

## PERBANDINGAN BASE SHEAR DAN INTERSTORY DRIFT TERHADAP KOMBINASI BEBAN ANGIN DAN BEBAN GEMPA STUDI KASUS: GEDUNG KEJAKSAAN TINGGI SUMATERA UTARA

Sepita Imelia Hoki<sup>1</sup>, Ronal HT Simbolon<sup>2</sup>, M. Husni Malik Hasibuan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Islam Sumatera Utara

Email: [sevitaameliahoki@gmail.com](mailto:sevitaameliahoki@gmail.com)

**Abstract:** High-rise buildings in earthquake-prone areas must be designed for lateral loads, particularly earthquake and wind loads. This study aims to compare the base shear and interstory drift values of the North Sumatra High Prosecutor's Office Building (10 floors) due to a combination of wind loads (SNI 1727:2020) and earthquake loads (SNI 1726:2019) using software. The analysis results show that earthquake loads contribute significantly to lateral forces and deformation compared to wind loads. The maximum base shear due to the earthquake was 6363.44 kN, while that due to wind was only 1069.58 kN. The maximum interstory drift due to the earthquake occurred on the 5th floor at 40.54 mm (static) and 35.88 mm (dynamic), while that due to wind was only 0.96 mm on the 4th floor. All drift values are still below the permitted limits of SNI 1726:2019. It is concluded that earthquake loads are the dominant factor in the structural design of this building.

**Keywords:** Base Shear, Interstory Drift, Earthquake Load, Wind Load.

**Abstrak:** Gedung bertingkat tinggi di wilayah rawan gempa harus dirancang terhadap beban lateral, terutama beban gempa dan beban angin. Penelitian ini bertujuan membandingkan nilai base shear dan interstory drift pada Gedung Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara (10 lantai) akibat kombinasi beban angin (SNI 1727:2020) dan beban gempa (SNI 1726:2019) menggunakan perangkat lunak. Hasil analisis menunjukkan bahwa beban gempa memberikan kontribusi gaya lateral dan deformasi yang jauh lebih signifikan dibandingkan beban angin. Base shear maksimum akibat gempa sebesar 6363,44 kN, sedangkan akibat angin hanya 1069,58 kN. Interstory drift maksimum akibat gempa terjadi di lantai 5 sebesar 40,54 mm (statik) dan 35,88 mm (dinamik), sementara akibat angin hanya 0,96 mm di lantai 4. Seluruh nilai drift masih berada di bawah batas izin SNI 1726:2019. Disimpulkan bahwa beban gempa merupakan faktor dominan dalam desain struktur gedung ini.

**Kata Kunci:** Base Shear, Interstory Drift, Beban Gempa, Beban Angin.

---

## PENDAHULUAN

Sumatera Utara (Kejatisu) merupakan infrastruktur strategis 10 lantai di Kota Medan yang mengemban fungsi vital pelayanan hukum. Keamanan struktur bangunan ini menjadi prioritas utama karena Kota Medan terletak pada wilayah geologis aktif yang dipengaruhi zona subduksi lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Kerawanan seismik ini menuntut evaluasi respons lateral secara presisi untuk menjamin keberlangsungan operasional pasca-gempa. Beban gempa dan beban angin adalah dua parameter utama penentu stabilitas lateral bangunan tinggi. Sesuai standar SNI 1726:2019, pengendalian nilai *base shear* dan *interstory drift* menjadi tolak ukur fundamental dalam menilai kekakuan bangunan, khususnya yang menerapkan sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Selain gempa, letak geografis Sumatera Utara yang beriklim tropis maritim menyebabkan beban angin juga berpotensi memberikan tekanan besar pada fasad bangunan. Guna menghindari tingkat kompleksitas hitungan manual dan meminimalisir *human error*, penelitian ini menggunakan perangkat lunak untuk memodelkan perilaku struktur secara tiga dimensi. Fokus kajian ini adalah membandingkan respon *base shear* dan *interstory drift* akibat beban gempa dan angin menentukan beban lateral mana yang menjadi faktor paling kritis penentu desain.

## LANDASAN TEORI

### 1. Umum

Perancangan struktur bangunan gedung bertingkat tidak dapat dilepaskan dari pengaruh beban angin dan beban gempa yang termasuk ke dalam beban lateral. Semakin meningkatnya ketinggian sebuah bangunan, maka pengaruh beban lateral menjadi lebih dominan dibandingkan dengan pengaruh beban vertikal. Beban-beban tersebut menimbulkan gaya horizontal dan simpangan lateral yang apabila tidak diperhitungkan secara tepat dapat menyebabkan kegagalan struktur. Dalam analisis struktur, evaluasi kinerja bangunan terhadap beban lateral umumnya dilakukan dengan meninjau dua parameter umum, yaitu *base shear* dan *interstory drift*.

### 2. Ketentuan Perencanaan Struktur Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

Praktik perancangan gedung bertingkat di Indonesia diatur secara ketat untuk memastikan keselamatan dan keandalan struktur, khususnya bagi bangunan dengan tingkat kepentingan tinggi seperti Gedung Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara. Berdasarkan SNI

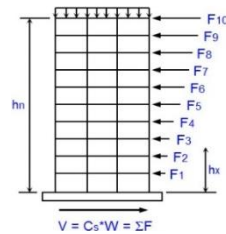
1726:2019, besarnya gempa rencana ditentukan oleh parameter spektrum respons desain yaitu  $S_s$  (percepatan batuan dasar untuk periode pendek 0,2 detik) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar untuk periode 1 detik) yang diambil dari peta gerak tanah seismik.

Untuk memperoleh perpindahan desain yang realistis, nilai perpindahan elastis hasil analisis langsung dari perangkat lunak tidak boleh langsung digunakan melainkan harus dikaitkan dengan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) serta Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ). Karakteristik deformasi inelastis ini dihitung menggunakan parameter struktur untuk memastikan bahwa meskipun struktur mengalami deformasi besar saat gempa kuat, gedung tetap memiliki cadangan kekuatan untuk mencegah keruntuhan total demi keselamatan jiwa (*life safety*).

Lain. Magnitudo tekanan angin desain ( $P$ ) yang bekerja pada permukaan bangunan sangat dipengaruhi secara dinamis oleh variabel kecepatan angin dasar ( $V$ ), faktor eksposur tekanan kecepatan ( $K_z$ ), faktor topografi ( $K_{zt}$ ), faktor arah angin ( $K_d$ ), serta faktor efek tiupan ( $G$ ). Gaya lateral dari angin ini terdistribusi pada setiap tingkat bangunan dan ditransfer oleh sistem struktur utama hingga ke tingkat dasar.

### 3. Konsep *Base Shear*

*Base shear* adalah perkiraan gaya lateral maksimum yang bekerja pada dasar struktur akibat aktivitas gempa yang mempengaruhi bangunan. Parameter ini menjadi acuan utama dalam perancangan elemen portal vertikal seperti kolom, balok, dan dinding geser guna memastikan seluruh sistem struktural tetap stabil dan aman terhadap gaya dorong horizontal. Berdasarkan ketentuan standardisasi, gaya geser dasar seismik ( $V$ ) dihasilkan dari total gaya horizontal akibat percepatan tanah yang berinteraksi dengan massa struktur. Untuk memastikan keandalan hasil simulasi komputer, jumlah kumulatif partisipasi massa horizontal dari kombinasi ragam getar alami yang dianalisis disyaratkan harus mencapai  $\geq 90\%$  dari total massa gedung agar merepresentasikan perilaku nyata struktur.



**Gambar 2.1 Gaya Geser Seismic**

Sumber: Channel YouTube "Civil Engineering", 2020

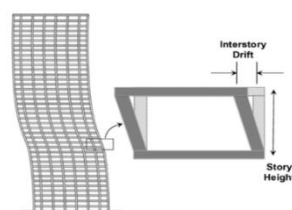
#### 4. Karakteristik Pembebanan Angin Berdasarkan SNI 1727:2020

*Base Shear* akibat beban angin merupakan gaya lateral yang timbul pada struktur bangunan akibat tekanan dan hisapan angin yang bekerja pada permukaan luar bangunan. Perhitungan beban angin di Indonesia mengacu pada ketentuan SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur.

#### 5. Konsep *Interstory Drift*

*Interstory drift* merupakan parameter perpindahan horizontal relatif antara dua lantai yang berurutan pada suatu bangunan akibat beban lateral. Pengendalian nilai simpangan ini memiliki urgensi krusial dalam membatasi kerusakan elemen struktural maupun non-struktural. Terhadap beban gempa, pengendalian simpangan bertujuan untuk menjaga stabilitas portal agar tidak mengalami keruntuhan. Sementara terhadap beban angin, pengendalian simpangan dititikberatkan pada aspek batas layan (*serviceability*) dan kenyamanan penghuni terhadap ayunan gedung, serta merujuk pada standar ASCE 7-16 Appendix C untuk melindungi komponen arsitektural seperti fasad kaca dari risiko retak atau pecah. Secara matematis, nilai simpangan antar lantai ( $\Delta_i$ ) dihitung berdasarkan selisih perpindahan lateral antara lantai atas ( $\delta_i$ ) dan lantai di bawahnya ( $\delta_{i-1}$ ).

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$



**Gambar 2.2 *Interstory Drift***

Sumber: David Mccallen, 2021.

## METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi dan Data Struktur

Objek yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian ini adalah Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara yang terletak di Kota Medan. Bangunan ini merupakan gedung bertingkat tinggi (*high-rise building*) dengan fungsi utama sebagai area perkantoran pemerintahan. Data teknis dan geometris struktur portal yang digunakan dalam pemodelan adalah sebagai berikut:

| Parameter                               | Nilai                               |
|---|-------------------------------------|
| Lantai 1                                | -0.05 m                             |
| Lantai 2                                | +3.95 m                             |
| Lantai 3                                | +7.95 m                             |
| Lantai 4                                | +11.95 m                            |
| Lantai 5                                | +15.95 m                            |
| Lantai 6                                | +19.95 m                            |
| Lantai 7                                | +23.95 m                            |
| Lantai 8                                | +28.95 m                            |
| Lantai Atap                             | +32.95 m                            |
| Lantai Top Lift                         | +35.95 m                            |
| Panjang Bangunan                        | 72 m                                |
| Lebar Bangunan                          | 28.8 m                              |
| Mutu Beton                              | 30 Mpa                              |
| Sistem Struktur                         | Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) |
| Faktor koefisien modifikasi respons (R) | 8                                   |
| Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) | 3                                   |
| Faktor pembesaran defleksi (Cd)         | 5.5                                 |

### 2. Parameter Beban Gempa

Berdasarkan peta gempa Indonesia 2017 dan Desain Spektra Indonesia, dengan lokasi bangunan pada koordinat lintang  $3,541477^\circ$  dan bujur  $98,676646^\circ$ , diperoleh parameter:

| Parameter                        | Nilai             |
|----------------------------------|-------------------|
| Ss                               | 0.6638 g          |
| S1                               | 0.3667 g          |
| Klasifikasi Situs                | SD (Tanah Sedang) |
| Fa                               | 1.26896           |
| Fv                               | 1.9333            |
| SDS                              | 0.56 g            |
| SD1                              | 0.47 g            |
| TL                               | 20 detik          |
| Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) | 1                 |
| Faktor redundansi ( $\rho$ )     | 1.3               |

Beban hidup untuk ruang kantor sebesar 2,4 kN/m<sup>2</sup>, koridor 3,83 kN/m<sup>2</sup>, aula dan tangga 4,79 kN/m<sup>2</sup>. Analisis gempa dilakukan dengan dua metode: statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum [1]. Kombinasi beban yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2020, termasuk kombinasi 1,2DL + 1,0W + LL + 0,5Lr untuk beban angin dan 1,2DL + Ev + Eh + LL untuk beban gempa.

### 3. Parameter Beban Angin

Kecepatan angin dasar ditentukan sebesar 33 m/s berdasarkan Peta Parameter Angin Dasar Indonesia (2018) untuk wilayah Medan. Kategori eksposur yang digunakan adalah B (daerah perkotaan dengan penghalang rapat). Faktor topografi ( $K_{zt}$ ) = 1, faktor arah angin ( $K_d$ ) = 0.85, dan faktor efek hembusan angin ( $G$ ) = 0.85 untuk struktur kaku. Tekanan kecepatan angin dihitung dengan persamaan:

$$q_z = 0,613 \times (K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2)$$

Pembebanan angin ditinjau dari empat arah angin, yaitu:  $W_x$  (arah X positif),  $W_y$  (arah Y positif),  $W_{x-}$  (arah X negatif), dan  $W_{y-}$  (arah Y negatif).

### 4. Perhitungan Pembebanan

Pemodelan 3D struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak. Seluruh elemen struktur (kolom, balok, pelat) dimodelkan sesuai dengan *shop drawing*. Beban mati (DL)

dihitung otomatis oleh program, sedangkan beban mati tambahan (SDL), beban hidup (LL), beban angin (W), dan beban gempa dimasukkan secara manual.

Beban mati tambahan untuk pelat lantai meliputi: spesi (0,63 kN/m<sup>2</sup>), finishing (0,24 kN/m<sup>2</sup>), penggantung plafon (0,10 kN/m<sup>2</sup>), plafon (0,064 kN/m<sup>2</sup>), MEP (0,25 kN/m<sup>2</sup>), dan screed tambahan (0,23 kN/m<sup>2</sup>), total 1,514 kN/m<sup>2</sup>. Untuk lantai top lift ditambah *water proofing* (0,05 kN/m<sup>2</sup>) menjadi 1,564 kN/m<sup>2</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pemodelan Struktur dan Validasi Titik Berat

Kekerasan seksual merupakan segala bentuk perilaku seksual yang dilakukan seseorang kepada orang lain tanpa persetujuan korban, sehingga membuat korban menderita masalah secara fisik maupun non-fisik. Menurut pendapat (Rusli & Martquardo, 2021) kekerasan seksual dapat diartikan sebagai sebuah tindakan atau intimidasi yang berhubungan seksualitas yang dilakukan oleh pelaku terhadap korbannya dengan cara memaksa, yang berakibat korban menderita secara fisik, materi, mental maupun psikis. Sementara menurut pendapat (Bagenda et al., 2024) kekerasan seksual adalah perilaku eksploitasi seksual atau pemanfaatan posisi kekuasaan yang dilakukan oleh seseorang melalui paksaan fisik ke orang lain tanpa persetujuan korban.

Permodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak dengan memodelkan elemen balok kolom dan pelat sesuai dengan shop drawing Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara. Untuk memastikan akurasi pemodelan dilakukan validasi titik berat lantai secara manual menggunakan metode luasan komposit pada Lantai 2 sebagai sampel kontrol. Pemilihan Lantai 2 didasarkan pada pertimbangan bahwa lantai tersebut memiliki konfigurasi geometri paling utuh dan jelas dibandingkan lantai lainnya sehingga meminimalkan kompleksitas dalam pembagian luasan segmen struktur dan memungkinkan perhitungan manual dilakukan dengan lebih presisi objektif dan minim risiko kesalahan hitung.

Metode luasan komposit membagi denah menjadi beberapa segmen geometri standar di mana setiap segmen dihitung luasannya ( $A_i$ ) dan jarak titik beratnya ( $x_i$   $y_i$ ) terhadap titik acuan koordinat (0,0). Koordinat titik berat diperoleh menggunakan rumus  $\frac{\sum(A_i \cdot x_i)}{\sum(A_i)}$  dan  $\frac{\sum(A_i \cdot y_i)}{\sum(A_i)}$ . Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Titik Berat Lantai 2**

| Bagian             | A (m <sup>2</sup> ) | X (m) | Y (m) | X·A (m <sup>3</sup> ) | Y·A (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-----------------------|
| A1.1               | 26,64               | 2,47  | 2,40  | 65,72                 | 63,94                 |
| A1.2               | 26,64               | 2,47  | 2,40  | 65,72                 | 63,94                 |
| A1.3               | 44,82               | 6,23  | 7,20  | 279,00                | 322,70                |
| A2                 | 2073,60             | 36,00 | 14,40 | 74649,60              | 29859,84              |
| A3.1               | -51,84              | 3,60  | 3,60  | -186,62               | -186,62               |
| A3.2               | -77,76              | 3,60  | 5,40  | -279,94               | -1511,65              |
| A3.3               | -207,36             | 14,40 | 3,30  | -2985,98              | -684,29               |
| A3.4               | -23,04              | 3,60  | 1,60  | -82,94                | -36,86                |
| A3.5               | -19,80              | 3,60  | 1,38  | -71,28                | -27,23                |
| A3.6               | -25,92              | 3,60  | 1,80  | -93,31                | -46,66                |
| <b>Total</b>       | <b>1739,34</b>      |       |       | <b>71294,25</b>       | <b>27753,17</b>       |
| <b>Koordinat X</b> | <b>40,99 m</b>      |       |       |                       |                       |
| <b>Koordinat Y</b> | <b>15,96 m</b>      |       |       |                       |                       |

*Sumber: Penulis*

Dari perhitungan manual diperoleh koordinat X sebesar 40,9 m dan koordinat Y sebesar 15,9 m. Output program perangkat lunak menunjukkan koordinat X sebesar 40,6 m dan koordinat Y sebesar 15,059 m. Selisih persentase masing-masing sebesar 0,73% pada sumbu X dan 5,29% pada sumbu Y yang secara teknis masih berada dalam batas toleransi verifikasi manual untuk struktur dengan geometri kompleks. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan metode pendekatan di mana perhitungan manual menggunakan metode luasan komposit dua dimensi yang lebih sederhana sementara perangkat lunak melakukan analisis elemen hingga tiga dimensi yang memperhitungkan volume material secara riil berat sendiri elemen serta interaksi antar komponen struktur secara otomatis. Berdasarkan selisih tersebut pemodelan pada perangkat lunak dinyatakan cukup akurat dan tervalidasi oleh hitungan manual.

Selain peninjauan pada tiap level lantai analisis ini juga menghasilkan koordinat global pusat massa yang mewakili titik berat resultan dari keseluruhan massa bangunan. Dalam program perangkat lunak nilai koordinat global ini dapat ditemukan melalui tabel output Mass Summary by Diaphragm yang menyajikan distribusi massa serta letak pusat massa untuk setiap

diafragma lantai. Nilai koordinat global ini sangat krusial karena menjadi acuan tunggal dalam menentukan titik tangkap gaya inersia akibat beban gempa serta untuk meninjau efek eksentrisitas struktur secara keseluruhan. Data pusat massa seluruh lantai disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Output Pusat Massa per Lantai**

| Story                   | Mass X/Y (kg) | X Center (m)  | Y Center (m)  |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Lantai Top Lift</b>  | 140.261,17    | 57,682        | 16,146        |
| <b>Lantai Atap</b>      | 1.219.234,17  | 44,098        | 14,695        |
| <b>Lantai 8</b>         | 1.513.425,97  | 44,093        | 14,630        |
| <b>Lantai 7</b>         | 1.321.808,98  | 43,365        | 14,447        |
| <b>Lantai 6</b>         | 1.308.894,09  | 43,419        | 14,589        |
| <b>Lantai 5</b>         | 1.312.081,65  | 44,112        | 14,681        |
| <b>Lantai 4</b>         | 1.295.571,77  | 44,319        | 14,644        |
| <b>Lantai 3</b>         | 1.350.789,14  | 40,426        | 14,821        |
| <b>Lantai 2</b>         | 1.486.844,41  | 40,588        | 15,059        |
| <b>Koordinat Global</b> |               | <b>43,398</b> | <b>14,714</b> |

Sumber: Penulis

Nilai koordinat global ( $X = 43,398$  m;  $Y = 14,714$  m) merupakan hasil kalkulasi otomatis program yang mengintegrasikan seluruh elemen struktur mulai dari lantai dasar hingga lantai paling atas. Dengan tervalidasinya hasil manual pada Lantai 2 maka nilai koordinat global yang dikeluarkan oleh perangkat lunak dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk analisis perilaku struktur pada tahap selanjutnya.

## 2. Analisis Jumlah Ragam

Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1 analisis jumlah ragam getar alami pada struktur harus mencakup partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa total struktur pada masing-masing arah horizontal. Standar tersebut juga memberikan alternatif bahwa partisipasi massa minimum yang diperbolehkan adalah sebesar 90% dari massa aktual struktur untuk setiap arah horizontal. Hasil analisis modal perangkat lunak disajikan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Partisipasi Massa Ragam Kumulatif (Data Terpilih)**

| Mode | Period (s)   | SumUX         | SumUY         |
|------|--------------|---------------|---------------|
| 1    | 1,694        | 0,0003        | 0,6093        |
| 2    | 1,665        | 0,7888        | 0,6104        |
| 3    | 1,500        | 0,7906        | 0,7681        |
| 4    | 0,570        | 0,8985        | 0,7683        |
| 5    | 0,567        | 0,8993        | 0,8513        |
| 6    | 0,505        | 0,8994        | 0,8871        |
| 7    | <b>0,326</b> | <b>0,9457</b> | 0,8881        |
| 8    | <b>0,324</b> | 0,9476        | <b>0,9210</b> |
| 10   | 0,217        | 0,9680        | 0,9386        |
| 22   | 0,092        | <b>1,0000</b> | 0,9932        |
| 27   | 0,065        | 1,0000        | <b>1,0000</b> |

Sumber: Penulis

Berdasarkan Tabel 3 nilai partisipasi massa ragam terkombinasi (SumUX) telah mencapai 0,9457 pada modal ke-7 untuk arah X sedangkan pada arah Y nilai SumUY telah mencapai 0,921 pada modal ke-8. Kedua nilai tersebut telah memenuhi batas minimum 90% dari massa aktual yang diizinkan oleh SNI 1726:2019. Selain itu pada mode selanjutnya nilai kumulatif partisipasi massa juga mencapai 1 baik pada arah X di modal ke-22 maupun arah Y di modal ke-27. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh massa struktur telah terakomodasi dalam kombinasi ragam getar yang dianalisis sehingga hasil analisis ragam getar alami ini telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1.

### 3. Penentuan Metode Kombinasi Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019 persentase selisih perioda antar modal digunakan untuk menentukan metode kombinasi ragam yang sesuai yaitu CQC (Complete Quadratic Combination) atau SRSS (Square Root of the Sum of Squares). Metode SRSS digunakan apabila selisih perioda antar modal lebih besar dari 15% karena mengasumsikan setiap mode getar bergerak sendiri-sendiri dan tidak saling mempengaruhi. Sementara itu metode CQC mempertimbangkan adanya hubungan atau pengaruh antar mode getar sehingga lebih akurat

digunakan apabila perioda antar mode saling berdekatan atau memiliki selisih kurang dari 15% [2]. Hasil perhitungan selisih perioda antar modal disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Selisih Perioda Antar Modal**

| Mode | Period (s) | Selisih (%) |
|------|------------|-------------|
| 1    | 1,694      | 0%          |
| 2    | 1,665      | 1%          |
| 3    | 1,500      | 10%         |
| 4    | 0,570      | 62%         |
| 5    | 0,567      | 1%          |
| 6    | 0,505      | 11%         |
| 7    | 0,326      | 35%         |
| 8    | 0,324      | 1%          |
| 9    | 0,271      | 16%         |
| 10   | 0,217      | 20%         |
| 11   | 0,211      | 3%          |
| 12   | 0,178      | 16%         |
| 13   | 0,171      | 4%          |
| 14   | 0,159      | 7%          |
| 15   | 0,129      | 18%         |
| 16   | 0,128      | 1%          |
| 17   | 0,120      | 6%          |
| 18   | 0,107      | 11%         |
| 19   | 0,099      | 7%          |
| 20   | 0,099      | 0%          |
| 21   | 0,096      | 3%          |
| 22   | 0,091      | 5%          |
| 23   | 0,090      | 1%          |
| 24   | 0,082      | 9%          |
| 25   | 0,077      | 6%          |

|                  |       |               |
|------------------|-------|---------------|
| <b>26</b>        | 0,067 | 13%           |
| <b>27</b>        | 0,065 | 3%            |
| <b>Rata-rata</b> |       | <b>10,46%</b> |

Sumber: Penulis

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4 nilai rata-rata selisih perioda antar modal sebesar 10,46% sehingga berada di bawah batas 15%. Meskipun terdapat beberapa modal dengan selisih lebih dari 15% secara umum perioda antar mode masih saling berdekatan sehingga memungkinkan adanya korelasi antar ragam getar. Oleh karena itu metode kombinasi ragam yang digunakan dalam analisis ini adalah CQC karena lebih tepat untuk kondisi mode getar yang berdekatan dan menghasilkan respons struktur yang lebih akurat.

#### 4. Hasil Gaya Geser Dasar (Base Shear) Perbandingan Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis

Base shear merupakan gaya geser dasar yang bekerja pada struktur akibat pengaruh beban gempa dan menjadi salah satu parameter penting dalam analisis struktur tahan gempa. Nilai base shear diperoleh dari hasil analisis dinamik respons spektrum yang kemudian dibandingkan dengan base shear hasil analisis statik ekuivalen sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Hasil kontrol awal gaya geser dasar disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Kontrol Gaya Geser Sebelum Penskalaan**

| <b>Arah</b> | <b>Vdinamik (kN)</b> | <b>Vstatik 100% (kN)</b> | <b>Cek</b> |
|-------------|----------------------|--------------------------|------------|
| <b>X</b>    | 5199,10              | 6339,78                  | Tidak OK   |
| <b>Y</b>    | 4578,01              | 6339,78                  | Tidak OK   |

Sumber: Penulis

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 apabila gaya geser dasar hasil analisis dinamik ragam getar ( $V_t$ ) lebih kecil dari gaya geser dasar statik ekuivalen ( $V$ ) maka hasil analisis dinamik harus dikalikan dengan faktor skala sebesar  $V/V_t$  agar memenuhi nilai minimum yang disyaratkan. Faktor skala ini harus bernilai  $\geq 1$  di mana  $V$  adalah gaya geser dasar statik ekuivalen dan  $V_t$  adalah gaya geser dasar dari hasil kombinasi ragam pada output perangkat lunak. Dari Tabel 5 terlihat bahwa nilai gaya geser gempa statik ( $V_s$ ) lebih besar dari gaya

geser gempa dinamik ( $V_d$ ) pada kedua arah sehingga penskalaan diperlukan [3]. Faktor pengali yang digunakan disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Faktor Penskalaan Gaya Geser**

| Arah | Vs (kN) | Vd (kN) | Faktor Vs/Vd |
|------|---------|---------|--------------|
| X    | 6339,78 | 5199,10 | 1,22         |
| Y    | 6339,78 | 4578,01 | 1,38         |

Sumber: Penulis

Setelah dilakukan penskalaan dengan faktor pengali 1,22 untuk arah X dan 1,38 untuk arah Y kontrol akhir gaya geser dasar disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Kontrol Gaya Geser Setelah Penskalaan**

| Arah | Vdinamik (kN) | Vstatik 100% (kN) | Cek |
|------|---------------|-------------------|-----|
| X    | 6342,92       | 6339,78           | OK  |
| Y    | 6363,43       | 6339,78           | OK  |

Sumber: Penulis

Setelah penskalaan nilai gaya geser dinamik pada kedua arah telah memenuhi persyaratan minimum SNI 1726:2019.

## 5. Hasil Gaya Lateral Akibat Beban Angin

Analisis beban angin dilakukan dengan meninjau empat skenario pembebanan untuk mencakup seluruh variasi arah angin yang mungkin terjadi pada struktur yaitu arah  $W_x$   $W_y$   $W_x^-$  dan  $W_y^-$ . Analisis menggunakan parameter input Kategori Eksposur B yang merepresentasikan area perkotaan dengan penghalang rapat dengan Koefisien Topografi sebesar 1,0 Faktor Arah Angin sebesar 0,85 Faktor Efek Hembusan Angin sebesar 0,85 untuk klasifikasi struktur kaku serta kecepatan angin dasar 33 m/s. Berdasarkan hasil analisis nilai gaya lateral maksimum yang digunakan dalam desain struktur adalah 340,64 kN untuk arah X dari kasus  $W_x$  dan 1.042,98 kN untuk arah Y dari kasus  $W_y^-$ .

## 6. Perbandingan Dominasi Beban Lateral Struktur

Berdasarkan hasil analisis base reactions nilai base shear akibat gempa statik ekuivalen pada arah X (ESx) sebesar 6.339,776 kN dan pada arah Y (ESy) sebesar 6.339,776 kN (nilai absolut). Hasil analisis gempa dinamik respons spektrum setelah penskalaan menunjukkan base shear sebesar 6.342,92 kN pada arah X (Spec X) dan 6.363,43 kN pada arah Y (Spec Y). Sementara itu untuk beban angin gaya lateral maksimum arah X sebesar 340,64 kN dan arah Y sebesar 1.042,97 kN. Apabila dibandingkan pada arah X gaya geser dasar gempa sekitar  $\pm 18$  kali lebih besar dibandingkan beban angin [4]. Pada arah Y gaya geser akibat beban gempa sebesar 6.363,43 kN berbanding 1.042,97 kN akibat angin sehingga beban gempa tetap lebih dominan pada kedua arah. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa respons lateral struktur lebih dikontrol oleh pengaruh beban gempa dibandingkan beban angin sehingga beban gempa menjadi faktor penentu utama dalam desain terhadap gaya geser dasar [5], [6].

## 7. Hasil Analisis Interstory Drift

Interstory drift atau simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) adalah perbedaan nilai perpindahan horizontal pada pusat massa antara suatu lantai dengan lantai di bawahnya. Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6 nilai simpangan antar lantai desain tidak diperbolehkan melebihi simpangan antar lantai yang diizinkan ( $\Delta_{izin}$ ). Untuk sistem struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang direncanakan pada Kategori Desain Seismik D sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1.1 nilai simpangan antar lantai desain tidak boleh melebihi  $\Delta_{izin}/\rho$  pada setiap tingkat lantai. Parameter kontrol yang digunakan dalam analisis ini disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8. Parameter Simpangan Antar Lantai Izin**

| Parameter                       | Nilai   | Referensi                 |
|---------------------------------|---------|---------------------------|
| $\Delta_{izin}$                 | 0,02h   | Tabel 20 SNI 1726:2019    |
| $\rho$ (Faktor Redundansi)      | 1,3     | SNI 1726:2019 Ps. 7.3.4.2 |
| $\Delta_{max}$                  | 0,0154h | KDS D                     |
| Cd (Faktor Pembesaran Defleksi) | 5,5     | Tabel 12 SNI 1726:2019    |
| Ie (Faktor Keutamaan Gempa)     | 1,00    | Tabel 4 SNI 1726:2019     |

|                        |                         |                            |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| $\Delta$ (Story Drift) | $\delta \times Cd / Ie$ | Persamaan 44 SNI 1726:2019 |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|

Sumber: SNI 1726:2019

Nilai pengecekan interstory drift diperoleh dari output perangkat lunak kemudian diolah dan dihitung kembali menggunakan Microsoft Excel untuk menentukan simpangan antar lantai desain serta membandingkannya dengan batas drift limit. Rekapitulasi hasil analisis akibat beban gempa dan beban angin disajikan secara terpisah pada Tabel 9a dan Tabel 9b.

**Tabel 9a. Rekapitulasi Interstory Drift Akibat Beban Gempa**

| Story          | h<br>(mm) | Limit<br>(mm) | Din. X<br>(mm) | Din. Y<br>(mm) | Stat. X<br>(mm) | Stat. Y<br>(mm) | Cek |
|----------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----|
| Top Lift       | 3000      | 46,15         | 4,72           | -14,66         | 7,01            | 3,83            | OK  |
| Lantai<br>Atap | 4000      | 61,54         | 11,10          | 13,14          | 14,89           | 17,00           | OK  |
| Lantai 8       | 5000      | 76,92         | 25,16          | 25,71          | 32,90           | 32,88           | OK  |
| Lantai 7       | 4000      | 61,54         | 24,08          | 27,45          | 30,55           | 33,57           | OK  |
| Lantai 6       | 4000      | 61,54         | 28,94          | 33,03          | 35,05           | 38,64           | OK  |
| Lantai 5       | 4000      | 61,54         | <b>33,34</b>   | <b>35,88</b>   | <b>38,39</b>    | <b>40,54</b>    | OK  |
| Lantai 4       | 4000      | 61,54         | 36,00          | 35,06          | 39,44           | 38,76           | OK  |
| Lantai 3       | 4000      | 61,54         | 35,28          | 33,83          | 36,82           | 34,98           | OK  |
| Lantai 2       | 4000      | 61,54         | 22,73          | 19,27          | 23,05           | 19,34           | OK  |
| Lantai 1       | 4000      | 68,46         | 0,00           | 0,00           | 0,00            | 0,00            | OK  |

Sumber: Penulis

**Tabel 9b. Rekapitulasi Interstory Drift Akibat Beban Angin**

| Story          | h<br>(mm) | Limit<br>(mm) | W <sub>x</sub><br>(mm) | W <sub>y</sub><br>(mm) | W <sub>x-</sub><br>(mm) | W <sub>y-</sub><br>(mm) | Cek |
|----------------|-----------|---------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|
| Top Lift       | 3000      | 6,00          | 0,04                   | 0,83                   | -0,15                   | 0,02                    | OK  |
| Lantai<br>Atap | 4000      | 8,00          | 0,11                   | 0,32                   | -0,12                   | -0,05                   | OK  |
| Lantai 8       | 5000      | 10,00         | 0,21                   | 0,63                   | -0,11                   | 0,05                    | OK  |
| Lantai 7       | 4000      | 8,00          | 0,21                   | 0,61                   | -0,09                   | 0,02                    | OK  |
| Lantai 6       | 4000      | 8,00          | 0,26                   | 0,72                   | -0,07                   | 0,01                    | OK  |
| Lantai 5       | 4000      | 8,00          | 0,30                   | 0,84                   | -0,07                   | 0,00                    | OK  |
| Lantai 4       | 4000      | 8,00          | 0,33                   | <b>0,96</b>            | -0,06                   | -0,01                   | OK  |
| Lantai 3       | 4000      | 8,00          | 0,34                   | 0,84                   | -0,01                   | 0,02                    | OK  |
| Lantai 2       | 4000      | 8,00          | 0,22                   | 0,49                   | -0,01                   | 0,01                    | OK  |
| Lantai 1       | 4000      | 8,00          | 0,00                   | 0,00                   | 0,00                    | 0,00                    | OK  |

Sumber: Penulis

Melalui hasil analisis interstory drift akibat beban gempa terlihat deformasi yang cenderung membesar pada lantai-lantai tengah dan mulai mengecil secara bertahap saat mendekati lantai atap. Pola ini secara teknis menunjukkan perilaku khas dari sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di mana akumulasi gaya geser tingkat dan rotasi lentur pada titik hubung balok-kolom menghasilkan interstory drift maksimum di lantai tengah berbeda dengan sistem dinding geser yang deformasi puncaknya cenderung terjadi di lantai teratas. Pada Lantai 1 nilai simpangan terlihat paling kecil karena adanya efek jepitan lateral yang sangat kaku dari pondasi dan perletakan kolom bawah. Seiring bertambahnya ketinggian simpangan mulai meningkat dan mencapai nilai puncaknya pada Lantai 5 karena lantai tersebut bertindak sebagai lantai tengah yang menerima akumulasi beban lateral paling kritis dalam sistem portal. Pada sistem SRPMK deformasi struktur didominasi oleh perilaku geser pada lantai bawah dan perilaku lentur pada lantai atas dan titik pertemuan antara kedua perilaku ini umumnya mengakibatkan simpangan antar tingkat maksimum terjadi pada area tengah ketinggian gedung.

Memasuki Lantai 6 hingga Lantai Top Lift nilai interstory drift mengalami penurunan secara bertahap dan signifikan. Hal ini disebabkan oleh mekanisme distribusi beban gempa di mana gaya inersia berbanding lurus dengan massa. Pada lantai-lantai atas akumulasi massa struktur yang harus dipikul oleh kolom dan balok sudah jauh berkurang sehingga gaya geser tingkat yang bekerja semakin mengecil dan beban yang memicu pergeseran antar lantai menjadi lebih rendah dibandingkan lantai-lantai di bawahnya. Walaupun terdapat variasi pada setiap lantainya seluruh nilai simpangan antar tingkat untuk arah X maupun arah Y masih berada di bawah batas izin sesuai standar SNI 1726:2019. Dengan demikian struktur gedung ini dinyatakan aman dan memiliki kekakuan yang cukup stabil untuk menahan beban gempa yang direncanakan.

Pada analisis beban angin dengan kecepatan angin dasar 33 m/s simpangan yang terjadi relatif jauh lebih kecil dibandingkan simpangan akibat gempa. Drift maksimum akibat beban angin terjadi pada Lantai 4 arah Y sebesar 0,96 mm sedangkan batas simpangan izin pada lantai tersebut adalah 8 mm. Jika ditinjau lebih detail pada angin arah positif grafik menunjukkan pola non-linier di mana nilai interstory drift Lantai 8 terlihat sedikit lebih besar dibandingkan lantai di atasnya yang dipicu oleh besarnya gaya geser tingkat akumulatif yang harus dipikul oleh kolom Lantai 8 sebelum beban tersebut berkurang secara signifikan. Pola non-linier ini juga mengindikasikan adanya pengaruh asimetri geometri dan eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan sehingga distribusi gaya lateral tidak seragam di tiap tingkat. Sementara itu pada arah negatif grafik simpangan cenderung lebih linear dan meningkat secara bertahap seiring ketinggian. Perbedaan respons antara kedua arah ini membuktikan bahwa konfigurasi denah gedung yang tidak simetris memberikan pengaruh yang berbeda terhadap arah datang angin (asimetri eksposur).

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa nilai interstory drift pada analisis gempa statik sedikit lebih besar dibandingkan dengan analisis gempa dinamik. Hal ini terjadi karena pada analisis statik gaya gempa dimodelkan sebagai gaya lateral yang bekerja secara langsung pada struktur sementara pada analisis dinamik respons struktur dihitung berdasarkan perilaku getaran alami bangunan sehingga distribusi gaya gempa menjadi lebih merata pada beberapa mode getar yang mengakibatkan simpangan pada analisis dinamik menjadi lebih kecil. Kecilnya nilai interstory drift akibat angin juga membuktikan bahwa

dimensi kolom dan balok yang dirancang untuk beban gempa secara otomatis memberikan ketahanan yang jauh lebih kaku terhadap beban lateral angin pada sistem SRPMK ini.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap struktur Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara menggunakan perangkat lunak dapat ditarik tiga penemuan utama.

1. Nilai base shear akibat beban gempa khususnya gempa dinamik (respons spektrum) secara signifikan lebih besar dibandingkan dengan gaya geser lateral akibat beban angin pada kedua arah struktur. Perbedaan ini menunjukkan bahwa gaya lateral yang ditimbulkan oleh gempa memiliki pengaruh yang jauh lebih dominan terhadap struktur dibandingkan beban angin. Dengan demikian dalam perencanaan struktur gedung ini beban gempa menjadi beban pengendali terhadap gaya geser dasar dengan nilai tertinggi sebesar 6.363,4381 kN.
2. Hasil analisis interstory drift menunjukkan bahwa struktur lebih sensitif terhadap beban gempa khususnya gempa statik dibandingkan beban angin. Pada seluruh simpangan antar lantai baik akibat beban gempa maupun beban angin tetap berada dalam batas izin sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Hal ini menunjukkan bahwa sistem struktur telah memenuhi kriteria kinerja yang aman terhadap beban lateral.
3. Berdasarkan hasil analisis respons struktur terhadap pembebanan lateral secara keseluruhan beban gempa merupakan beban yang memberikan pengaruh paling dominan terhadap respons lateral dan kinerja struktur Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Sumatera Utara. Hal ini dapat dilihat dari nilai simpangan antar lantai yang dihasilkan oleh beban gempa baik gempa statik maupun gempa dinamik yang jauh lebih besar dibandingkan simpangan akibat beban angin. Selain itu nilai gaya geser dasar akibat gempa juga lebih signifikan dalam mempengaruhi perilaku struktur. Kondisi ini menunjukkan bahwa perencanaan struktur lebih dikendalikan oleh beban gempa dibandingkan beban angin sehingga beban gempa menjadi faktor pengendali utama dalam perencanaan dan evaluasi kinerja struktur bangunan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Souhaibou and L. Li, "A comparative study on the lateral displacement of a multi-story RC building under wind and earthquake load actions using base shear method and ETABS software," *Mater. Today Proc.*, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.287.
- D. Ningrum, A. Nahak, and N. Rasidi, "Comparison Analysis of Equivalent Static Earthquake and Spectrum Response Dynamics on Steel Structure," *Asian J. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 103–120, 2023, doi: 10.51278/ajse.v1i2.548.
- D. S. Hada, S. K. Nagar, and A. K. Dwivedi, "Comparative Analysis of a Square Tall Building for Dominating Effect of Earthquake or Wind," *SSRG Int. J. Civ. Eng.*, vol. 12, no. 7, pp. 130–144, 2025, doi: 10.14445/23488352/IJCE-V12I7P112.
- E. J. Sulonteh and A. Mahajan, "Seismic performance of high-rise buildings with advanced lateral load resisting systems subjected to wind and earthquake loads," *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 25, pp. 5377–5391, 2024, doi: 10.1007/s42107-024-01118-5.
- M. H. Prayoga, I. B. P. Bhisama, and P. A. Yasa, "Comparative analysis of the behavior of reinforced concrete buildings using static equivalent, response spectrum, and time history methods," *Priviet Soc. Sci. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 615–626, 2026, doi: 10.55942/pssj.v6i2.1616.
- R. A. Oyguc, "A case study on an innovative seismic performance evaluation procedure for irregular RC buildings," *Front. Built Environ.*, vol. 8, p. 1058983, 2022, doi: 10.3389/fbuil.2022.1058983.