



Analisis Perbandingan Kekauan Serta Efisiensi pada Desain Menggunakan Flat Slab Terhadap Gedung Eksisting SRPM RSUD Sidoarjo

M. Fahzan Dfinubun^{1✉}, Bantot Sutriyono²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia^(1,2)

DOI: 10.31004/jutin.v7i2.29800

✉ Corresponding author:
[8dfinubun@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
Berat Struktur;
Pelat Datar;
Drop Panel;
Sistem Ganda;
SRPM

Sidoarjo merupakan salah satu daerah industri yang sangat maju di Jawa Timur. Kemajuan zaman pada saat ini mendorong para teknisi sipil untuk menyesuaikan dengan kebutuhan arsitektural yang terus berubah-ubah. *flat slab* menjadi salah satu rangka dari pelat lantai yang saat ini sedang viral. Setelah dilakukan modifikasi didapat desain flat slab dan drop panel dengan tebal 150 mm, dimensi kolom = 550 mm × 550 mm serta tebal dinding geser 200 mm. didapat periode fundamental gedung eksisting = 1.343 detik dan gedung modifikasi = 0.787 detik. Untuk simpangan yang dihasilkan oleh gedung eksisting terbesar yang terjadi yaitu $\Delta x = 18.421 \text{ mm} < \Delta_{izin} 36.923 \text{ mm}$ (Okk) dan $\Delta y = 29.616 \text{ mm} < \Delta_{izin} 30.769 \text{ mm}$ (Okk) sedangkan pada gedung modifikasi simpangan dengan nilai terbesar $\Delta x = 15.334 \text{ mm} < \Delta_{izin} 44 \text{ mm}$ (Okk) dan $\Delta y = 30.712 \text{ mm} < \Delta_{izin} 44 \text{ mm}$ (Okk). Gedung modifikasi mereduksi berat struktur sebesar 1357195.826 kgf atau 11.52%.

Abstract

Keywords:
Structure Weight;
Flat Slab;
Drop Panel;
Dual System;
SRPM

Sidoarjo is one of the most advanced industrial areas in East Java. The progress of the times at this time encourages civil engineers to adjust to the ever-changing architectural needs. flat slab is one of the frames of the floor slab that is currently viral. After modification, the design of flat slab and drop panel with 150 mm thick, column dimension = 550 mm × 550 mm and shear wall thickness of 200 mm are obtained. the fundamental period of the existing building = 1.343 seconds and the modified building = 0.787 seconds. For the deviation generated by the largest existing building that occurs is $\Delta x = 18.421 \text{ mm} < \Delta_{permit} 36.923 \text{ mm}$ (Okk) and $\Delta y = 29.616 \text{ mm} < \Delta_{permit} 30.769 \text{ mm}$ (Okk) while in the modified building the deviation with the largest value is $\Delta x = 15.334 \text{ mm} < \Delta_{permit} 44 \text{ mm}$ (Okk) and $\Delta y = 30.712 \text{ mm} < \Delta_{permit} 44 \text{ mm}$ (Okk). The modified building reduced the structural weight by 1357195.826 kgf or 11.52%.

1. PENDAHULUAN

Sidoarjo merupakan salah satu daerah industri yang sangat maju di Jawa Timur, terbukti dengan adanya akses seperti transportasi dan kesehatan yang membantu masyarakat daerah dalam mendapatkan penghasilan yang baik. Pembangunan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo yang berada di jalan Jl. Mojopahit No. 667, Kab.Sidoarjo merupakan salah satu bentuk usaha dalam melengkapi kebutuhan layanan kesehatan masyarakat Kabupaten Sidoarjo dan meningkatkan kapasitas pelayanan dan memperluas jangkauan serta kualitas medis. Rumah sakit ini terdiri dari 7 lantai 1 atap yang menggunakan sistem rangka pemikul momen yaitu balok dan kolom.

Kemajuan zaman pada saat ini mendorong para teknisi sipil untuk menyesuaikan dengan kebutuhan arsitektural yang terus berubah-ubah, salah satunya yaitu merencanakan struktural gedung yang memiliki ruang luas agar menambah estetika gedung serta mengurangi biaya pembangunan gedung.

Dalam memenuhi hal tersebut *flat slab* menjadi salah satu rangka dari pelat lantai yang saat ini sedang viral digemborkan oleh para arsitek dan perencana struktur gedung. Beberapa gedung dalam dan luar Negeri yang telah membuktikan bahwa *flat slab* dapat digunakan untuk sebuah konstruksi yaitu gedung Burj Khalifa di Dubai, gedung Ed. Pierino di Sao Paolo, gedung Sequi Tower di Jakarta dan gedung Logos Metrolink di Bekasi.

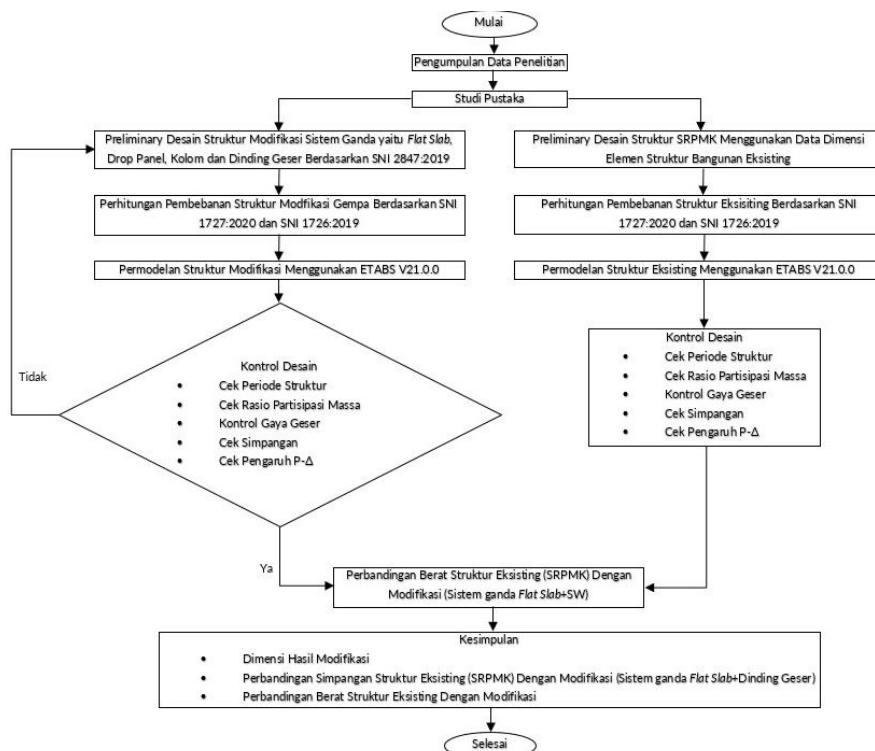
Flat slab merupakan suatu sistem pelat beton bertulang yang langsung bertumpu pada kolom tanpa adanya balok yang berfungsi sebagai penerus ke kolom, namun untuk balok tepi luar boleh ada atau tidak sesuai dengan kebutuhan. Struktur *flat slab* mampu bekerja dengan baik saat menerima beban gravitasi. Tetapi, struktur ini mempunyai kekurangan dalam menerima beban lateral (gempa) karena belum adanya ketepatan dan keakuratan dari struktur tersebut (Burhanuddin et al., 2018).

Untuk membantu dalam menahan gaya lateral pada struktur *flat slab* maka dapat digunakan sistem ganda atau *sistem ganda*, gabungan keduanya diharap dapat memikul beban akibat gempa rencana pada kategori risiko menengah hingga tinggi (Candra Purnama, 2017),

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbandingan kekauan serta efsisiensi dari struktur eksisting sistem rangka pemikul momen dan modifikasi menggunakan *flat slab* dengan tambahan dinding geser sebagai pengaku lateral.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Flowchart



2.2 Data Penelitian

Data pada penelitian ini diambil untuk menjadi dasar dari modifikasi gedung. Data-data yang digunakan meliputi data gedung eksisting yaitu gedung RSUD Sidoarjo dan data tanah yang diambil dari penelitian terdahulu pada wilayah gedung dibangun. Berikut diuraikan data yang digunakan pada penelitian ini.

Data Umum Bangunan

Nama gedung : RSUD Sidoarjo
 Lokasi : Jl. Mojopahit No. 667 Kabupaten Sidoarjo
 Jenis bangunan : Rumah sakit
 Jumlah lantai : 7 lantai dan 1 atap kombinasi atap baja dan pelat lantai
 Tipe struktur utama : Beton bertulang sistem rangka pemikul momen khusus

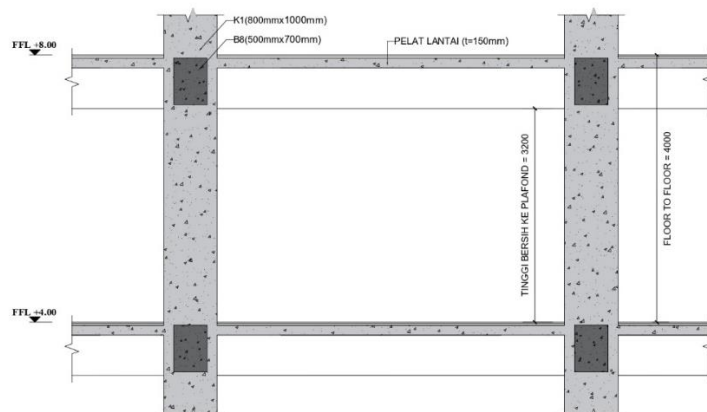
Data Bangunan Kondisi Eksisting (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Tinggi lantai 1-7 : 4000 mm
 Tinggi lantai 7-atap : 4800 mm
 Mutu beton : 25 Mpa
 Mutu baja : 420 Mpa
 Tebal pelat lantai 1-7 : 150 mm
 Tebal pelat lantai atap : 125 mm

Tabel 1. Dimensi elemen struktur eksisting (SRPMK)

| Kode | Kolom | | Kode | Balok | | Kode | Sloof | |
|------|---------|---------|------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | b mm | h mm | | b mm | h mm | | b mm | h mm |
| K1 | 800 | 1000 | B1 | 200 | 300 | TB23-A | 200 | 300 |
| K2 | 700 | 900 | B2 | 300 | 400 | TB23-B | 200 | 300 |
| K3 | 800 | 800 | B3 | 300 | 500 | TB34 | 300 | 400 |
| K4 | 600 | 800 | B4 | 300 | 600 | TB35-A | 300 | 500 |
| K5 | 700 | 700 | B5 | 400 | 600 | TB36-A | 300 | 600 |
| K6 | 600 | 600 | B6 | 400 | 700 | TB57 | 500 | 700 |
| K7 | 500 | 500 | B7 | 400 | 800 | | | |
| K8 | 350 | 350 | B8 | 500 | 700 | | | |
| K9 | 200 | 200 | B9 | 500 | 800 | | | |
| | | | B10 | 600 | 800 | | | |

Berikut merupakan gambar potongan gedung eksisting untuk tinggi lantai tipikal 4000mm (lantai 1-7).



Gbr. 2. Potongan gedung eksisting

Untuk atap pada gedung RSUD Sidoarjo menggunakan jenis atap perisai dengan rangka baja ringan, profil yang digunakan yaitu IWF600×300×12×20, IWF350×175×7×11, IWF300×150×6.5×9, HB200×200×8×12, HB250×250×9×14, CNP200×75×20×2.3, CNP150×65×20×2.3.

Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh (Budi Hastono & Annisa Kesya Garside, 2021) pada proyek jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar. Pengetesan sondir post test (*SPT*) berlokasi di daerah Kabupaten Sidoarjo dengan hasil *N-SPT* setelah dilakukan analisa perhitungan yaitu sebesar 8.4 atau tanah lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Desain

Flat Slab dan Drop Panel

Berdasarkan pada SNI 2847-2019 Pasal 8.3.1.1, tebal pelat minimum untuk pelat dua arah harus memenuhi Tabel 8.3.1.1 dengan tebal tidak disyaratkan kurang dari 125 mm untuk suatu pelat tanpa drop panel dan 100 mm untuk pelat dengan tambahan drop panel. Pada gedung RSUD Sidoarjo bentang terpanjang elemen vertikal antar kolom yaitu 800mm x 8000mm maka didapat tebal pelat berikut.

$$\text{Rasio pelat} = \frac{L_n}{S_n} = \frac{8000}{8000} = 1 < 2 \text{ (pelat termasuk dua arah)}$$

Pelat yang digunakan tanpa balok interior dengan tambahan drop panel serta mutu beton 420 Mpa maka didapat tebal pelat yaitu:

$$h_{fs \text{ min}} = \frac{L_n}{33} = \frac{8000}{33} = 242.42 = 245 \text{ mm}$$

Tebal pelat diatas dapat direduksi seperti yang disampaikan pada Pasal R8.2.4 dan R8.2.5 SNI 2847-2019 yang menyatakan bahwa penambahan drop panel dapat bertujuan untuk memenuhi tebal pelat minimum maka pada kasus ini diambil tebal pelat pakai 150 mm untuk lantai 1 hingga lantai atap.

Drop panel disyaratkan memenuhi Pasal 8.2.4 SNI 2847-2019. Untuk bentang bentang bersih 8000mm didapat.

- Dimensi drop panel

$$L_{dp \text{ b}} = \frac{1}{6} \times L = \frac{1}{6} \times 8000 = 1333.33 \text{ mm}$$

$$L_{dp \text{ a}} = \frac{1}{6} \times L = \frac{1}{6} \times 6000 = 1000 \text{ mm}$$

Maka didapat $L_{dp \text{ total}}$ tiap arah = 1333.33mm + 1000mm = 2333.33 = 2350 mm pada arah x dan y.

- Tebal drop panel

$$h_{dp} \geq \frac{h_{fs}}{4} = \frac{150}{4} = 37.5 \text{ mm}$$

Tebal yang didapat tidak boleh melebihi dari seperempat S_e yang mana merupakan jarak bersih dari tepi kolom hingga tepi drop panel dengan asumsi dimensi awal kolom 600 mm × 600 mm

$$S_e = \frac{L_{dp}}{2} - \frac{c1}{2} = \frac{2350}{2} - \frac{600}{2} = 875 \text{ mm}$$

$$h_{dp} \leq \frac{1}{4} \times 875 = 218.75 \text{ mm}$$

Dipakai tebal drop panel 150 mm

- Kontrol

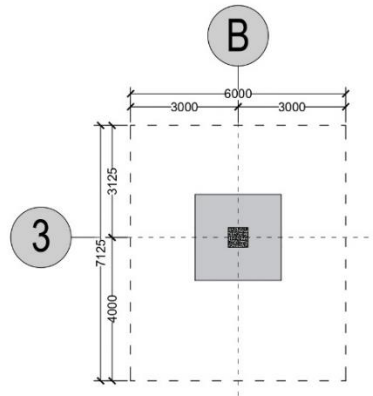
$$h_{dp} \leq h_{fs} = 150 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm} \text{ (OKK)}$$

$$h_{dp} + h_{fs \text{ pakai}} > h_{fs \text{ min}} = 150 \text{ mm} + 150 \text{ mm} > 245 \text{ (OKK)}$$

Maka tebal drop panel dipakai 150 mm untuk lantai 1 hingga lantai atap

Kolom

Untuk menghitung dimensi kolom maka perlu dilakukan peninjauan terhadap beban axial maksimum yang akan ditahan sebuah kolom. Kolom dikatakan akan menahan paling sedikit 1/2 dari pentang tiap penampang seperti yang ditampilkan dalam gambar dibawah ini



Gbr. 3. Tributary area kolom

Analisa berat beban struktur yang di topang kolom

- Beban mati dan beban mati tambahan (DL+SIDL)
DL+SIDL = 220134.7 kg/m²
- Beban hidup (LL)
LL = 79087.5 kg/m²

Maka didapat beban ultimit berikut. Beban hidup dapat direduksi kekakuannya untuk suatu kolom yang terisoalsi sebesar 75% menurut SNI 2847:2019 Pasal 6.6.4.5.2

$$W_u = 1.2 DL+SIDL + 1.6 LL$$

$$= 1.2 \times 220134.7 + 1.6 \times (79087.5 \times 0.75) = 359066.6 \text{ kg/m}^2$$

Luas kolom dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = \frac{W_u}{0.3 \times f_c} = \frac{359066.6}{0.3 \times 420} = 2849.735$$

$$S = \sqrt{A} = \sqrt{2849.735} = 53.383 \text{ cm} = 55 \text{ cm}$$

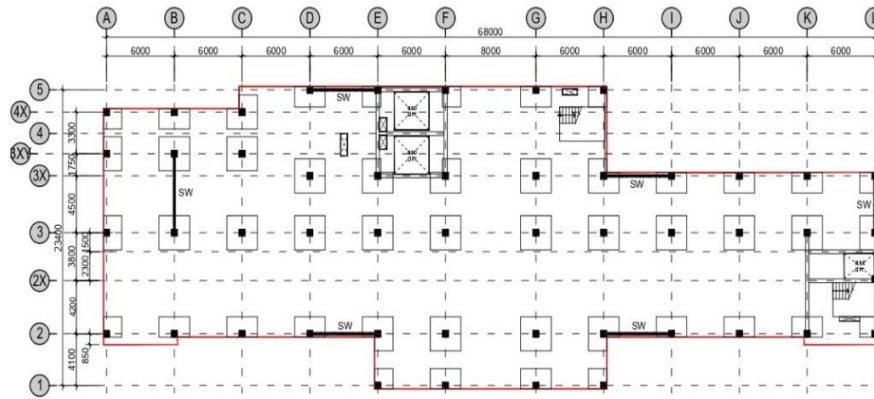
Maka dipakai dimensi kolom K1 550 mm × 550 mm

Dinding Geser

Perencanaan dinding geser difungsikan untuk menahan gaya lateral yang akan di hadapi oleh struktur gedung. Dinding geser direncanakan menggunakan tebal 200 mm dengan tinggi 4000 mm dan lebar 3000 mm, dimensi yang digunakan harus memenuhi syarat berdasarkan SNI 2847-2019 pada Pasal 11.3.1.1 berikut.

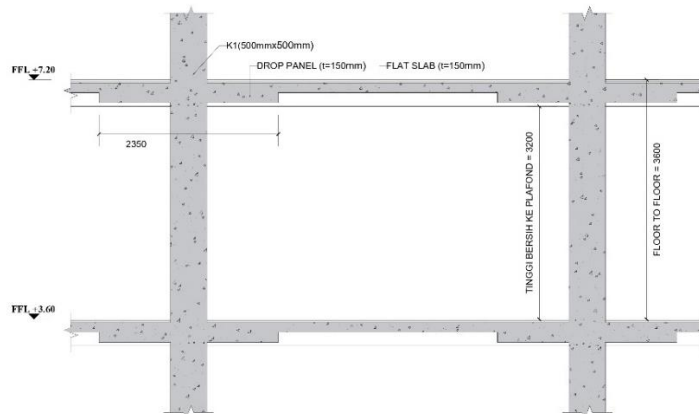
- Kontrol
 - $h_{sw} > 100 \text{ mm} = 200 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$ (OKK)
 - $h_{sw} > \frac{H}{25} = 200 \text{ mm} > 160 \text{ mm}$ (OKK)
 - $h_{sw} > \frac{L}{25} = 200 \text{ mm} > 120 \text{ mm}$ (OKK)

Maka dimensi 200 mm × 3000 mm × 4000 mm dapat digunakan.



Gbr. 4. Denah penempatan dinding geser

Berikut gambar potongan gedung setelah dimodifikasi menggunakan *flat slab* yang mereduksi tinggi floor to floor menjadi 3600 mm tanpa mengubah tinggi bersih ke plafond (3200 mm).



Gbr. 5. Potongan gedung modifikasi

3.2 Pembebanan Gempa

Dengan mengacu pada SNI 1726:2019, beban yang digunakan yaitu beban gempa dinamik dan statik. Beban gempa ditentukan sedemikian rupa dan menghasilkan data-data gempa berikut.

$$S_s = 0.7555 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.3394 \text{ g}$$

$$F_a = 1.2956$$

$$F_v = 2.6424$$

$$S_{ds} = \frac{2}{3} F_a \times S_s = 0.6525 \text{ g}$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} F_v \times S_1 = 0.6525 \text{ g}$$

$$T_o = 0.2 \times \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0.1832 \text{ detik}$$

$$T_s = 0.2 \times \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0.9162 \text{ detik}$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

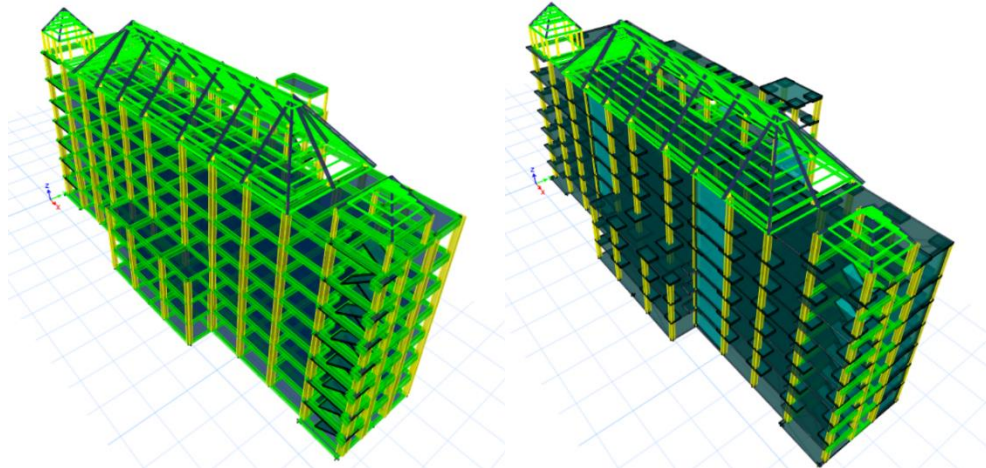
Berikut nilai parameter gempa gedung SRPMK dan Sitem Ganda flat slab+dinding geser

Tabel 2. Parameter gempa

| Gedung | le | R | Ω_0 | Cd |
|--|-----|---|------------|-----|
| Eksisting (SRPMK) | 1.5 | 8 | 3 | 5.5 |
| Modifikasi (Sistem Ganda <i>Flat Slab</i> +SW) | 1.5 | 7 | 2.5 | 5.5 |

3.3 Permodelan Struktur Gedung Eksisting dan Modifikasi Menggunakan ETABS V21.0.0

Modeling gedung dilakukan pada kedua sistem gedung yang bertujuan untuk menganalisis kekakuan kedua struktur.



Gbr. 6. Model eksisting (srpmk) dan modifikasi (sistem ganda *flat slab*+dinding geser)

3.4 Kontrol Desain

Cek Periode Fundamental Struktur

Periode struktur menurut SNI 1726:2020 di tentukan oleh tipe struktur yang digunakan dan parameter percepatan respon spektral 1 detik (SD1). Syarat periode yang dipakai yaitu T_{max} dipakai jika $T_c > T_{max}$, T_c digunakan jika $T_a < C_u < T_{max}$ dan T_a dipakai jika $T_c < T_a$.

$C_u = 1.4$

$C_t = 0.0466$ (gedung eksisting SRPM) dan 0.0488 (gedung modifikasi Sistem Ganda)

$X = 0.9$ (gedung eksisting SRPM) dan 0.75 (gedung modifikasi Sistem Ganda)

$H = 28.8$ m (gedung eksisting SRPM) dan 26 m (gedung modifikasi Sistem Ganda)

Hasil dari program ETABS V21.0.0 didapat pada model eksisting memiliki periode T_c sebesar 1.391 detik sedangkan untuk model modifikasi memiliki periode T_c sebesar 0.861 detik. Setelah dilakukan analisis periode fundamental struktur didapat untuk gedung eksisting periode yang dipaka sebesar 1.343 detik karena $T_c > T_{max}$ sedangkan pada gedung modifikasi periode pakai sebesar 0.787 karena $T_c > T_{max}$

Cek Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1, Hasil analisis harus menghasilkan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur itu sendiri dengan minimum nilai yang diizinkan sebesar 90% dari massa aktual dalam tiap arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Tabel 3. Rasio partisipasi massa gedung eksisting dan modifikasi

| Gedung | Mode | SumUX | SumUY |
|--|------|--------|--------|
| Eksisting (SRPMK) | 35 | 0.9908 | 0.9835 |
| Modifikasi (Sistem Ganda <i>Flat Slab</i> +SW) | 35 | 0.9492 | 0.9844 |

Kedua model struktur menghasilkan nilai partisipasi massa lebih dari 90% pada mode ke-35.

Kontrol Gaya Geser Dasar Seismik

SNI 1726:2019 Pasal 7.9.4.1 mensyaratkan apabila gaya geser dasar gempa dinamik kurang dari 100% gaya geser dasar statik, maka gaya geser dinamik tersebut harus dibesarkan dengan cara mengalikan faktor skala sebelumnya terhadap $V_{statik}/V_{dinamik}$.

Analisa gaya geser dasar pada kedua gedung untuk memenuhi 100% gaya geser statik menghasilkan penskalaan ulang pada gedung eksisting sebanyak 3 kali dan pada gedung modifikasi sebanyak 2 kali dengan hasil berikut.

Tabel 4. Gaya geser dasar seismik

| Gedung | Output case | FX kgf | FY Kgf |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Eksisting (SRPMK) | Statik Ex | 586395.2883 | 574390.9489 |
| | Dinamik Ex | 586426.3760 | 574390.9491 |
| Modifikasi (Sistem Ganda Flat Slab+SW) | Statik Ex | 684597.2637 | 684200.2223 |
| | Dinamik Ex | 684606.7841 | 684252.8315 |

Cek Simpangan Antar Lantai Gedung Eksisting (SRPMK)

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tabel 20, disyaratkan bahwa simpangan izin ditentukan oleh 2 parameter yaitu sistem struktur dan kategori resiko bangunan dengan syarat nilai simpangan izin harus di bagi dengan faktor redunansi untuk gedung SRPM dalam KDS D,E atau F sebesar 1.3.

- Simpangan izin pada gedung eksisting (SRPMK) = $0.01/1.3 = 0.00769$
- Simpangan izin pada gedung modifikasi (sistem ganda flat slab+sw) = 0.01

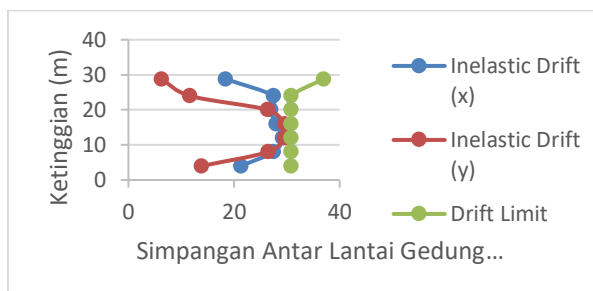
Nilai simpangan inlastik dapat dihitung dengan

$$\Delta = \delta \times Cd/le$$

Berikut merupakan hasil simpangan pada kedua gedung berupa tabel dan juga grafik.

Tabel 5. Simpangan antar lantai gedung eksisting (SRPMK)

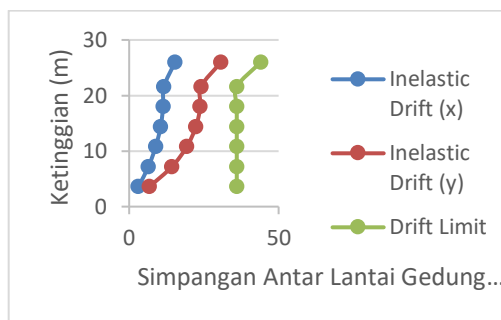
| Lantai | Dispalcement Elastic Drift | | Elastic Drift | | h | Inelastic Drift | | Drift Limit | Cek |
|--------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|------|-----------------|------------|-------------|-----|
| | δ_{ex} | δ_{ey} | δ_{ex} | δ_{ey} | | Δ_x | Δ_y | | |
| | mm | mm | mm | mm | | mm | mm | | |
| 7 | 48.751 | 39.215 | 5.024 | 1.716 | 4800 | 18.421 | 6.292 | 36.923 | Okk |
| 6 | 43.727 | 37.499 | 7.488 | 3.167 | 4000 | 27.456 | 11.612 | 30.769 | Okk |
| 5 | 36.239 | 34.332 | 7.343 | 7.201 | 4000 | 26.924 | 26.404 | 30.769 | Okk |
| 4 | 28.896 | 27.131 | 7.631 | 8.061 | 4000 | 27.980 | 29.557 | 30.769 | Okk |
| 3 | 21.265 | 19.07 | 7.957 | 8.077 | 4000 | 29.176 | 29.616 | 30.769 | Okk |
| 2 | 13.308 | 10.993 | 7.496 | 7.208 | 4000 | 27.485 | 26.429 | 30.769 | Okk |
| 1 | 5.812 | 3.785 | 5.812 | 3.785 | 4000 | 21.311 | 13.878 | 30.769 | Okk |



Gbr. 7. Grafik simpangan antar lantai gedung eksisting

Tabel 6. Simpangan antar lantai gedung modifkasi (sistem ganda flat slab+dinding geser)

| Lantai | Dispalcement Elastic Drift | | Elastic Drift | | h mm | Inelastic Drift | | Drift Limit mm | Cek |
|--------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|-----------------|------------|-------------------|-----|
| | δ_{ex} | δ_{ey} | δ_{ex} | δ_{ey} | | Δ_x | Δ_y | | |
| | mm | mm | mm | mm | | mm | mm | | |
| 7 | 18.354 | 38.552 | 4.182 | 8.376 | 4400 | 15.334 | 30.712 | 44 | Okk |
| 6 | 14.172 | 30.176 | 3.175 | 6.557 | 3600 | 11.642 | 24.042 | 36 | Okk |
| 5 | 10.997 | 23.619 | 3.099 | 6.496 | 3600 | 11.363 | 23.819 | 36 | Okk |
| 4 | 7.898 | 17.123 | 2.875 | 6.094 | 3600 | 10.542 | 22.345 | 36 | Okk |
| 3 | 5.023 | 11.029 | 2.422 | 5.265 | 3600 | 8.881 | 19.305 | 36 | Okk |
| 2 | 2.601 | 5.764 | 1.762 | 3.906 | 3600 | 6.461 | 14.322 | 36 | Okk |
| 1 | 0.839 | 1.858 | 0.839 | 1.858 | 3600 | 3.076 | 6.813 | 36 | Okk |



Gbr. 8. Grafik simpangan antar lantai gedung modifikasi

Cek Pengaruh P- Δ

P-Delta menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7 dapat dihitung sebagai berikut.

- Batas Pengaruh P- Δ = 0.1
- Koefisien stabilitas, $\theta = \frac{P \times \Delta \times l_e}{V \times h \times C_d}$

Dengan nilai koef stabilitas tidak boleh melebihi batas stabilitas struktur

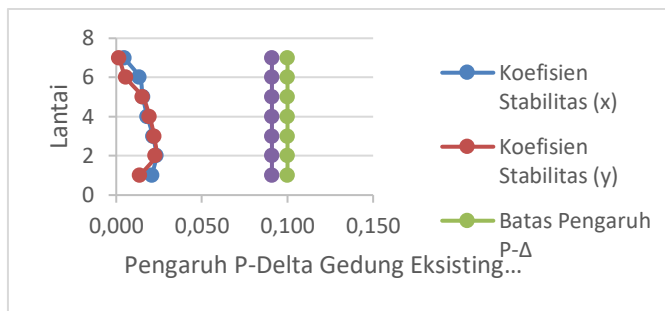
$$\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta \times C_d} \leq 0.25$$

$$= \frac{0.5}{1 \times 5.5} = 0.091 \leq 0.25 \text{ (Okk)}$$

Berikut hasil dari pengaruh P-Delta yang telah di analisa dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 7. Pengaruh P-Δ gedung eksisting (SRPMK)

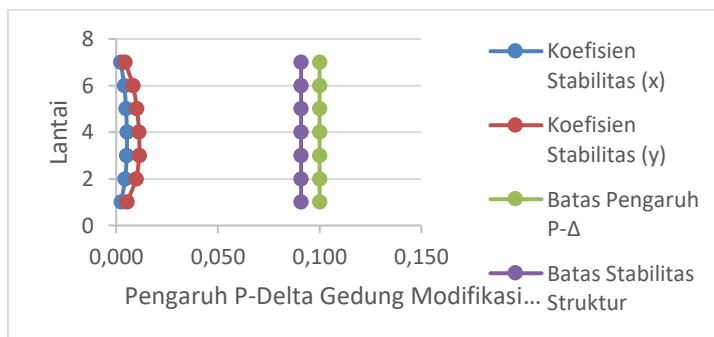
| Lantai | Inelastic Drift | | Story Forces | | | h mm | Koefisien Stabilitas | | Batas Pengaruh P-Δ mm | Batas Stabilitas Struktur θmax | Cek |
|--------|-----------------|------------|--------------|----------|----------|---------|----------------------|-------|--------------------------|-----------------------------------|-----|
| | Δ_x | Δ_y | P | Vx | Vy | | θx | θy | | | |
| | mm | mm | kN | kN | kN | | mm | mm | | | |
| 7 | 18.4 | 6.9 | 421564.9 | 95014.4 | 91401.0 | 4800 | 0.005 | 0.002 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 6 | 27.5 | 11.6 | 1658575.1 | 229482.8 | 227241.7 | 4000 | 0.014 | 0.006 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 5 | 26.9 | 26.4 | 2900406.0 | 342782.3 | 339732.4 | 4000 | 0.016 | 0.015 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 4 | 28.0 | 29.6 | 4152327.5 | 434872.0 | 429458.9 | 4000 | 0.018 | 0.019 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 3 | 29.2 | 29.6 | 5504881.8 | 510903.5 | 502931.3 | 4000 | 0.021 | 0.022 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 2 | 27.5 | 26.4 | 6970013.8 | 561066.0 | 550526.2 | 4000 | 0.023 | 0.023 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 1 | 21.3 | 13.9 | 8406183.7 | 586426.4 | 574391.0 | 4000 | 0.021 | 0.014 | 0.10 | 0.091 | Okk |



Gbr. 9. Grafik pengaruh P-Delta gedung eksisting

Tabel 8. Pengaruh P-Δ gedung modifikasi (sistem ganda flat slab+dinding geser)

| Lantai | Inelastic Drift | | Story Forces | | | h mm | Koefisien Stabilitas | | Batas Pengaruh P-Δ mm | Batas Stabilitas Struktur θmax | Cek |
|--------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----|
| | Δ _x mm | Δ _y mm | P kN | V _x kN | V _y kN | | θ _x mm | θ _y mm | | | |
| 7 | 15.3 | 30.7 | 338984.3 | 146925.1 | 146750.8 | 4400 | 0.002 | 0.004 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 6 | 11.6 | 24.0 | 1448428.2 | 322790.1 | 320205.9 | 3600 | 0.004 | 0.008 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 5 | 11.4 | 23.8 | 2539491.1 | 453817.8 | 450169.1 | 3600 | 0.005 | 0.010 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 4 | 10.5 | 22.4 | 3630553.9 | 549727.9 | 546814.5 | 3600 | 0.005 | 0.011 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 3 | 8.9 | 19.3 | 4794566.1 | 620902.3 | 619413.0 | 3600 | 0.005 | 0.011 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 2 | 6.5 | 14.3 | 5963179.6 | 664719.5 | 664360.2 | 3600 | 0.004 | 0.010 | 0.10 | 0.091 | Okk |
| 1 | 3.1 | 6.8 | 7137147.8 | 684865.7 | 684960.2 | 3600 | 0.002 | 0.005 | 0.10 | 0.091 | Okk |



Gbr. 10. Grafik pengaruh P-Delta gedung modifikasi

3.5 Berat Struktur Eksisting dan Modifikasi

Berikut merupakan berat kedua struktur yang diperoleh dari program ETABS V21.0.0

Tabel 9. Berat bangunan eksisting dan modifikasi

| TABLE: Base Reactions | | | |
|--|-------------|-----------|-------------|
| Gedung | Output Case | Case Type | FZ kgf |
| Eksisting (SRPMK) | LL | LinStatic | 39976.4488 |
| | LR | LinStatic | 2038434.268 |
| | DL | LinStatic | 9704184.688 |
| Total Berat Bangunan | | | 11782595.41 |
| Modifikasi (Sistem Ganda Flat Slab+SW) | LL | LinStatic | 52120.7104 |
| | LR | LinStatic | 2129136.2 |
| | DL | LinStatic | 8687684 |
| Total Berat Bangunan | | | 10868940.91 |

Dari kedua jenis gedung diatas yaitu gedung dengan sistem rangka pemikul momen memiliki berat sebesar 11782595.41 kgf dan gedung modifikasi sistem ganda flat slab+dinding geser memiliki berat total

10425399.58 kgf, maka dapat disimpulkan bahwa gedung modifikasi mereduksi berat bangunan menjadi lebih ringan daripada gedung eksisting dengan selisih berat 1357195.826 kgf.

4. KESIMPULAN

- Hasil dari preliminary desain pada tiap elemen struktur modifikasi meliputi *Flat Slab*, Drop Panel, Kolom dan Dinding Geser dengan mutu beton $f'_c = 25$ Mpa dan mutu baja $f_y = 420$ Mpa dengan tinggi lantai 1-7 = 3600 mm dan lantai 7-atap = 4400 mm. Didapat dimensi *Flat Slab* = 150 mm, dimensi dan tebal drop panel = 2350 mm × 2350 mm × 150 mm, dimensi kolom tiap lantai = 550 mm × 550 mm serta tebal dinding geser 200 mm dengan jumlah 6 pilar.
- Kekakuan yang ditinjau dari kontrol desain dengan mencau pada SNI 1726:2019 menghasilkan periode fundamental gedung eksisting sebesar 1.343 detik sedangkan gedung modifikasi sebesar 0.787 detik yang artinya gedung modifikasi memiliki waktu getar lebih kecil ketika terjadi gempa hal itu dipengaruhi oleh penggunaan dinding geser sebagai elemen seismik. Gaya geser dasar seismik setelah dilakukan penskalaan ulang yang dihasilkan oleh struktur eksisting sebesar $VX_{dinamik} = 586426.38$ kgf > $VX_{statik} = 586395.29$ kgf (Okk) dan $VY_{dinamik} = 574390.95$ kgf ≥ $VY_{statik} = 574390.95$ kgf (Okk) sedangkan struktur modifikasi sebesar $VX_{dinamik} = 684606.78$ kgf > $VX_{statik} = 684597.26$ kgf (Okk) dan $VY_{dinamik} = 684252.83$ kgf > $VY_{statik} = 684200.22$ kgf (Okk). Untuk simpangan yang dihasilkan oleh gedung eksisting tiap lantai tidak melebihi simpangan izin dengan nilai terbesar yang terjadi yaitu $\Delta x = 18.421$ mm < $\Delta_{izin} 36.923$ mm (Okk) dan $\Delta y = 29.616$ mm < $\Delta_{izin} 30.769$ mm (Okk) sedangkan pada gedung modifikasi simpangan yang terjadi juga kurang dari simpangan yang dizinkan dengan nilai terbesar $\Delta x = 15.334$ mm < $\Delta_{izin} 44$ mm (Okk) dan $\Delta y = 30.712$ mm < $\Delta_{izin} 44$ mm (Okk). Maka dapat di simpulkan gedung modifikasi *flat slab*+dinding geser memiliki drift limit lebih besar karena tidak dikali dengan faktor redundansi (ρ) sebesar 1.3 seperti struktur SRPM dan nilai simpangan yang dimiliki keduanya tidak melebihi yang dizinkan.
- Gedung eksisting memiliki berat total struktur sebesar 11782595.41 kgf sedangkan untuk gedung modifikasi memiliki berat lebih kecil sebesar 10425399.58 kgf dengan selisih keduanya 1357195.826 kgf atau 11.52%.

5. REFERENCES

- Budi Hastono, K., & Annisa Kesy Garside, A. (2021). *Evaluasi Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Statis Dan Dinamis Pada Pembangunan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar*.
- Burhanuddin, D., Wahyuni, E., & Irawan, D. (2018). Desain Modifikasi Gedung Fave Hotel Cilacap Menggunakan Metode Flat Slab. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), D134–D138.
- Candra Purnama, A. (2017). *Modifikasi Perencanaan Gedung Amaris Hotel Madiun dengan Menggunakan Metode Flat Slab dan Shear Wall*. Institut Teknologi Surabaya.