

Perbandingan Simpangan dan Pergeseran Pada Bangunan Perkantoran Daerah Pesisir Akibat Beban Lateral

Dewi Purnama Sari*¹ Zulherda²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar

e-mail: *saripurnama05@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan simpangan melalui metode respons spectrum dan time history berdasarkan hasil base shear dan drift ratio yang terjadi pada bangunan perkantoran daerah pesisir. Metode yang digunakan dalam menganalisis struktur gedung ini adalah metode dinamik sesuai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung SNI-1726:2019. Hasil yang didapat ialah nilai base shear pada metode time history lebih besar dibandingkan dengan base shear yang terjadi pada metode respon spectrum yaitu mempunyai selisih sebesar 7.137,13 KN. Nilai drift rasio arah y yang terjadi pada metode time history lebih besar pada setiap lantai dibandingkan dengan nilai drift ratio yang terjadi pada metode respons spectrum yaitu mempunyai nilai selisih sebesar 13,20 mm. Metode analisis gempa respon spectrum menimbulkan gaya dan efek yang cenderung lebih kecil dari pada analisis gempa time history pada bangunan meskipun demikian bangunan masih dalam kategori aman dan tetap dapat dipergunakan sesuai dengan fungsinya.

Kata Kunci—*drift, base shear, simpangan, perkantoran*

Comparison of Drift and Shear in Coastal Area Office Buildings Due to Lateral Loads

Abstract

This study aims to compare the drift in coastal area office buildings using the response spectrum and time history methods, based on the results of base shear and drift ratio. The method used to analyze the building structure is a dynamic analysis according to the earthquake resistance planning guidelines for building and non-building structures, SNI-1726:2019. The results show that the base shear value in the time history method is greater than in the response spectrum method, with a difference of 7,137.13 kN. The drift ratio in the y-direction using the time history method is also greater at each floor compared to the response spectrum method, with a difference of 13.20 mm. The response spectrum earthquake analysis tends to produce smaller forces and effects compared to the time history earthquake analysis; however, the building remains within the safe category and can still be used according to its intended function.

Keywords— *drift, base shear, displacement, office*

1. PENDAHULUAN

Batasan simpangan antar lantai dalam kode gempa di berbagai negara di dunia telah ditinjau. Ditekankan bahwa keselamatan seismik bangunan tinggi serta kerentanannya terhadap kerusakan nonstruktural terutama diindeks pada kemampuannya untuk membatasi perpindahan relatif antar lantai, selain memiliki kekuatan, daktilitas, dan ketangguhan yang memadai. Bangunan dengan rangka penahan momen yang memenuhi semua persyaratan kekuatan dan daktilitas masih dapat mengalami kerusakan nonstruktural yang parah jika simpangan antar lantai tidak dibatasi dengan baik menggunakan dinding geser.

Beberapa kriteria defleksi yang ketat serta indeks pengendalian kerusakan diperkenalkan untuk ditentukan dan diperiksa secara hati-hati selama perhitungan desain guna mengendalikan kerusakan, terutama pada elemen nonstruktural. Konstruksi di Indonesia dipengaruhi daerah-daerah kepulauan, dengan demikian berbagai jenis tanah juga sangat mempengaruhi perkembangannya. Selanjutnya, para ahli terus berinovasi perkembangan konstruksi dan melakukan penelitian demi terciptanya teknologi konstruksi yang aman dan nyaman untuk ditempati. Konstruksi yang aman dan nyaman tentunya didapat dari ketelitian dan ketepatan perencanaan konstruksi yang dilaksanakan. Masyarakat juga berlomba-lomba memperbaiki bangunan yang dulunya masih jauh dari kondisi aman dan nyaman. Para perencana dan pelaksana lapangan melihat kondisi di lapangan agar terciptanya konstruksi yang layak huni. Indonesia yang terdiri dari negara kepulauan mempunyai kondisi bangunan yang banyak di sekitar pesisir. Bangunan tersebut bias berupa perkantoran, apartemen, rumah sakit, hotel atau bangunan lainnya. Bangunan-bangunan tersebut tentunya juga mengalami kondisi adanya beban gempa, mengingat wilayah Indonesia berada di jalur yang rentan terjadinya gempa. Gempa yang terjadi baik itu dari pergeseran lempeng atau kerak bumi, maupun aktifitas gunung berapi. Oleh sebab itu perlu perencanaan bangunan yang tahan terhadap gempa dan perlunya peninjauan sejauh mana besar gaya yang ditimbulkan dari bencana alam tersebut (Sindel, Akbaş and Tezcan, 1996).

Konstruksi yang aman dan nyaman tentunya didapat dari ketelitian dan ketepatan perencanaan konstruksi yang dilaksanakan. Masyarakat juga berlomba-lomba memperbaiki bangunan yang dulunya masih jauh dari kondisi aman dan nyaman. Para perencana dan pelaksana lapangan melihat kondisi di lapangan agar terciptanya konstruksi yang layak huni. Indonesia yang terdiri dari negara kepulauan mempunyai kondisi bangunan yang banyak di sekitar pesisir. Bangunan tersebut bisa berupa perkantoran, apartemen, rumah sakit, hotel atau bangunan lainnya. Bangunan-bangunan tersebut tentunya juga mengalami kondisi adanya beban gempa, mengingat wilayah Indonesia berada di jalur yang rentan terjadinya gempa. Gempa yang terjadi baik itu dari pergeseran lempeng atau kerak bumi, maupun aktifitas gunung berapi. Oleh sebab itu perlu perencanaan bangunan yang tahan terhadap gempa dan perlunya peninjauan sejauh mana besar gaya dan simpangan yang ditimbulkan dari bencana alam tersebut.

Salah satu metrik yang dapat melengkapi indeks kinerja yang umum digunakan adalah drift residual. Drift residual adalah deformasi permanen pada struktur yang tetap setelah terjadinya eksitasi seismik, dan deformasi ini disebabkan oleh perilaku nonlinier

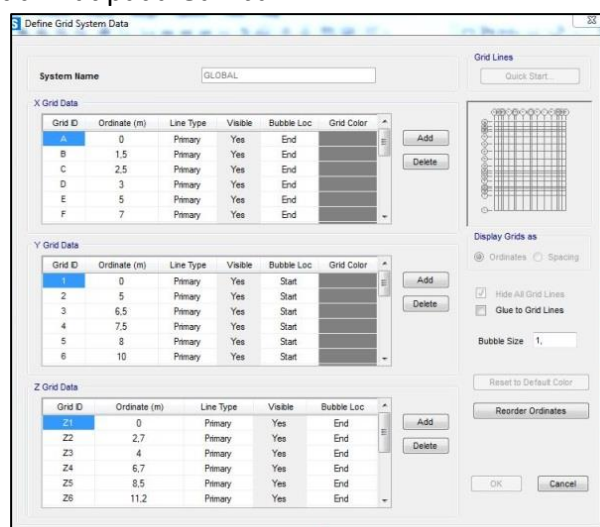
dari komponen yang mengalami leleh dalam sistem (Erochko *et al.*, 2011). Permasalahan gempa yang terjadi sangat menarik untuk dibahas oleh penulis menggunakan dua model gempa di wilayah pesisir. Penulis memilih judul ini karena pada umumnya wilayah Indonesia bertempat tinggal di wilayah pesisir.

Pada penelitian sebelumnya, gedung yang meneliti *base shear, displacement* dan *drift ratio*, menunjukkan bahwa struktur memenuhi syarat batas izin simpangan. Hasil gaya geser dasar gempa terbesar didapatkan dari data rekaman gempa yang memiliki percepatan pergerakan tanah terbesar. Hasil kontrol kinerja struktur dari ketiga riwayat gempa menyatakan bahwa tingkatan struktur gedung termasuk tingkatan Immediate Occupancy (IO) yang berarti tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa (Kharisma, 2022).

2. METODE PENELITIAN

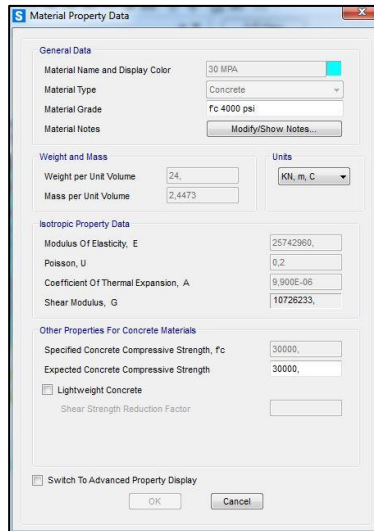
Pada awal penelitian data diperlukan. data struktur meliputi data gambar bangunan, detail struktur, fungsi gedung, jenis struktur, jumlah lantai, sistem struktur, jenis tanah, beton dan tulangan Adapun data lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai perkantoran, material dari beton bertulang, bangunan dimodelkan 3 lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), jenis tanah sedang (D). selanjutnya beton mempunyai kuat tekan ($f'c$) 30 Mpa, baja tulangan longitudinal BJ57 (f_y) 400 Mpa, $f_u = 570$ Mpa, tulangan transversal BJ39 (f_y) 240 Mpa, $f_u = 390$ Mpa. Penampang Struktur balok lantai 2 sampai lantai 5 (B1) 20 x 45 cm, balok atap (B2) 20 x 35 cm, Kolom (K1) = K1 45x45 cm, Kolom (K2) = K2 40x40 cm, Kolom (K3) = K3 35x35 cm. Pelat lantai = Pelat 12 cm dan Pelat Atap = Pelat 10 cm.

Struktur yang dilakukan dalam analisis ini dimodelkan dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi. Penggambaran setiap komponen struktur dilakukan dengan sistematis sesuai dengan data perencanaan yang ada, mulai dari permodelan hingga input mutu material. Adapun Software yang dipakai dalam analisis ini adalah SAP2000. Permodelan grid bangunan dapat dilihat pada Gambar 1.

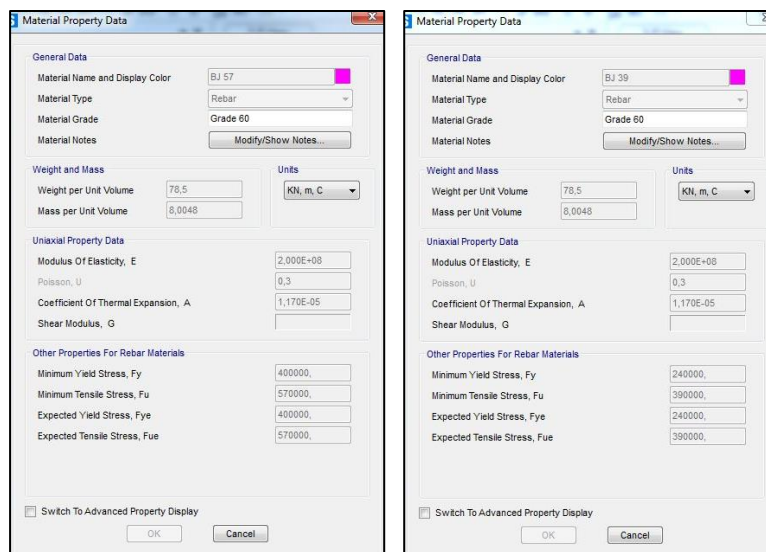


Gambar 1. Input grid bangunan

Mutu dan bahan yang dimasukkan menggunakan mutu rencana bangunan. Dimana mutu rencana menentukan kekuatan struktur yang diteliti. Penginputan dapat dilihat pada Gambar 2. Selanjutnya peng-*input*-an bahan material baja dapat dilihat pada Gambar 3.

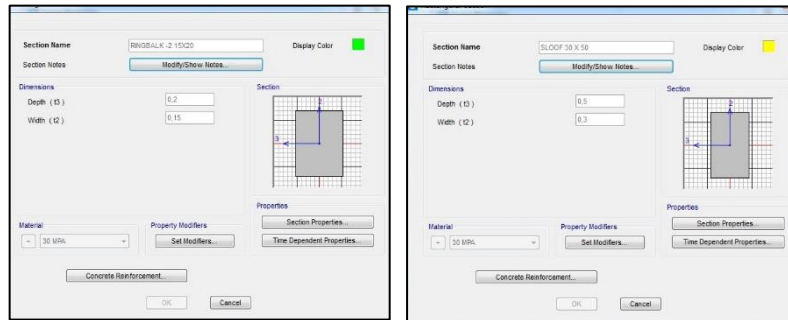


Gambar 2. Penginputan material (bahan)



Gambar 3. Penginputan material baja

Pendimensian elemen balok dan kolom dapat dilihat pada Gambar 4. Semua elemen ialah beton bertulang.

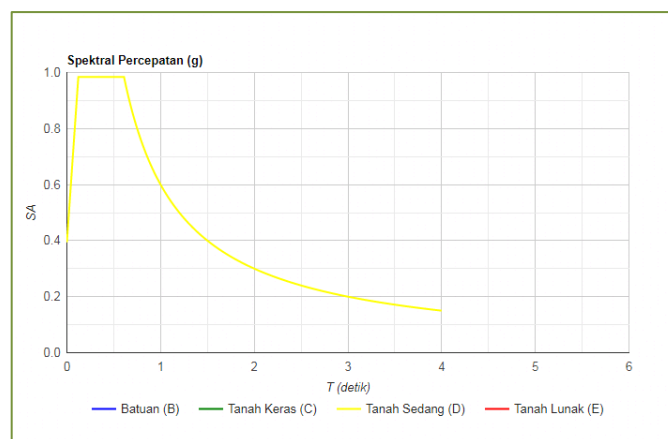


Gambar 4. Pendimensian elemen balok dan kolom

Pada penelitian ini, penulis menggunakan dua model gempa, yaitu response spectrum dan time history.

2.1 Analisa Pembebanan

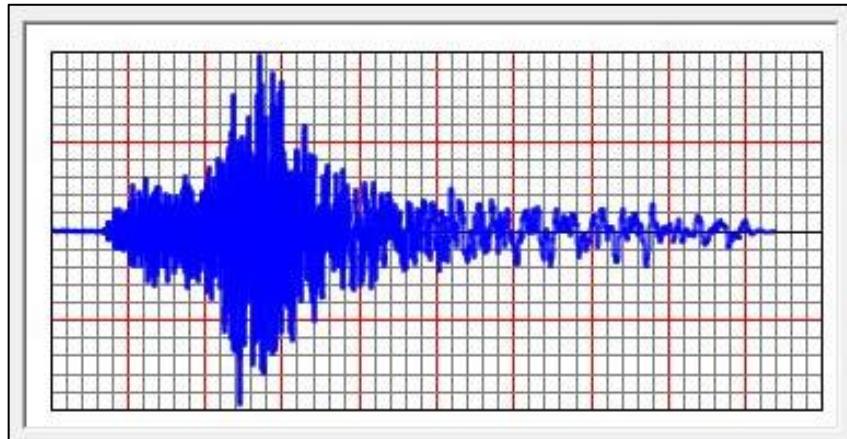
Analisa pembebanan dilakukan dengan menginput beban-beban yang akan diterima oleh bangunan berupa beban hidup, beban mati dan beban gempa ke dalam Software SAP2000 (Computer and Structure, 2024). Perencanaan struktur merupakan gedung perkantoran yang merupakan berat sendiri struktur. Beban mati terdiri dari beban kolom, beban balok, pelat lantai, beban tangga, dinding dan atap. Untuk beban mati pada aplikasi SAP2000 langsung terinput secara otomatis untuk itu tidak perlu lagi dilakukan perhitungan secara manual. Sedangkan Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian pada suatu gedung yang berasal dari barang yang dapat berpindah yang merujuk pada SNI (Standar Nasional Indonesia, 2019). Data gempa yang diperoleh merupakan data yang harus diolah kembali. Pada Gambar 8 dapat dilihat Respons Spektrum dan Gambar 5 dapat dilihat Time History.



Gambar 5. Respons Spektrum wilayah pesisir

Data rekaman gempa menggunakan rekaman gempa chi chi untuk diinput ke dalam time history. Hal serupa juga telah diteliti oleh peneliti sebelumnya (Herbudiman dkk, 2020). Analisis *time history* sangat cocok digunakan untuk struktur yang tidak beraturan terhadap pengaruh gempa rencana, karena gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat maka analisis ini dilakukan dengan menggunakan rekaman akselerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa.

Akibat gaya gempa respons spectrum dan time history terjadilah simpangan antar lantai atau dikenal dengan nama *story drift*. Sedangkan perpindahan suatu dari suatu titik ke titik yang lainnya disebut *displacement*. Selanjutnya gaya geser dasar (*base shear*) juga dihitung oleh *Software SAP2000*. Gaya geser dasar dihitung untuk mengetahui sejauh mana pergeseran kolom dasar daripada bangunan gedung perkantoran di wilayah pesisir. Ketiga variabel tersebut dibandingkan melalui metode dua gaya lateral agar diketahui perbedaan untuk memudahkan perencana memilih metode yang terbaik dalam perencanaan struktur bangunan yang tahan gempa.



Gambar 6. *Time History*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecekan pertama ialah mengetahui nilai waktu getar alami menggunakan C_I dan x untuk jenis rangka beton pemikul momen ialah: $T_a = C_I h_n^x = 0.0466 h_n^x = 0.0466 \cdot 16^{0.9} = 0,565$ detik. Berdasarkan waktu getar alami fundamental, struktur gedung perkantoran memenuhi batas kontrol waktu getar alami. Selanjutnya hasil perhitungan beberapa parameter untuk input respons spektrum.

3.1 Analisis *Respos Spectrum*

- Kategori risiko dan faktor keutamaan gempa didapat dari kategori risiko I atau II dan faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0.
- Koefisien situs diperoleh $S_i = 1,477$ g, $S_l = 0,6$ g, maka didapatkan koefisien situs sebesar $F_a = 1$ dan $F_v = 1,5$. Nilai C_{rs} dan C_{rl} didapatkan $C_{rs} = 1,036$ g dan $C_{rl} = 0,935$ g.
- Parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}), didapat $S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,447$ g, $S_{M1} = F_v \cdot S_l = 0,9$ g
- Parameter kecepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan periode 1 detik S_{D1} , didapat: $S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 0,984$ g dan $S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 0,600$ g
- Nilai S_{DSr} dan S_{D1r} ialah sebagai berikut:
 $S_{DSr} = S_{DS} \cdot C_{rs} = 0,984 \cdot 1,036 = 1,019$ g

$$S_{D1r} = S_{D1} \cdot C_{r1} = 0,600 \cdot 0,935 = 0,561 \text{ g}$$

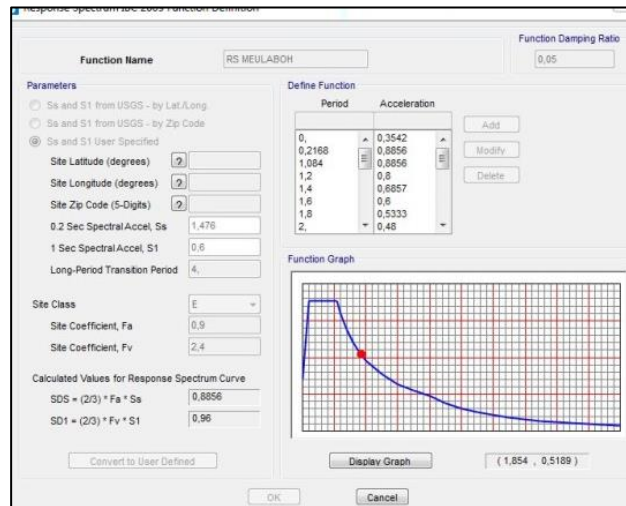
Sehingga :

$$T < T_o, \text{ maka } S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 T/T_o)^2$$

$$T_o \leq T \leq T_s, \text{ maka } S_a = S_{DS} \cdot 3$$

$$T > T_s, \text{ maka } S_a = S_{D1} T$$

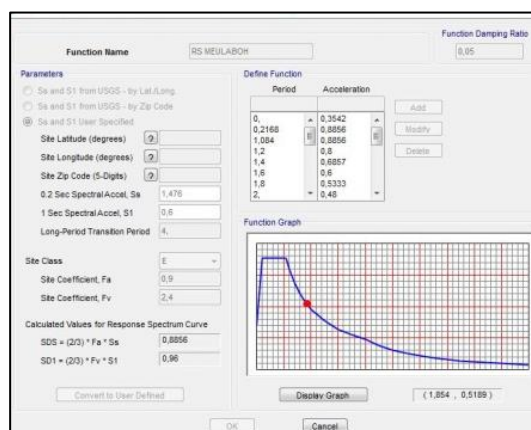
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan respons spektrum (Gambar 7).



Gambar 7. Input respons spektrum

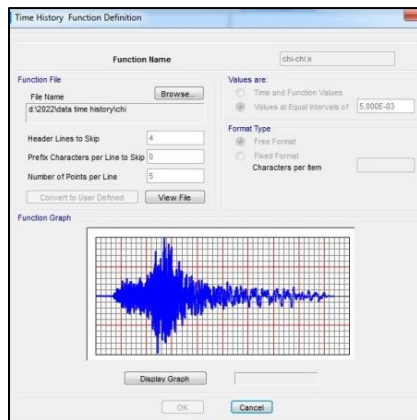
3.2 Analisis *Time History*

Pada analisis *time history* ini, gempa yang digunakan yaitu gempa Chichi China 1999 yang dinormalisasi dengan program SAP2000. Gambar 11 menampilkan *matched spectrum* dan *accelorogram* gempa Chichi China 1999 yang dinormalisasi dengan bantuan software SAP2000.

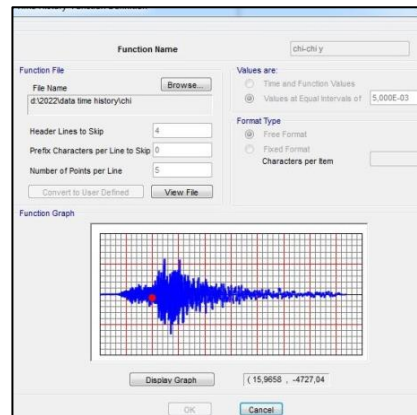


Gambar 8. Input respons spektrum berdasarkan *Matched spectrum* dan *accelorogram* gempa Chichi China 1999

Selanjutnya hasil dari normalisasi gempa pada arah x dan y bangunan pada software SAP200, dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Time history arah x

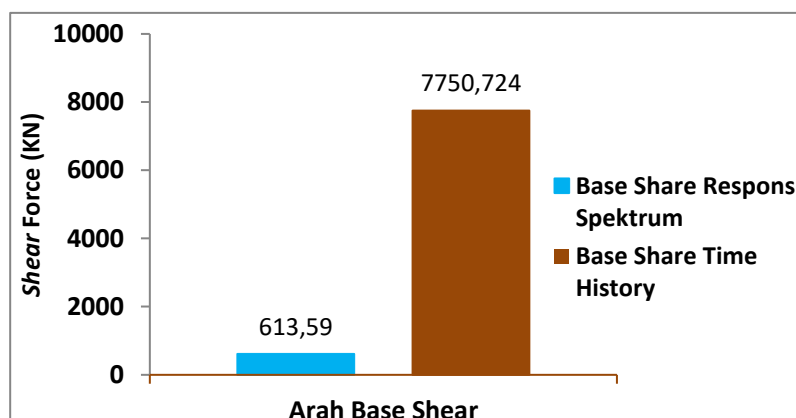


Gambar 10. Time history arah y

3.3 Base Shear

Tabel 1. Perbandingan Base Shear pada Gempa Respon Spectrum Dan Time History

| Analisis | V | Vd (kN) | Vs (kN) | 0.85 Vs (kN) | 0.85 Vs Vd | Vd > 85% Vs |
|----------|---|----------|----------|--------------|------------|-------------|
| RS | X | 1168,515 | 1357,482 | 1153,860 | 0,987 | Memenuhi |
| | Y | 613,059 | 88,001 | 74,801 | 0,122 | Memenuhi |
| TH | X | 7750,724 | 1357,482 | 1153,860 | 0,149 | Memenuhi |
| | Y | 590,207 | 88,001 | 74,801 | 0,127 | Memenuhi |



Gambar 11. perbandingan base shear arah x dan arah y

Dari Tabel 1 dapat dilihat perbedaan base shear antara kedua model gempa dan antara kedua arah gaya gempa. Selanjutnya juga dituangkan dalam diagram. Setelah dicek

semua base shear masih dalam keadaan aman atau memenuhi. Dan base shear time history lebih besar daripada respons spektrum.

3.4 Displacement dan drift ratio

Nilai-nilai perpindahan atau *displacement* dapat dilihat berdasarkan arah x dan y bangunan. Tabel 2 memperlihatkan perbedaan-perbedaan hasil analisis kedua model gempa tiap lantainya, *drift ratio* analisis respons spektrum dan time history, secara berurutan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2 *Displacement Respons Spectrum dan Time History*

| Lantai | <i>Respons Spectrum</i> | | <i>Time History</i> | |
|--------|-------------------------|--------|---------------------|---------|
| | X (mm) | Y (mm) | X (mm) | Y (mm) |
| Atap | 5,3856 | 7,6871 | 9,1130 | 13,1720 |
| 3 | 5,3856 | 7,5316 | 9,0400 | 13,0000 |
| 2 | 3,5124 | 5,3021 | 5,2700 | 8,3030 |
| 1 | 0,8647 | 1,4024 | 1,1030 | 2,0030 |

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwasanya perpindahan yang terjadi pada analisis *time history* lebih besar dibandingkan dengan perpindahan yang terjadi pada analisis *respons spectrum*.

Penentuan *drift ratio* berdasarkan $\Delta_{x1} = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \cdot C_d / I_e$ ialah $(0,8647 - 0) \cdot 5,5 / 1 = 4,7558$ mm. Dan dikontrol simpangan antar lantainya (Δ_a) $0,025_{hsx} = 0,025 \cdot 4000 = 100$ mm $> 4,7558$ mm (aman). Hasil yang didapat *drift ratio* dari analisis *Respons Spectrum* dan *Time History* semuanya tidak melewati simpangan ijin.

Tabel 3 *Drift Ratio Respons Spectrum*

| Lantai | Δ_x | Δ_y | Δ_a (ijin) | Keterangan |
|--------|------------|------------|-------------------|------------|
| | (mm) | (mm) | (mm) | |
| Atap | 0,0000 | 0,8550 | 100 | Aman |
| 3 | 10,3026 | 12,2625 | 110 | Aman |
| 2 | 14,5622 | 21,4480 | 112,5 | Aman |
| 1 | 4,7558 | 7,7134 | 100 | Aman |
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0 | Aman |

Tabel 4 *Drift Ratio Time History*

| Lantai | Δ_x | Δ_y | Δ_a (ijin) | Keterangan |
|--------|------------|------------|-------------------|------------|
| | (mm) | (mm) | (mm) | |
| Atap | 0,4015 | 0,9460 | 100 | Aman |
| 3 | 20,7350 | 25,8335 | 110 | Aman |
| 2 | 22,9185 | 34,6500 | 112,5 | Aman |
| 1 | 6,0665 | 11,0165 | 100 | Aman |
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0 | Aman |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapat pada BAB 3, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *Base shear* yang terjadi pada metode *time history* lebih besar 92%.
2. Nilai *displacement* yang terjadi pada metode *time history* lebih besar 42 %.
3. Nilai *drift ratio* yang terjadi pada metode *time history* lebih besar 38 %.
4. Pada analisis ini analisis gempa *respon spectrum* menimbulkan gaya dan efek yang cenderung lebih kecil dari pada analisis gempa *time history* pada bangunan.
5. Bangunan yang ditinjau masih dalam keadaan aman setelah diberikan gaya gempa baik dengan metode *respon spectrum* maupun *time history*.

5. SARAN

Diharapkan adanya penelitian lanjutan terkait analisis *pushover* untuk kasus bangunan perkantoran di pesisir pantai terhadap permodelan *beam* maupun *frame*.

DAFTAR PUSTAKA

- Computer and Structure (2024) ‘SAP2000’. Available at: <https://www.csiamerica.com/products/sap2000/trial>.
- Erochko, J. *et al.* (2011) ‘Residual Drift Response of SMRFs and BRB Frames in Steel Buildings Designed according to ASCE 7-05’, *Journal of Structural Engineering*, 137(5), pp. 589–599. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000296](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000296).
- Herbudiman dkk (2020) ‘Studi Perilaku Bangunan Gedung Kayu Bertingkat Rendah dengan Analisis Time History’.
- Kharisma, G. (2022) ‘Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Menggunakan Metode Time History Analysis’.
- Sindel, Z., Akbaş, R. and Tezcan, S.S. (1996) ‘Drift control and damage in tall buildings’, *Engineering Structures*, 18(12), pp. 957–966. Available at: [https://doi.org/10.1016/0141-0296\(95\)00215-4](https://doi.org/10.1016/0141-0296(95)00215-4).
- Standar Nasional Indonesia, S.N.I. (2019) ‘SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung’.