Kasus Ruas Jalan Sentolo-Pengasih Kulon Progo)
(Suherminanta, Adrianto Palelu, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Kajian Kehilangan Debit Akibat Budidaya Perikanan di sekitar Saluran Irigasi D I Nglengkong Kabupaten Sleman
(Sardi, Tania Edna Bhakty, Nizar ahmad, Wahyudi)

Studi Pengendalian Banjir dan Manajemen Pengendalian Banjir Sungai Buntung
(Studi Kasus Sungai Buntung Kabupaten Sukoharjo)
(Reja Putra Jaya, Sarju)

DEWAN EDITORIAL

- Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
- Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.
- Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra
- Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Perbandingan Displacement, Gaya Dalam, Serta Tulangan Lentur dan Geser Kolom Antara SRPMB dan SRPMK (Bing Santosa, Sahrul Meirza Fitra Tama)	1 - 5
2. Kuat Tarik Besi Tulangan Polos dan Ulir Krakatau Steel Diameter 10mm (Herlina Susilawati)	6 - 9
3. Implementasi Regulasi Jasa Konstruksi Pada Perubahan Kontrak Kerja Proyek Konstruksi (Buddewi Sukindrawati, Widya kartika)	10 - 18
4. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) Pada Campuran Beton Untuk Mengetahui Nilai Workability Dan Kuat Tekan Beton (Afrianto Sulaiman, Satria Agung Wibawa, Yayu Sriwahyuni Hamzah)	19 – 27
5. Efektifitas Dinding Geser Sebagai Pengendali Defleksi pada Gedung 6 Lantai (Prasetya Adi ,Bing Santosa, Dani Widihearta)	28 – 33
6. Limbah Beton Sebagai Substitusi Material Pada Laston AC-WC (JF. Soandrijanie Linggo, Amelia Bunga Nugrahenny)	34 – 37
7. Evaluasi Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci) dan Bina Marga (Study Kasus Ruas Jalan Sentolo-Pengasih Kulon Progo) (Suherminanta, Adrianto Palelu, Risdiyanto, Nindy Cahyo Kresnanto)	38 – 50
8. Kajian Kehilangan Debit Akibat Budidaya Perikanan di sekitar Saluran Irigasi D I Nglengkong Kabupaten Sleman (Sardi, Tania Edna Bhakty, Nizar ahmad, Wahyudi)	51 – 61
9. Studi Pengendalian Banjir dan Manajemen Pengendalian Banjir Sungai Buntung (Studi Kasus Sungai Buntung Kabupaten Sukoharjo) (Reja Putra Jaya, Sarju)	62 - 64

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 8, Nomor 3, Edisi Oktober 2022. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Perbandingan *Displacement*, Gaya Dalam, Serta Tulangan Lentur Dan Geser Kolom Antara SRPMB Dan SRPMK

Bing Santosa¹, Sahrul Meirza Fitra Tama²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta
Email : bing@janabadra.ac.id, sahrulmeirza@gmail.com

Abstract

The principle of building structure planning is to produce a building that is safe, comfortable, durable, efficient and economical. A building structure must be able to withstand loads and forces acting on the structure itself as well as external forces such as earthquake and wind forces, so that the planned building structure is safe. There are many variations in the size of buildings, therefore in planning a building requires careful planning in terms of safety, cost, function, aesthetics, and time. In building planning, a structural planning program is needed to obtain optimal and accurate results. One of the structural planning programs used is SAP 2000.

In addition to the program, the latest regulations are also needed, namely SNI 1726-2019 concerning Procedures for Earthquake Resistance for Building and Non-Building Structures, SNI 2847-2019 Standards for Calculation of Concrete Structures for Buildings and Loading Planning for Houses and Buildings SNI 1727-2020. There are 3 (three) planning systems for earthquake resistant structures according to SNI 2847-2019, namely the Ordinary Moment Resisting Frame System (SRPMB), the Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM), and the Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). In this study, we will compare the results of displacement, internal force, and column flexural and shear reinforcement between SRPMB and SRPMK.

The results showed that the displacement of floors 1-7 due to gravity loads on SRPMB has the same value compared to SRPMK, displacements of floors 1-7 due to earthquake loads in the x and y directions on SRPMB are greater than SRPMK and with a multiple of 2.6667, the force axial (P), shear (V), and moment (M) on SRPMB are larger than SRPMBK, and in general, the amount of flexural reinforcement in columns with SRPMB is greater than that in columns with SRPMK, while column shear reinforcement with SRPMB is smaller compared with SRPMK.

Keywords: *displacement, internal force, flexural reinforcement and column shear, SAP2000 V14 program.*

1. Pendahuluan

Prinsip dari perencanaan struktur gedung adalah untuk menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman, kuat, efisien, dan ekonomis. Suatu struktur gedung harus mampu menahan beban dan gaya – gaya yang bekerja pada struktur itu sendiri maupun gaya yang bekerja dari luar seperti gaya gempa dan angin, sehingga struktur gedung yang direncanakan aman. Ukuran bangunan gedung banyak variasinya, oleh karena itu dalam merencanakan bangunan gedung perlu perencanaan yang matang ditinjau dari segi keamanan, biaya, fungsi, estetika, dan waktu. Dalam perencanaan bangunan gedung diperlukan program perencanaan struktur untuk mendapatkan hasil yang optimal dan akurat. Salah satu program perencanaan struktur yang digunakan adalah SAP 2000.

Selain program diperlukan juga peraturan terbaru yaitu SNI 1726-2019 [1] tentang Tata Cara Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 2847-2019 [3] Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dan Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SNI 1727-2020 [2]. Ada 3 (tiga) sistem perencanaan struktur tahan gempa menurut SNI 2847-2019 [3] yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dilaksanakan penelitian untuk mengetahui perbedaan hasil *displacement*, gaya dalam, serta tulangan lentur dan geser kolom antara SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) suatu bangunan beton bertulang berlantai 6 (enam) yang berfungsi sebagai fasilitas pendidikan. .

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kolom

Kolom merupakan elemen penting yang memikul beban dari balok dan pelat. Kolom dapat memikul beban aksial saja. Namun lebih sering kolom direncanakan sebagai pemikul beban kombinasi aksial dan lentur. Selain beban gravitasi, kolom juga dapat direncanakan sebagai pemikul beban lateral yang berasal dari beban gempa atau beban angin (Agus Setiawan, 2016) [10]. Seperti halnya balok, kekuatan kolom dievaluasi berdasarkan prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

1. Distribusi regangannya linier di seluruh tebal kolom.
2. Tidak ada gelincir antar beton dengan tulangan baja (ini berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang mengelilinginya).
3. Regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal (untuk perhitungan kekuatan) adalah 0,003.

4. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan.

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu:

1. Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik.

Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan. (Nawy, 1990). [6].

2.2. Perencanaan Terhadap Beban Gempa

Keteraturan (beraturan atau tidak) atau konfigurasi gedung akan sangat mempengaruhi kinerja gedung sewaktu terkena gempa rencana, karena itu struktur gedung dibedakan atas dua golongan yaitu yang beraturan dan yang tidak, berdasarkan konfigurasi denah dan elevasi gedung. Analisis gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Sedangkan untuk gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik (Purwono, 2005) [8]. Sebuah kolom sederhana dengan kekakuan (k) dan tinggi (h) memikul sebuah massa (m) pada bagian atasnya. Di saat tidak terjadi gempa, gaya yang terjadi pada kolom hanyalah beban aksial dari massa (m) dan momen yang dihasilkan relatif kecil atau bahkan bisa diabaikan. Namun saat terjadi percepat gempa EQ , maka akan muncul sebuah gaya F (sesuai kaidah fisika dasar $F=m.a$) yang berpusat pada massa (m) yang terletak pada puncak kolom. Pada kondisi tersebut kolom dalam kondisi perletakan jepit, sehingga dengan adanya jarak pada ketinggian tertentu, seolah-olah muncul momen (M) yang diakibatkan adanya gaya F dan lengan momen h pada bagian bawah kolom. Pada kasus ini, kolom merupakan struktur kantilever, sehingga tidak terdapat momen pada puncak kolom.

Beda halnya dengan bagian bawah kolom, dikarenakan perletakan jepit (karena umumnya perletakan kolom adalah jepit), maka akan muncul besaran momen yang sangat besar sebanding dengan F , m , h , k dan a (percepatan EQ). Mekanisme inilah yang membuat kolom memiliki peran sangat penting di saat gempa terjadi [12].

2.3. Displacement

Penerapan metode desain kekuatan akhir-akhir ini, bersama-sama dengan penggunaan beton dan baja mutu tinggi, telah mengijinkan penggunaan batang struktur dengan ukuran yang relatif langsing. Akibatnya, lendutan dan retak lendutan menjadi masalah yang lebih serius dibandingkan dengan beberapa puluh tahun yang lalu [6].

Besarnya lendutan pada batang-batang beton menjadi sangat penting. Lendutan yang berlebihan pada balok dan pelat dapat menyebabkan penurunan lantai, cekungan pada atap datar, getaran yang

berlebihan, dan bahkan mengganggu operasi dari mesin yang ditopang struktur. Lendutan seperti ini dapat merusak partisi dan menyebabkan pintu dan jendela tidak dapat menutup dengan baik. Selanjutnya, lendutan dapat merusak penampilan struktur atau menimbulkan ketakutan bagi penghuni bangunan, meskipun sebenarnya bangunan tersebut cukup aman. Semua struktur yang digunakan oleh manusia harus cukup kaku dan relatif bebas dari getaran sehingga dapat memberikan rasa aman [10].

2.4. Gaya Dalam

Gaya Dalam adalah gaya yang bekerja di dalam struktur atau gaya yang merambat dari muatan kepada reaksi perletakan disebut gaya dalam [10]. Gaya-gaya dalam dapat berupa :

1. Gaya Normal (P), yaitu gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu memanjang batang.
2. Gaya Lintang (V), yaitu gaya yang bekerja tegak lurus dengan sumbu memanjang batang.
3. Gaya Momen (M), yaitu yang hendak membengkokkan batang

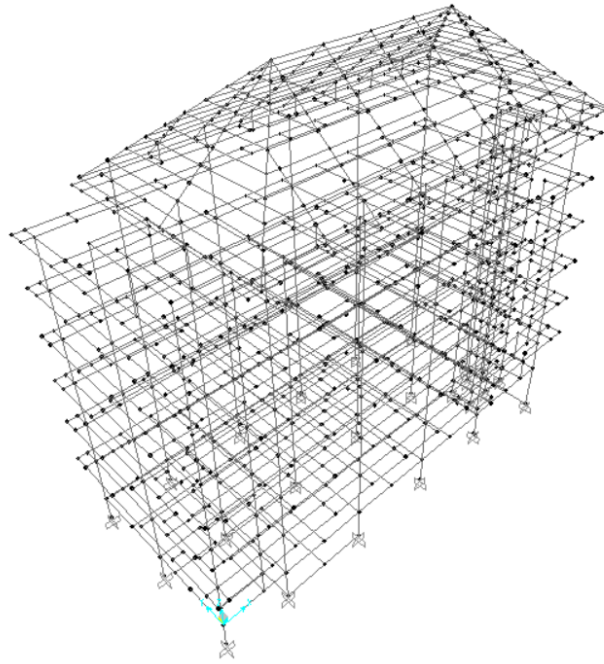
2.5. Program SAP2000

Perkembangan ilmu teknik sipil dirasakan begitu cepat karena adanya keinginan dan kebutuhan manusia yang semakin meningkat, seperti banyaknya gedung-gedung tinggi, jembatan, bangunan air, dan sarana prasarana lainnya. Untuk merencanakan semua itu tidak menjadi masalah dan bisa dilakukan dengan cepat karena kecanggihan teknologi untuk mendesain bangunan sipil. SAP (*Structural Analysis Program*) adalah salah satu program komputer yang digunakan khusus untuk perencanaan gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit. Software tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan ETABS (*Extended Tree Dimensional Analysis And Design Of Building Systems*, karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama (Computers and Structures Inc, CSI) yaitu salah satu perusahaan pembuat piranti lunak (*software*) untuk perencanaan-perencanaan struktur. Graphis user interface dari SAP 2000 digunakan untuk merancang, menganalisa, mendesain, dan menampilkan geometri struktur, property dan hasil analisis [9].

3. Metode Penelitian

3.1. Modelisasi Struktur

Bangunan dimodelkan dalam 3 dimensi dengan memasukkan elemen struktur yang berupa kolom, balok, dan pelat. Pelat beton dimodelkan sebagai diafragma yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya gempa ke elemen-elemen struktur lainnya dan terjepit pada balok. Kolom-kolom dianggap terjepit penuh pada bagian bawah dan diberikan balok *sloof* yang menghubungkan antar kolom.



Gambar 3.1. Model Struktur 3 Dimensi

3.2. Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur direncanakan berdasarkan peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020), pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019).

3.3. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada SNI 1727:2020 [2] dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

Kombinasi 1 : $1,0DL + 1,0LL + 1,0DD$

Kombinasi 2 : Ex

Kombinasi 3 : Ey

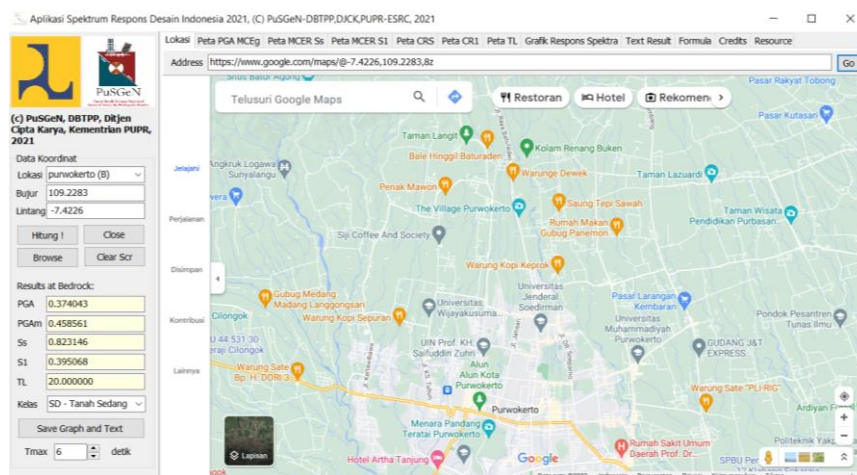
Kombinasi 4 : $1,2DL + 1,0LL + 1,0Ex - 0,3Ey$

Kombinasi 5 : $0,9DL - 0,3Ex - 1,0Ey$

3.4. Analisa Statik Ekuivalen

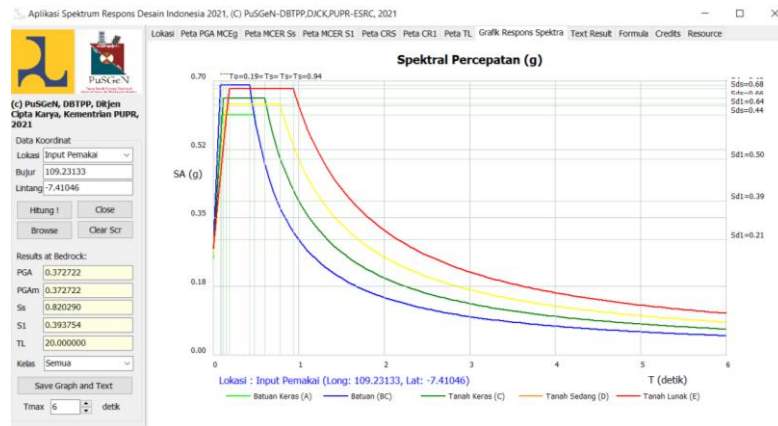
3.4.1. Parameter Respons Spektrum

Parameter desain respon spektrum didapat dari hasil perhitungan secara *Online* menggunakan (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>) dengan cara menentukan titik lokasi dimana bangunan akan didirikan. Secara otomatis program akan menampilkan data-data untuk desain respons spektrum gempa sesuai lokasi bangunan yang ditinjau. Parameter desain respons spektrum untuk Gedung Kantor pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Lokasi Bangunan

Setelah menentukan lokasi bangunan seperti pada Gambar 3.2, secara otomatis program akan mencatat titik Lintang Selatan (-7.410) dan Bujur Timur (109.231). Langkah selanjutnya adalah klik pada menu “Hitung”, maka secara otomatis program akan menampilkan hasil desain respons spektrum pada lokasi tersebut. Hasil desain respons spektrum untuk struktur Gedung Kantor yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.1.



Gambar 3.3. Hasil Diagram Percepatan Respons Spektrum

Tabel 3.1. Parameter Desain Spektra Secara Online

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.37272
S_s (g)	0.82029
S_1 (g)	0.39375
C_{RS}	0.0000
C_{R1}	0.0000
F_A	1.17188
F_V	1.90625
S_{MS} (g)	0.96128
S_{M1} (g)	0.75059
S_{DS} (g)	0.64086
S_{D1} (g)	0.50040
T_0 (detik)	0.15617
T_s (detik)	0.78082

3.4.2. Faktor R^a , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019 [1] Pasal 7.2.2 Tabel 12, struktur gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) didapatkan nilai:

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0^g = 3$$

$$C_d^b = 5\frac{1}{2}$$

Sedangkan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) didapatkan nilai:

$$R^a = 3$$

$$\Omega_0^g = 3$$

$$C_d^b = 2\frac{1}{2}$$

3.4.3. Perencanaan Beban Gempa (Statik Ekuivalen)

Pada penelitian ini digunakan parameter-parameter yang terdapat pada SNI 1726:2019 [1] untuk menghitung beban gempa yang terjadi pada setiap lantai. Gaya gempa lateral (F_x) yang di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{VX} \times V; \text{ dengan}$$

$$C_{VX} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_i^n 1 \cdot w_x \cdot h_x^k}$$

keterangan :

F_x : Gaya Gempa Lateral

C_{VX} : Faktor Distribusi Vertikal

V : Gaya Lateral Desain Total

W_i, W_x : Bagian Berat Seismik Efektif Total Struktur (W) Yang Dikenakan Pada Tingkat i Atau X

H_i, H_x : Tinggi dari dasar lantai sampai i atau x

K : Eksponen Yang Terkait Dengan Periode Struktur

Hasil perhitungan gaya geser horizontal secara manual akibat gempa di sepanjang tinggi bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.2. untuk SRPMB dan Tabel 3.3. untuk SRPMK.

Tabel 3.2. Perhitungan Gaya Lateral Gempa Statik Ekuivalen (SRPMB)

LANTAI	W _i (kN)	H _i (m)	W _i .H _i (kN.m)	F _i (kN)
LT-7	8,175.1160	25.50	373,160.9291	5,162.3809
LT-6	10,484.2630	21.30	387,015.3422	5,354.0456
LT-5	10,932.9180	17.10	311,454.9353	4,308.7282
LT-4	10,988.0830	12.90	224,475.4928	3,105.4377
LT-3	11,448.3500	8.70	146,948.4783	2,032.9139
LT-2	13,783.1010	4.50	81,281.4301	1,124.4631

Tabel 3.3. Perhitungan Gaya Lateral Gempa Statik Ekuivalen (SRPMK)

LANTAI	W _i (kN)	H _i (m)	W _i .H _i ^k (kN.m)	F _i (kN)
LT-7	8,175.1160	25.50	373,160.9291	1,935.8928
LT-6	10,484.2630	21.30	387,015.3422	2,007.7671
LT-5	10,932.9180	17.10	311,454.9353	1,615.7731
LT-4	10,988.0830	12.90	224,475.4928	1,164.5391
LT-3	11,448.3500	8.70	146,948.4783	762.3427
LT-2	13,783.1010	4.50	81,281.4301	421.6737

3.4.4. Perencanaan Tulangan Lentur Kolom SRPMB dan SRPMK

Berdasarkan SNI 2847-2019, komponen struktur yang mengalami gaya aksial dan momen (kolom) harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :

1. $P_u \geq A_g \cdot f'_c / 10$.
2. Luas tulangan longitudinal antara 0,01 A_g sampai 0,06 A_g .
3. Memenuhi persyaratan dimensi untuk kolom dengan SRPMK. .
4. $\Sigma M_{nc} \geq (1,2) \Sigma M_{nb}$ untuk kolom dengan SRPMK.
5. Momen-momen ujung Mpr berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar 1,25 f_y , dengan f_y kekuatan leleh yang disyaratkan untuk kolom dengan SRPMK.

Dalam perencanaan tulangan lentur kolom diperlukan beban luar (P_u , M_u , V_u), f'_c , f_y , diameter tulangan lentur dan geser. Tahapan dalam perencanaan tulangan lentur kolom adalah sebagai berikut :

- a. $e = P_u / M_u$
- b. Asumsi tulangan $\rho = \rho'$
- c. Tentukan diameter tulangan lentur dan geser
- d. $d' =$ selimut beton + diameter tulangan lentur + $\frac{1}{2}$ diameter tulangan lentur
- e. $d = h - d'$
- f. $A_s = \rho b d$
- g. Tentukan jumlah tulangan lentur yang diperlukan
- h. $C_b = \{600 / (600 + f_y)\} d$
- i. $\beta = 0,85 - 0,005(f'_c - 28) / 7$
- j. $a_b = \beta \cdot C_b$

$$k. \epsilon'_s = 0,003 \frac{C_b - d'}{C_b}$$

$$l. f'_s = \epsilon'_s \cdot E_s$$

m. Jika $f'_s > f_y$, maka digunakan f_y

$$n. P_b = 0,85 f'_c a_b \cdot b + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y$$

$$o. P_{ub} = \phi P_b$$

p. Tentukan keruntuhan kolom yang terjadi

q. Jika terjadi ketuntuhan tekan, maka

$$P_n = \left(\frac{A'_s f_y}{\frac{e}{d - d'} + 0,5} + \frac{b h f'_c}{\frac{3 h e}{d^2} + 1,18} \right)$$

$$r. \phi P_n \geq P_u \text{ (akibat beban luar)}$$

s. Jika tgerjadi keruntuhan tarik, maka $P_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d$.

$$\left[\left(\frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2m\rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$t. \phi P_n \geq P_u \text{ (akibat beban luar)}$$

$$u. M_n = 0,85 f'_c b a_b \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A'_s f_y \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$v. M_u = \phi M_n \geq M_u \text{ akibat beban luar}$$

3.4.5. Perencanaan Tulangan Geser Kolom SRPMB dan SRPMK

Perencanaan tulangan geser kolom dengan SRPMB dan SRPMK sebagai berikut :

$$a. V_n = V_c + V_s$$

- b. $V_n = V_u / \phi$
- c. $V_u = \left(\frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{L_n} \right)$ untuk kolom dengan SRPMK
- d. $V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}$ b.d. $\left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right)$
- e. $V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$
- f. $A_v = \frac{V_s s}{f_y d}$
- g. Jarak sengkang ditentukan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 10.7. untuk kolom dengan SRPMB
- h. Jarak sengkang ditentukan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.7. untuk kolom dengan SRPMK

3.5. Analisis Struktur

Analisis struktur dalam perencanaan gedung pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *displacement*, gaya dalam yang terjadi akibat beban kerja yang meliputi gaya geser, gaya aksial, dan momen dengan menggunakan bantuan program SAP2000 V14.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1. Displacement

Hasil *displacement* keluaran dari program SAP2000 V14 akibat beban tetap dapat dilihat pada Tabel 6.1., akibat beban gempa arah X pada Tabel 6.2., dan akibat beban gempa arah Y pada Tabel 6.3. *Displacement* terdiri dari translasi dan rotasi ditinjau dari nilai rerata *displacement* di setiap lantainya.

Tabel 6.1. Joint Displacement Akibat Beban Gravitasi

LOKASI	BESARNYA DISPLACEMENT		SELISIH (SRPMB-SRPMK)
	SRPMB	SRPMK	
	cm	cm	cm
LANTAI-1	-0.072762812	-0.072762812	0
LANTAI-2	-0.147490248	-0.147490248	0
LANTAI-3	-0.196705848	-0.196705848	0
LANTAI-4	-0.233179762	-0.233179762	0
LANTAI-5	-0.269497695	-0.269497695	0
LANTAI-6	-0.293238327	-0.293238327	0
LANTAI-7	-0.27110505	-0.27110505	0

Tabel 6.2. Joint Displacement Akibat Beban Gempa Arah-X

LOKASI	BESARNYA DISPLACEMENT		SELISIH (SRPMB-SRPMK)	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)
	SRPMB	SRPMK		
	cm	cm	cm	
LANTAI-1	0.227979072	0.085492116	0.142486957	2.666667797
LANTAI-2	2.050184162	0.768818962	1.2813652	2.666667009
LANTAI-3	4.24054	1.590202429	2.650337571	2.666666786
LANTAI-4	6.3316762	2.374378524	3.957297676	2.666666724
LANTAI-5	8.342488067	3.1284332	5.214054867	2.666666517
LANTAI-6	9.86891597	3.700843436	6.168072535	2.666666705
LANTAI-7	10.91973994	4.094902363	6.824837575	2.666666741

Tabel 6.3. Joint Displacement Akibat Beban Gempa Arah-Y

LOKASI	BESARNYA DISPLACEMENT		SELISIH (SRPMB-SRPMK)	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)
	SRPMB	SRPMK		
	cm	cm	cm	
LANTAI-1	0.154841435	0.058065507	0.096775928	2.666668081
LANTAI-2	0.840333629	0.315125124	0.525208505	2.666666556
LANTAI-3	1.507660124	0.565372638	0.942287486	2.666666234
LANTAI-4	2.261695962	0.848135971	1.41355999	2.666666712
LANTAI-5	3.061101219	1.147912914	1.913188305	2.666666766
LANTAI-6	3.856195683	1.446073446	2.410122238	2.666666548
LANTAI-7	5.00075835	1.875284325	3.125474025	2.666666747

Data pada Tabel 6.1. menunjukkan tidak adanya perbedaan nilai *displacement* lantai 1-7 antara Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Displacement* akibat Beban Gempa Arah-X (statik ekuivalen) pada Tabel 6.2, sebagai berikut :

- Displacement* terbesar terjadi di lantai 7 pada SRPMB sebesar 10,91974 cm dan sebesar 4,09490 cm pada SRPMK dengan perbedaan sebesar 6,82484 cm.
- Displacement* terkecil terjadi di lantai 1 pada SRPMB sebesar 0,22798 cm dan sebesar 0,08549 cm pada SRPMK dengan perbedaan sebesar 0,14249 cm.
- Besarnya *displacement* yang terjadi pada lantai 1-7 dengan SRPMB adalah 2,6667 kali lipat SRPMK.

Tabel 6.3. menunjukkan besarnya *displacement* akibat Beban Gempa Arah-Y (statik ekuivalen) sebagai berikut :

- Displacement* terbesar terjadi di lantai 7 pada SRPMB sebesar 5,00076 cm dan sebesar 1,87528 cm pada SRPMK dengan perbedaan sebesar 3,12548 cm.
- Displacement* terkecil terjadi di lantai 1 pada SRPMB sebesar 0,15484 cm dan sebesar 0,05807 cm pada SRPMK dengan perbedaan sebesar 0,09677 cm.
- Besarnya *displacement* yang terjadi pada lantai 1-7 dengan SRPMB adalah 2,6667 kali lipat SRPMK.

4.2. Gaya Dalam Kolom

Gaya dalam kolom yang ditinjau adalah aksial, geser, dan momen salah satu kolom lantai 1, lantai 2 dan 3, serta lantai 4, 5, dan 6. Hasil gaya dalam kolom keluaran dari program SAP2000 V14 dapat dilihat pada Tabel 6.4., Tabel 6.5., dan Tabel 6.6.

Tabel 4.1 Gaya Dalam Kolom lantai 1

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	AKSIAL P kN	GESER V kN	MOMEN M kN.m
900 x 900 (KOLOM LANTAI 1)	SRPMB	7683.089	-284.105	-893.9997
	SRPMK	1824.451	-113.489	-350.4574
	SELISIH (SRPMB-SRPMK)	5858.638	170.616	543.5423
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	4.2111786	2.50337037	2.55095113

Tabel 4.2 Gaya Dalam Kolom lantai 2 dan 3

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	AKSIAL P kN	GESER V kN	MOMEN M kN.m
800 x 800 (KOLOM LANTAI 2 dan 3)	SRPMB	4971.341	-170.257	-383.1275
	SRPMK	1116.894	-66.239	-144.1317
	SELISIH (SRPMB-SRPMK)	3854.447	104.018	238.9958
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	4.45104101	2.57034376	2.65817651

Tabel 4.3 Gaya Dalam Kolom lantai 4,5, dan 6

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	AKSIAL P kN	GESER V kN	MOMEN M kN.m
700 x 700 (KOLOM LANTAI 4, 5, dan 6)	SRPMB	-923.8064	392.53875	702.13157
	SRPMK	-879.63	228.87	442.6892
	SELISIH (SRPMB-SRPMK)	44.1764	163.66875	259.44237
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	1.05022157	1.71511666	1.58605986

Keluaran gaya dalam kolom dimensi 900 mm x 900 mm di lantai 1 pada Tabel 6.4, kolom dimensi 800 mm x 800 mm di lantai 2 dan 3, serta kolom dimensi 700 mm x 700 mm di lantai 3, 4, dan 5 menunjukkan hasil bahwa gaya aksial (P), gaya geser (V), dan momen (M) pada SRPMB lebih besar dari SRPMK.

4.3. Perhitungan Tulangan Lentur dan Geser Kolom

Perhitungan tulangan lentur dan geser kolom berdasarkan keluaran gaya dalam dari program SAP2000 V14 dapat dilihat pada Tabel 6.7., Tabel 6.8., dan Tabel 6.9.

Tabel 4.4 Tulangan Lentur dan Geser Kolom Lantai 1

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	TULANGAN LENTUR	TULANGAN GESER
900 x 900 (KOLOM LANTAI 1)	SRPMB	32 D 25	1 D 10 - 100
	SRPMK	24 D 25	2.5 D 10 - 100
	SELISIH (cm ²) (SRPMB-SRPMK)	39.26990817	-1178.097245
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	1.333333333	0.4

Tabel 4.5 Tulangan Lentur dan Geser Kolom Lantai 2 dan 3

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	TULANGAN LENTUR	TULANGAN GESER
800 x 800 (KOLOM LANTAI 2 dan 3)	SRPMB	24 D 22	1 D 10 - 100
	SRPMK	24 D 22	2 D 10 - 100
	SELISIH (cm ²) (SRPMB-SRPMK)	0	-7.853981634
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	1	0.5

Tabel 4.6 Tulangan Lentur dan Geser Kolom Lantai 4,5 dan 6

DIMENSI KOLOM	SISTEM STRUKTUR	TULANGAN LENTUR	TULANGAN GESER
700 x 700 (KOLOM LANTAI 4, 5, dan 6)	SRPMB	24 D 22	1 D 10 - 100
	SRPMK	20 D 22	2 D 10 - 100
	SELISIH (cm ²) (SRPMB-SRPMK)	15.20530844	-7.853981634
	KELIPATAN (SRPMB/SRPMK)	1.2	0.5

Tulangan lentur kolom dimensi 900 mm x 900 mm di lantai 1 pada Tabel 6.7 pada kolom dengan SRPMB lebih besar dibandingkan dengan kolom dengan SRPMK, sedangkan tulangan geser kolom dengan SRPMB lebih kecil dibandingkan kolom dengan SRPMK.

Pada Tabel 6.8, tulangan lentur kolom dimensi 800 mm x 800 mm di lantai 2 dan 3 jumlahnya sama antara kolom dengan SRPMB dan kolom dengan SRPMK, sedangkan tulangan geser kolom dengan SRPMB lebih kecil dibandingkan kolom dengan SRPMK.

Hasil perhitungan tulangan lentur dan geser kolom dimensi 700 mm x 700 mm di lantai 4, 5, dan 6 pada Tabel 6.9 menunjukkan bahwa jumlah tulangan lentur pada kolom dengan SRPMB lebih besar dibandingkan dengan kolom dengan SRPMK, sedangkan tulangan geser kolom dengan SRPMB lebih kecil dibandingkan kolom dengan SRPMK.

Secara umum, jumlah tulangan lentur pada kolom dengan SRPMB lebih besar dibandingkan dengan kolom dengan SRPMK, sedangkan tulangan geser kolom dengan SRPMB lebih kecil dibandingkan kolom dengan SRPMK.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Displacement* lantai 1-7 akibat beban gravitasi pada SRPMB mempunyai nilai yang sama dibandingkan dengan SRPMK.
- Displacement* lantai 1-7 akibat beban gempa arah x dan y pada SRPMB lebih besar dibandingkan dengan SRPMK dan dengan kelipatan sebesar 2,6667.
- Gaya aksial (P), gaya geser (V), dan momen (M) pada SRPMB lebih besar dari SRPMK.
- Secara umum, jumlah tulangan lentur pada kolom dengan SRPMB lebih besar dibandingkan dengan kolom dengan SRPMK, sedangkan tulangan geser kolom dengan SRPMB lebih kecil dibandingkan kolom dengan SRPMK.

6. Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah :

- Perlu diadakan penelitian untuk bangunan di atas Perlu dilakukan penelitian untuk bangunan berlantai 7 atau lebih tinggi.
- Perlu dilakukan penelitian menggunakan program struktur selain SAP2000.

7. Daftar Pustaka

- [1]. Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung SNI 1726:2019*. Jakarta.
- [2]. Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727:2020*. Jakarta.
- [3]. Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019*. Jakarta.
- [4]. Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia.
- [5]. McCormac, Jack C. (2000), *Desain Beton Bertulang jilid 1 dan 2*, Jakarta : Erlangga.
- [6]. Nawy, EG. (1990). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung:PT. Eresco
- [7]. Perceka, W. et.al. (2013). *Comparison of Structural Performance of Dual Reinforced Concrete Building System Designed By Using Indonesian Earthquake Resistance for Building 2002 (SNI 03-1726-2002) And Indonesian Earthquake Resistance for Building And Other Structures 2012 (SNI 03-1726:2012)*.
- [8]. Purwono, R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.
- [9]. SAP2000. (2018). *Automated Lateral Load For SAP2000*. Berkeley USA: Computers and Structures America.
- [10]. Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013*. Jakarta : PT. Gramedia.
- [11]. Siddiqi, Zahid A. (2014). *Concrete Structures: Part-1, 3rd Edition. Based on ACI 2014*. Lahore: Civil Engineering Publisher Lahore University of Engineering and Technology Pakistan.
- [12]. Yudha Lesmana (2021). *Analisa Dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019*, Makasar : PT. Nas Media Pustaka.