



Terbit *online* pada laman web jurnal :  
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

**SAINSTEK**

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



# Analisis Numerik Dan Eksperimental Struktur Menara Transmisi Berdasarkan Riwayat Waktu Beban Dinamik

Idris David Fernando Simamora<sup>a</sup>, Reni Suryanita<sup>b</sup>, Alex Kurniawandy<sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas KM 12.5, Pekanbaru, Riau, 28293, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 12 November 2024

Revisi Akhir: 30 Desember 2024

Diterbitkan *Online*: 31 Desember 2024

## KATA KUNCI

beban dinamik; meja getar; riwayat waktu;  
*similitude law*

## KORESPONDENSI

Telepon: 085271113010

E-mail: idrisneh@gmail.com

## ABSTRACT

Gempa bumi adalah beban dinamik yang sangat mempengaruhi keadaan struktur bangunan. Jika kekuatan bangunan tidak dapat menahan beban dinamik, maka bangunan akan rusak bahkan akan runtuh. Pemahaman terhadap beban dinamik dan respon struktur diperlukan untuk meningkatkan kualitas bangunan yang berada di daerah rawan gempa. Untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa perlu dilakukan analisis. Pada penelitian ini dilakukan analisis dengan metode riwayat waktu pada sebuah menara transmisi di Binjai. Respon struktur tersebut berupa perpindahan dan percepatan suatu menara bila dikenai beban gempa. Respon struktur menara dapat diketahui dengan pengujian skala penuh dan juga menggunakan software elemen hingga. Pengujian skala penuh dari struktur besar memakan waktu dan biaya yang mahal, sehingga dicari alternatif lain yaitu dengan pengujian struktur yang diperkecil. Pengujian beban dinamik dilakukan menggunakan alat yaitu meja getar, sedangkan untuk merancang struktur yang diperkecil, menggunakan metode *similitude law* untuk memastikan kesamaan antara struktur skala penuh dan modelnya yang diperkecil. Perbandingan frekuensi fungsi respon dari struktur skala penuh dan modelnya yang diperkecil dapat memverifikasi kesamaan antara dua skala. Penelitian ini menggunakan model yang terbuat dari besi tulangan yang memiliki perbandingan ukuran 1:40. Meja getar menggerakkan model menggunakan dengan variasi frekuensi 6,5 hz, 12,5 hz dan 25 hz disertai peletakan sensor pada 3 titik pengamatan. Hasil eksperimen dari meja getar dimasukkan ke dalam software elemen hingga, sehingga diperoleh perbandingan hasil numerik dan eksperimental. Hasil perpindahan terbesar terdapat pada titik puncak menara. Perpindahan pada pengujian laboratorium memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan hasil dari software elemen hingga.

## 1) PENDAHULUAN

Pemahaman terhadap beban dinamik dan respon suatu struktur diperlukan untuk meningkatkan kualitas menara transmisi yang berada di daerah rawan gempa. Menara transmisi tersebut harus dirancang tahan terhadap gempa. Respon struktur tersebut berupa respon perpindahan suatu Menara transmisi bila dikenai beban gempa. Bila menara transmisi tersebut mempunyai ketinggian yang berbeda-beda, maka setiap ketinggian mempunyai respon

perpindahan dan frekuensi natural yang berbeda-beda. Oleh karena itu pengetahuan akan efek dari gempa terhadap beberapa kasus struktur menara transmisi sangat diperlukan. Hal ini mendorong perlunya sistem perancangan yang matang mengenai struktur menara transmisi yang akan dibangun di daerah rawan gempa seperti Indonesia.

Salah satu upaya untuk meramalkan perilaku struktur akibat gempa yaitu dengan analisis dinamik. Namun, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengujian eksperimental memiliki peranan penting dalam

ilmu rekayasa struktur kegempaan. Salah satunya yaitu shaking table test merupakan teknik pendekatan eksperimental yang digunakan untuk menilai bagaimana perilaku struktur dalam merespon peristiwa gempa bumi. Pada alat ini, gempa bumi disimulasikan oleh seperangkat alat meja getar yang dibangkitkan oleh motor penggerak dengan frekuensi yang dapat diatur sehingga mengakibatkan meja bergetar pada arah lateral. Pengujian meja getar bertujuan untuk melihat secara visual bagaimana perilaku struktur ketika menerima beban seismik. Pengujian meja getar telah banyak dilakukan oleh para peneliti untuk menilai respon dinamik struktur secara linier maupun non linier. Biasanya pengujian non linier dilakukan dengan skala besar dan tentu meja getar yang digunakan juga berukuran besar.

Penelitian ini merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mempelajari bagaimana perilaku struktur akibat beban lateral seperti beban angin dan beban gempa karena menggunakan model dengan skala kecil dengan biaya yang lebih ekonomis. Penelitian ini melakukan pengujian dengan simulasi numerik, kemudian hasilnya diverifikasi menggunakan uji pendekatan seismik menggunakan meja getar. Pengujian yang dilakukan dengan model skala besar umumnya tidak ekonomis, sehingga penelitian ini menjadi solusi alternatif untuk mempelajari perilaku struktur dengan biaya lebih ekonomis.

## 2) TINJAUAN PUSTAKA

*Mode shape* merupakan bentuk struktur ketika bergetar pada frekuensi alami. Analisis modal digunakan untuk menentukan gerak struktur pada kondisi dimana gerakannya dipengaruhi oleh kondisi awal. Sistem struktur akan mengalami getaran bebas jika mengalami gangguan dari posisi keseimbangan statiknya dan bergetar bebas tanpa adanya beban dinamik luar. Gangguan tersebut berupa peralihan lateral awal dan kecepatan awal.

Pengujian struktur skala penuh memang lebih akurat tetapi memakan waktu dan biaya yang sangat mahal. Oleh karena itu, sangat berguna jika struktur asli skala penuh dapat diganti dengan model yang diperkecil yang jauh lebih mudah untuk dikerjakan. Simulasi eksperimental telah dilakukan pada penelitian (Apriani et al., 2021) dengan hasilnya adalah selisih hasil perpindahan antara uji numerik dan uji eksperimental struktur portal *open frame* menggunakan uji eksperimen dengan metode *similitude* dan uji numerik menggunakan *software*, lebih besar hasil *software*.

## 3) METODOLOGI

### 3.1. Studi Literatur

Studi literatur diperoleh dari buku dan jurnal yang terkait dalam analisis respon spektrum dan bangunan gempa. Buku acuan yang dipakai antara lain Peraturan pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung analisis respon spektrum SNI 03-1729-2002, Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 departemen Pekerjaan Umum dan SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

### 3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi menara transmisi berdasarkan data dari proyek Crossing tower SUTT area jalan tol seksi Binjai-Langsa yang dianalisis dengan uji numerik, dan kemudian dianalisis menggunakan uji eksperimental dengan meja getar.

### 3.3. Pengumpulan Data

Pemodelan struktur pada penelitian ini menggunakan metode *similitude law*.

Secara umum, analisis pemodelan menyatakan bahwa persamaan:

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (1)$$

dapat diekspresikan secara ekuivalen dalam bentuk :

$$G(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = 0 \quad (2)$$

Tabel 1. Variabel Fisik dalam Menentukan Perpindahan

| No | Variabel            | Notasi | Dimensi         |
|----|---------------------|--------|-----------------|
| 1  | Beban               | P      | M               |
| 2  | Modulus Elastisitas | $E_c$  | $ML^{-1}T^{-2}$ |
| 3  | Mutu Baja           | $F_y$  | $ML^{-1}T^{-2}$ |
| 4  | Lebar Penampang     | B      | L               |
| 5  | Panjang bentang     | L      | L               |
| 6  | Frekuensi           | F      | $T^{-1}$        |

Dimensi :  $M \cdot L \cdot T \sim r = 3$

### 3.4. Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan Respon Spektrum

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2019), pasal 6.4 Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifikasi tidak digunakan. Adapun cara pembuatan grafik diatas adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3)$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;
- 3) Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{DS} T}{T} \quad (4)$$

- 4) Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,
- 5)  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

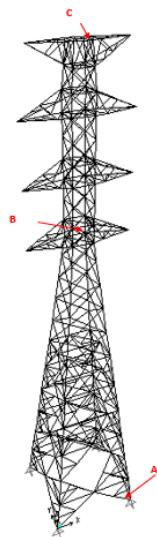
$$S_a = \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \quad (5)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

### 3.5 Uji Eksperimental Respon Struktur dengan Meja Getar

Setelah semua data terkumpul, langkah selanjutnya memulai penelitian dengan meletakkan pemodelan struktur menara transmisi ke atas meja getar. Letakkan hp yang memiliki aplikasi RMS perpindahan meter pada tiap titik yang ingin diteliti guna untuk merekam simpangan yang terjadi di tiap titiknya. Lalu menginput percepatan tanah maksimum yang berasal dari grafik respon spektrum ke meja getar. Menempelkan alat vibration meter ke meja getar, gunanya untuk menyesuaikan percepatan tanah dasar yang diperoleh dari respon spektrum. Lakukan rekaman selama 300 s untuk mendapatkan hasil simpangan maksimum yang terjadi di tiap tingkat seperti yang dapat dilihat pada di bawah ini.



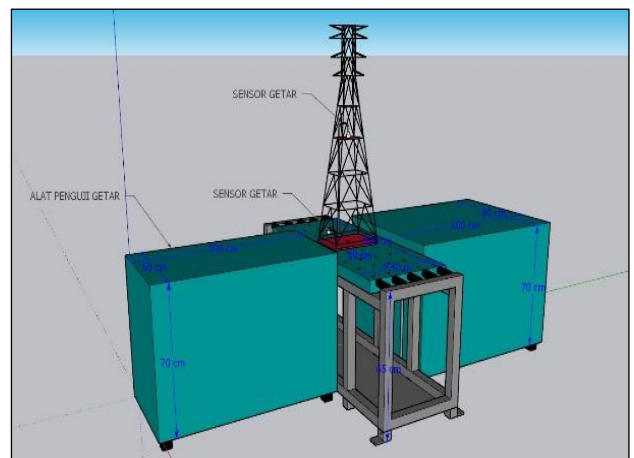
Gambar 1. Struktur menara transmisi

## 4) HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data yang digunakan harus di modelkan terlebih dahulu menyesuaikan skala laboratorium menggunakan similitude law dan juga data beban gempa harus dianalisis dengan metode respon spektrum.

### 4.1. Pemodelan Struktur

Model skala kecil struktur menara SUTT yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 1 model dengan skala 1/40 dihitung berdasarkan similitude law dengan mempertimbangkan ukuran meja getar yang digunakan adalah 50 cm 100 cm. Elemen kolom, baja dan bresing pada model dibuat dari baja tulangan dengan sambungan las. Model ini diujikan menggunakan meja getar yang perletakkannya terhadap meja getar dibuat seperti jepit-jepit. Model ini diujikan menggunakan meja getar yang perletakkannya terhadap meja getar dibuat kaku. Perletakan model dengan meja getar menggunakan plat baja yang dibaut pada permukaan meja getar yang mana permukaan meja getar memiliki grid lubang baut dengan jarak 10 cm pada arah sumbu X dan sumbu Y. Ukuran model memiliki panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 100 cm. Diameter baja tulangan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 1 jenis tulangan 1,93 mm. Sedangkan plat baja yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm.



Gambar 2. Desain meja getar dengan sensor getar pada model

Tabel 2. Pemodelan Dimensi

| NO | PROPERTIES                 | MODEL SIMILITUDE   |
|----|----------------------------|--------------------|
| 1  | CONSTRUCTION TYPE          | BESI TULANGAN      |
| 2  | L 1 x 1 x 0,1 MM           | Baja Tulangan 2 mm |
| 3  | L 1,125 x 1,125 x 0,1 MM   | Baja Tulangan 2 mm |
| 4  | L 1,25 x 1,25 x 0,1 MM     | Baja Tulangan 2 mm |
| 5  | L 1,5 x 1,5 x 0,1 MM       | Baja Tulangan 2 mm |
| 6  | HL 1,5 x 1,5 x 0,1 MM      | Baja Tulangan 2 mm |
| 7  | L 1,625 x 1,625 x 0,125 MM | Baja Tulangan 2 mm |

|    |                             |                    |
|----|-----------------------------|--------------------|
| 8  | HL 1,625 x 1,625 x 0,125 MM | Baja Tulangan 2 mm |
| 9  | L 1,5 x 1,5 x 0,125 MM      | Baja Tulangan 2 mm |
| 10 | L 1,75 x 1,75 x 0,125 MM    | Baja Tulangan 2 mm |
| 11 | HL 1,75 x 1,75 x 0,125 MM   | Baja Tulangan 2 mm |
| 12 | L 1,875 x 1,875 x 0,125 MM  | Baja Tulangan 2 mm |
| 13 | HL 1,875 x 1,875 x 0,125 MM | Baja Tulangan 2 mm |
| 14 | L 1,25 x 1,25 x 0,125 MM    | Baja Tulangan 2 mm |
| 15 | L 1,5 x 1,5 x 0,125 MM      | Baja Tulangan 2 mm |
| 16 | L 1,5 x 1,5 x 0,15 MM       | Baja Tulangan 2 mm |
| 17 | L 1,5 x 1,5 x 0,15 MM       | Baja Tulangan 2 mm |
| 18 | HL 2 x 2 x 0,15 MM          | Baja Tulangan 2 mm |
| 19 | HL 2,25 x 2,25 x 0,1 MM     | Baja Tulangan 2 mm |
| 20 | HL 3 x 3 x 0,225 MM         | Baja Tulangan 2 mm |
| 21 | HL 3,75 x 3,75 x 0,3 MM     | Baja Tulangan 2 mm |

#### 4.2. Perhitungan Beban Gempa

Menara transmisi SUTT berada pada daerah (Kota Binjai) berdasarkan SNI 3 – 1726-2019 kota Binjai memiliki

$$PGA = 0,3228$$

$$S_s = 0,7178 \text{ g.}$$

$$S_1 = 0,388 \text{ g.}$$

$$F_a = 1,35152 \text{ g.}$$

$$F_v = 2,448 \text{ g.}$$

Nilai parameter respon spektrum percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik ( $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$ ), berdasarkan pasal 6.2 maka :

Tanah Lunak

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,35152 \times 0,7178 = 0,97$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,448 \times 0,388 = 0,95$$

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ .

Tanah Lunak

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,97 = 0,647$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,95 = 0,633$$

Penentuan Periode.

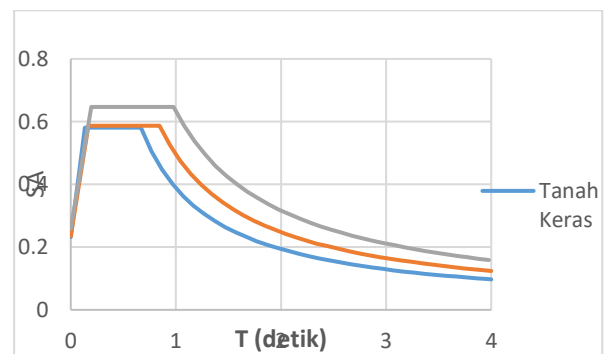
Tanah Sedang

$$5) \quad T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,633}{0,647} = 0,196$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,633}{0,647} = 0,978$$

Dari analisa gempa *response spectrum* di atas dapat kita lihat terdapat perbedaan nilai dari setiap kondisi tanah, bahwasanya semakin lunak kondisi tanah maka akan semakin besar  $F_v$  sehingga menghasilkan nilai  $S_{D1}$  dan  $S_{M1}$  yang semakin besar pula. Maka didapat periode respon spektrum pada grafik pada Gambar 3. Setelah grafik selesai, maka input getaran yang diberikan pada meja getar diambil nilai maksimum

dari percepatan tanah dasar dalam periode waktu 20 s yaitu 6,21 dibulatkan ke atas menjadi 6,5 untuk mempermudah input pada meja getar. Pada penelitian ini dibuat variasi getaran untuk melihat pola perpindahan yang terjadi di 3 titik pengamatan. Getaran yang digunakan adalah 6,5 Hz, 12,5 Hz dan 25 Hz. Perpindahan dapat terjadi karena adanya percepatan dari tanah dasar. Semakin besar percepatan tanah dasar yang terjadi, semakin besar perpindahan yang dihasilkan oleh bangunan tersebut. Maka dari itu percepatan tanah dasar terbesar yang diinput pada meja getar guna untuk merekam data perpindahan maksimum yang dialami oleh struktur menara transmisi tersebut.



Gambar 3. Grafik Respon Spektrum

#### 4.3 Hasil Uji Numerik Software

Adapun data hasil uji numerik menggunakan software dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Sesuai SNI 1726-2019 jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam mencakup partisipasi sekurang kurangnya 90%. Ragam getar struktur yang diperoleh digunakan untuk menentukan karakteristik dinamik dari suatu system strktur. Ragam getar ini didefinisikan oleh properti fisik serta distribusi spasial dari komponen penyusun system struktur. Dari hasil diperoleh ragam pada mode pertama hingga ketiga adalah linier dengan partisipasi massa sebesar 90%.

Tabel 3. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik puncak software

|              | Hasil SAP | Perpindahan (mm) |          |        |
|--------------|-----------|------------------|----------|--------|
|              |           | Arah X           | Arah Y   | Arah Z |
| Titik Puncak | 6,5 Hz    | 4,83             | 0,005825 | 0,1081 |
|              | 12,5 Hz   | 3,96             | 0,009057 | 0,1282 |
|              | 25 Hz     | 4,72             | 0,006414 | 0,1041 |

Tabel 4. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik tengah software

|                     | Hasil SAP | Perpindahan (mm) |         |        |
|---------------------|-----------|------------------|---------|--------|
|                     |           | Arah X           | Arah Y  | Arah Z |
| <b>Titik Tengah</b> | 6,5 Hz    | 3,08             | 0       | 0,1361 |
|                     | 12,5 Hz   | 2,79             | 0,00104 | 0,1456 |
|                     | 25 Hz     | 2,94             | 0       | 0,1429 |

Tabel 5. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik tengah *software*

|                    | Hasil SAP | Perpindahan (mm) |        |        |
|--------------------|-----------|------------------|--------|--------|
|                    |           | Arah X           | Arah Y | Arah Z |
| <b>Titik Dasar</b> | 6,5 Hz    | 0,3681           | 0,1045 | 0,1122 |
|                    | 12,5 Hz   | 0,3237           | 0,0947 | 0,103  |
|                    | 25 Hz     | 0,3758           | 0,1002 | 0,1079 |

#### 4.4 Hasil Uji Numerik Eksperimental

Setelah didapat hasil uji eksperimental, dengan penskalaan diawal 1 : 40 terhadap panjang bentang, didapatkan hasil prototype struktur portal uji eksperimental pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik puncak meja getar

| Titik Pengujian | Uji Getar | Perpindahan (mm) |        |                |
|-----------------|-----------|------------------|--------|----------------|
|                 |           | Arah X           | Arah Y | Arah Z         |
| <b>Puncak</b>   | 6,5 Hz    | 0,019            | 0,01   | 0,019          |
|                 | 12,5 Hz   | 0,097            | 0,024  |                |
|                 | 25 Hz     | 0,494            | 0,079  | 0,084<br>0,292 |

Tabel 7. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik tengah meja getar

| Titik Pengujian | Uji Getar | Perpindahan (mm) |        |        |
|-----------------|-----------|------------------|--------|--------|
|                 |           | Arah X           | Arah Y | Arah Z |
| <b>Tengah</b>   | 6,5 Hz    | 0,0210           | 0,0080 | 0,0250 |
|                 | 12,5 Hz   | 0,1230           | 0,0230 | 0,0480 |
|                 | 25 Hz     | 0,0010           | 0,0010 | 0,0010 |

Tabel 8. Perpindahan uji 1, 2 dan 3 titik dasar meja getar

|              | Uji Getar | Perpindahan (mm) |        |        |
|--------------|-----------|------------------|--------|--------|
|              |           | Arah X           | Arah Y | Arah Z |
| <b>Dasar</b> | 6,5 Hz    | 0,0189           | 0,0072 | 0,0225 |
|              | 12,5 Hz   | 0,1107           | 0,0207 | 0,0432 |
|              | 25 Hz     | 0,0009           | 0,0009 | 0,0009 |

Tabel 9. Selisih perpindahan antara meja getar dan *software*

|  | Beban (Hz) | Selisih (mm) |        |        |
|--|------------|--------------|--------|--------|
|  |            | Arah X       | Arah Y | Arah Z |

|                     |         |       |          |        |
|---------------------|---------|-------|----------|--------|
| <b>Titik Puncak</b> | 6,5 Hz  | 4,811 | 0,004175 | 0,0891 |
|                     | 12,5 Hz | 3,863 | 0,014943 | 0,0442 |
|                     | 25 Hz   | 4,226 | 0,072586 | 0,1879 |

Tabel 10. Selisih perpindahan antara meja getar dan *software*

|                     | Beban (Hz) | Selisih (mm) |         |        |
|---------------------|------------|--------------|---------|--------|
|                     |            | Arah X       | Arah Y  | Arah Z |
| <b>Titik Tengah</b> | 6,5 Hz     | 3,059        | 0,008   | 0,1111 |
|                     | 12,5 Hz    | 2,667        | 0,02196 | 0,0976 |
|                     | 25 Hz      | 2,939        | 0,001   | 0,1419 |

Tabel 11. Selisih perpindahan antara meja getar dan *software*

|                    | Beban (Hz) | Selisih (mm) |        |        |
|--------------------|------------|--------------|--------|--------|
|                    |            | Arah X       | Arah Y | Arah Z |
| <b>Titik Dasar</b> | 6,5 Hz     | 0,3492       | 0,0973 | 0,0897 |
|                    | 12,5 Hz    | 0,213        | 0,074  | 0,0598 |
|                    | 25 Hz      | 0,3749       | 0,0993 | -0,107 |

## 5) KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain adalah: (a) nilai perpindahan dan percepatan maksimum untuk lokasi Binjai dipengaruhi oleh jenis tanah pada lokasi tersebut. Nilai Maksimum terjadi pada tanah lunak. Sedangkan nilai minimum terjadi pada tanah keras; (b) hasil analisis metode elemen hingga dengan beban dinamis time history di titik dasar, tengah dan puncak pada pemodelan menara transmisi menggunakan aplikasi software maka didapat nilai maksimum terdapat pada titik puncak. (c) Untuk pengujian meja getar hasil nilai perpindahan yang dibandingkan dengan hasil analisis software yang sudah diskalakan didapat nilai perpindahan terbesar ada pada pengujian model software. (d) Berdasarkan penelitian uji eksperimental respon struktur menara transmisi terhadap beban gempa, dapat disimpulkan selisih hasil perpindahan terbesar antara uji numerik dan uji eksperimental struktur menara transmisi terdapat pada titik puncak yaitu dengan selisih 4.81 mm.

Saran pada penelitian kali ini pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan meja getar yang bergetar arah x dan y, supaya hasil yang didapat lebih akurat dan lebih lengkap, perlu juga dianalisis menggunakan SNI terbaru. Variasi besaran getaran pada meja getar dapat dibuat langsung tanpa harus mematikan meja getar terlebih dahulu sehingga dapat dilihat perilaku struktur menara transmisi tersebut.

## 8. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Laboratorium PT. Harista Karsa Mandiri, Pekanbaru yang membantu menyediakan fasilitas laboratorium berupa alat meja getar dan sensornya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Zdraveski, H. Mickoski, and Z. Petreski, "Application of Similitude Laws for Experimental Investigations of Dynamic Properties of Tall Prototype Steel Structure," *Ann. Fac. Eng. Hunedoara-International J. Eng. Tome XIV*, no. 2, pp. 25–30, 2016.
- [2] M. Y. Zachari and G. Turuallo, "Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012," *REKONSTRUKSI TADULAKO Civ. Eng. J. Res. Dev.*, no. September, pp. 9–16, 2020, doi: 10.22487/renstra.v1i2.24.
- [3] R. Suryanita, Z. Djauhari, and A. Wijaya, "Respons Struktur Jembatan Beton Prategang

Berdasarkan Spektrum Gempa Wilayah Sumatera," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 18–24, 2016.

- [4] D. Sistem and P. Standar, "Penerapan Standar Nasional Indonesia," no. 8, 2020.
- [5] M. Shehadeh, Y. Shennawy, and H. El-Gamal, "Similitude and scaling of large structural elements: Case study," *Alexandria Eng. J.*, vol. 54, no. 2, pp. 147–154, 2015, doi: 10.1016/j.aej.2015.01.005.
- [6] M. LEUS and P. GUTOWSKI, "the Level of Friction Force Reduction in Sliding Motion Versus the Amplitude and Frequency of Tangential Vibrations," *Tribologia*, vol. 267, no. 3, pp. 129–138, 2016, doi: 10.5604/01.3001.0010.7299.
- [7] H. Jurnal, T. Internasional, H. Mickoski, and Z. Petreski, "ANNUALS of Faculty Engineering," 2016.
- [8] F. yun Huang, C. Fu, Y. zhou Zhuang, and Z. hui Xiong, "Experiment on seismic performance of concrete filled steel tubular arch-rib under multi-shaking-tables," *Thin-Walled Struct.*, vol. 116, no. November 2015, pp. 212–224, 2017, doi: 10.1016/j.tws.2017.03.020.
- [9] M. E. Asl, C. Niezrecki, J. Sherwood, and P. Avitabile, "Similitude analysis of the frequency response function for scaled structures," *Conf. Proc. Soc. Exp. Mech. Ser.*, vol. 3 Part F2, pp. 209–217, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-54858-6\_21.
- [10] W. Apriani, A. Barus, and F. Lubis, "Uji Eksperimental Respon Struktur 3D Modelling Struktur Portal Open Frame dan Struktur Portal Bresing terhadap Beban Gempa," *J. Infrastruct. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.35583/jice.v1i1.1.