

## **Studi Perbandingan Pembebanan Dinamis pada Jembatan Beton Terhadap Pemodelan FEA**

**Afridho Firdaus<sup>1)</sup>**

**Fikri Alami<sup>2)</sup>**

**Mohd. Isnaeni<sup>3)</sup>**

**Masdar Helmi<sup>4)</sup>**

### ***Abstract***

*The natural frequency of the bridge is the frequency to determine the theoretical and experimental feasibility requirements of the bridge. The natural frequency value is used to determine the theoretical and experimental feasibility requirements of the bridge. Analysis of bridge behavior in resisting dynamic loads and comparing theoretical natural frequencies with field tests on prestressed concrete bridges with a span of 40 m using the line model and the shell model in the sap2000 application. Based on the results of bridge modeling using SAP 2000, the natural frequency on the model line is  $f_0$  3.9876 hz and T 0.2507 seconds, while in shell modeling it is obtained  $f_0$  16.045 hz and T 0.6232 seconds. When given a running load the frequency of the bridge in the shell model is  $f$  15.577 hz and T 0.0642 seconds. The natural frequency value obtained from the model line is 3.9876 hz and the natural frequency from the shell model is 16.045 hz which in the shell model the frequency results are closer to the field test results of 16.67 hz with a ratio of 3.75%. The shell model is used as a comparison to the field model.*

*Key words : bridge,frequency,modeling*

### **Abstrak**

Frekuensi alami jembatan merupakan frekuensi untuk menentukan syarat kelayakan jembatan secara teoritis dan eksperimen. Nilai frekuensi alami digunakan untuk menentukan syarat kelayakan jembatan secara teoritis dan eksperimen. Analisis perilaku jembatan dalam menahan beban dinamis dan membandingkan frekuensi alami teoritis dengan pengujian di lapangan pada jembatan beton prategang bentang 40 m menggunakan model line dan model shell pada aplikasi sap2000. Berdasarkan hasil pemodelan jembatan menggunakan sap2000 didapatkan frekuensi alami pada model line sebesar  $f_0=3,9876$  hz dan  $T=0,2507$  detik, sedangkan pada pemodelan shell didapatkan  $f_0=16,045$  hz dan  $T=0,6232$  detik. Ketika diberi beban berjalan frekuensi jembatan di model shell sebesar  $f=15,577$  hz dan  $T=0.0642$  detik. Nilai frekuensi alami yang diperoleh dari model line sebesar 3,9876 hz dan frekuensi alami dari model shell sebesar 16,045 hz yang dimana pada model shell hasil frekuensi lebih mendekati dari hasil uji lapangan sebesar 16,67 hz dengan perbandingan 3,75%. dipakai model shell sebagai perbandingan pada model dilapangan.

Kata kunci : jembatan,frekuensi,pemodelan.

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

<sup>4)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang sangat diperlukan serta perancangannya membutuhkan konsep dasar yang meliputi keamanan dan utilitas. untuk menjamin hal tersebut, perlu adanya pendefinisian beban-beban yang bekerja pada jembatan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 1725:2016.

Oleh karena itu untuk meyakinkan bahwa jembatan mempunyai daya layan dan tingkat keamanan sesuai dengan persyaratan. Maka perlu adanya analisis dinamis selain statis. Karena pada struktur jembatan sederhana, girder utama pada jembatan yang memikul beban terbesar, maka girder atau balok utama yang perlu kajian khusus dalam menahan beban statis dan dinamis

Terkadang rumus teori sederhana yang umum yang mengaitkan hubungan antara frekuensi dengan massa struktur dan kekakuan struktur tidak sepenuhnya sama dengan hasil pengujian lapangan dikarenakan pendekatan pada rumus teoritis yang masih umum atau sederhana, oleh karena itu kajian dengan pemodelan yang lebih detail dan mendekati dengan kondisi elemen dilapangan dengan FEA menjadi penting dalam mengklarifikasi hasil pengujian lapangan yang berbeda dibandingkan dengan rumus teoritis sederhana.

Penelitian ini diusulkan untuk mengkaji pemodelan girder utama suatu jembatan beton prategang yang didesain mampu menahan beban dinamis kendaraan dan membandingkannya dengan hasil pengujian lapangan. Perbedaan hasil dari frekuensi alami jembatan maupun frekuensi jembatan saat dibebani dari rumus teoritis yang ada dibandingkan dengan hasil pengujian lapangan akan diklarifikasi dengan pemodelan FEA secara lebih detail yang mendekati model struktur sesungguhnya baik dengan elemen shell maupun Asolid sehingga perbedaan jauh dapat di minimalisasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Gambaran Umum

Analisis elemen hingga adalah metode pemodelan komputer dari suatu produk atau desain yang menerapkan gaya-gaya tertentu dan dianalisis untuk tujuan tertentu. Penelitian ini tidak dapat dipisahkan dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan sebagai sumber referensi dan perbandingan. (Santoso *et al.* 2021) merumuskan frekuensi sederhana dalam persamaan sebagai berikut:

$$f = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

$$f = \frac{n^2 \times \pi^2}{L^2} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

Keterangan:

L = Panjang bentang jembatan (m)

m = Massa struktur jembatan (kg)

k = Kekakuan jembatan (Kn/m)

f = Frekuensi jembatan (hz)

Dalam penelitian ini, dipilih rumus frekuensi pada persamaan (1) sebagai rumus frekuensi sederhana dengan asumsi beban massa tergumpal, dengan menghitung

kekakuan gelagar sebagai balok T dibagi dengan massa balok, massa pelat, dan diafragma dimana massa terletak di tengah bentang jembatan.

## **2.2. Penelitian terdahulu**

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan kajian dan perbandingan. (Sutrisno *et al.*, 2021) dalam penelitiannya mengenai perbandingan frekuensi alami Jembatan Karangsemut menggunakan *accelerometer* dan SAP 2000 didapatkan hasil bahwa pada pemodelan SAP diperoleh nilai frekuensi alami sebesar 0,8488 hz sedangkan frekuensi alami pada uji *accelerometer* diperoleh nilai 14,9607 hz.

## **2.3. Struktur Jembatan**

Struktur jembatan terbagi menjadi dua bagian, yaitu struktur bawah dan struktur atas yang memiliki fungsi masing-masing, fungsi utama struktur atas untuk mendistribusikan beban kendaraan secara merata keseluruh elemen jembatan, fungsi utama struktur bawah mendistribusikan dan mengalirkan beban dari struktur atas ke tanah secara merata.

## **2.4. Pembebanan**

Aturan pembebanan jembatan yang dipakai sesuai (Badan Standardisasi Nasional 2016). Yang dimana pada penelitian ini hanya memasukkan beban yang dipakai beban mati (D), beban mati tambahan (SDL), dan beban dinamis truk dengan kecepatan 5-10 km/jam menyesuaikan dengan pengujian dinamis di lapangan.

## **2.5. Pemodelan Finite Element Analysis (FEA)**

*Finite Element Analysis* (FEA) terdiri dari material atau desain yang memiliki tegangan ataupun berbagai macam variabel untuk dianalisis pada komputer dengan bantuan *software* agar mendapatkan hasil tertentu (Gantini 2007), Konsep dasar dalam interpretasi fisik dari FEA adalah pembagian model matematis yang diuraikan menjadi komponen geometri sederhana (*non-overlapping*) yang disebut elemen hingga.

# **3. METODE PENELITIAN**

## **3.1. Lokasi dan Objek Penelitian**

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jembatan way lempuyang lampung tengah dan objek berupa Jembatan beton prategang bentang 40 m yang dilakukan uji beban dinamis kendaraan.

## **3.2. Software Penunjang**

Software yang digunakan pada penelitian ini berupa microsoft excell dan sap2000 untuk mengolah data primer jembatan menganalisis dan memodelkan jembatan dengan model line dan model shell.

## **3.3. Tahapan Penelitian**

Mengumpulkan data jembatan untuk dimodelkan di software, lalu menghitung kombinasi beban yang bekerja ketika di uji di lapangan baik beban statis dan beban dinamis, memodelkannya di sap2000 dengan membuat dua model line dan shell, kemudian membandingkan hasil frekuensi alami pemodelan dengan hasil frekuensi alami di lapangan dan menarik kesimpulan yaitu diambil yang paling mendekati hasil pengujian lapangan.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Jembatan

Data girder yang dipakai pada jembatan lempuyang menggunakan girder Wika Beton dengan dimensi 210 cm dan jumlah 5 buah, data diafragma dan pelat yang dipakai tebal diafragma yang dipakai 10 cm dan tinggi 128 cm. untuk tebal pelat yang digunakan 20 cm.

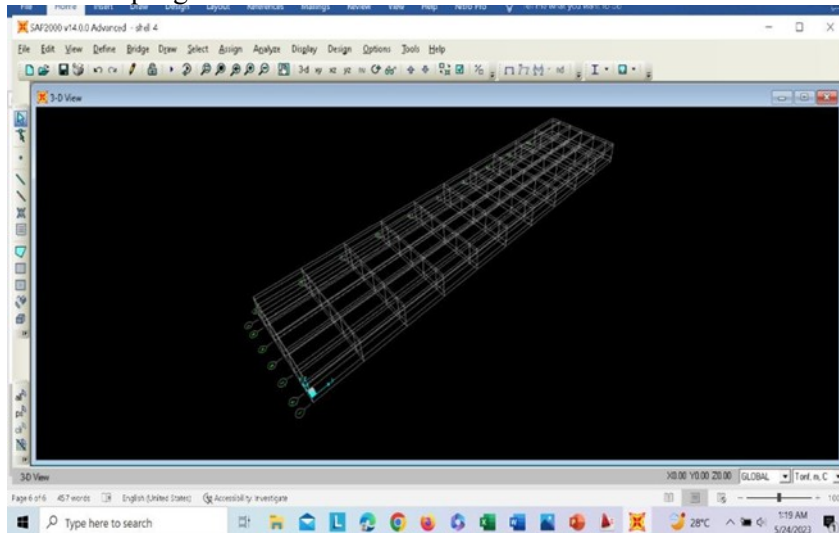
### 4.2. Pembebanan

Beban mati yang dipakai sesuai dengan peraturan SNI 1725-2016 dengan menggunakan jenis material beton bertulang  $24 \text{ kn/m}^3$ , beban mati tambahan berupa aspal 0,11 ton trotoar 0,44 ton dan railing 0,01 ton dan untuk beban hidup digunakan 1 buah truk yang berjalan dengan kecepatan 5 – 10 km/jam.

### 4.3. Tahap Pembuatan Pemodelan

#### 4.3.1. Pembuatan Grid

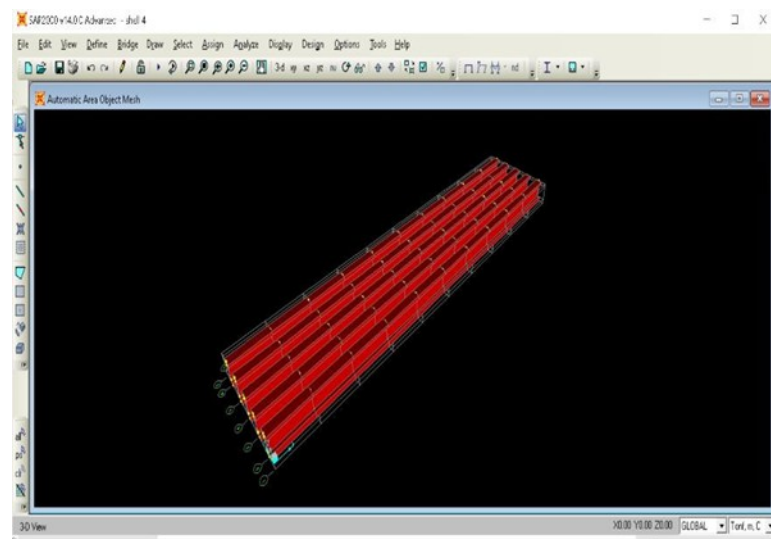
Membuka *software* SAP 2000 selanjutnya memilih *new model* untuk membuat model baru, lalu mengatur unit menjadi ton meter dan mengubah grid sesuai dengan gambar kerja jembatan di lapangan.



Gambar 1. Tampilan *grid*

#### 4.3.2. Pemodelan Girder

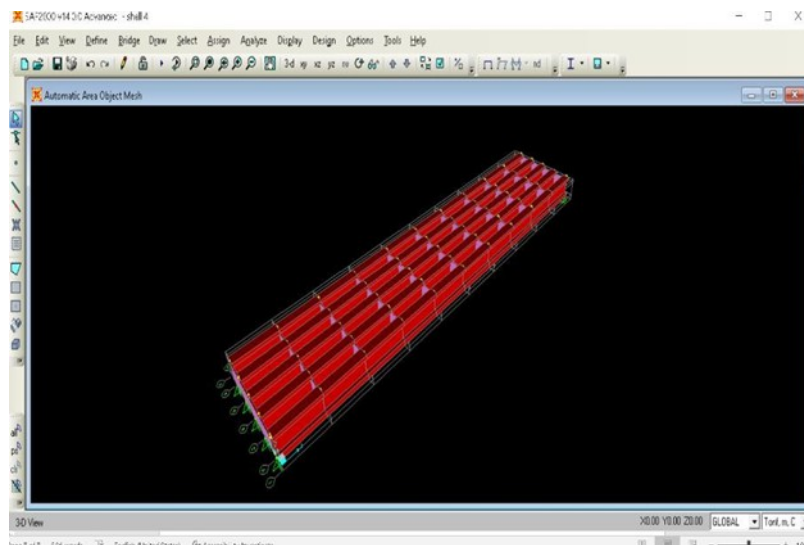
Pemodelan girder menggunakan model *shell* dijabarkan dibawah ini. *Define* material dan properti untuk girder, diafragma, dan pelat lalu pilih tampilan XZ dan pilih *quick draw element* dan gambar element girder kemudian *replicate element* girder ke arah x dan y.



Gambar 2. Tampilan 3D girder

#### 4.3.3. Pemodelan Diafragma

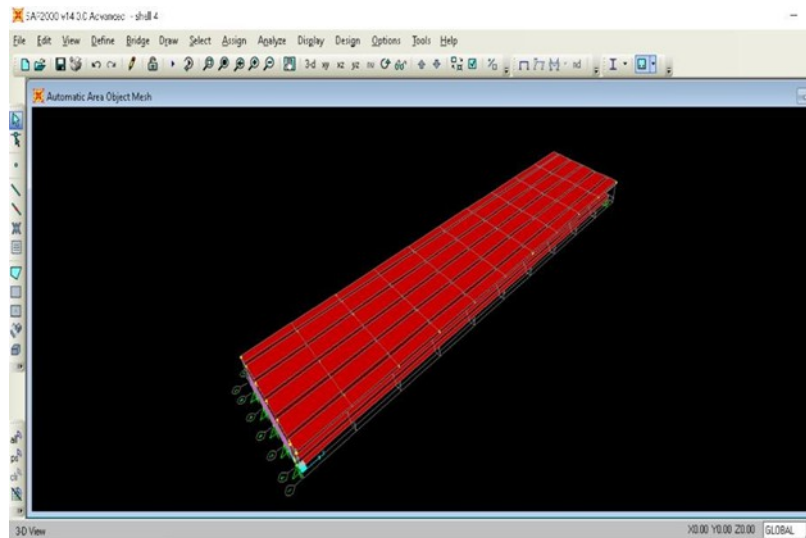
Pemodelan diafragma diawali dengan memilih tampilan YZ lalu pilih *quick draw element* selanjutnya di *mesh* area lalu *replicate* ke arah y dan x.



Gambar 3. Tampilan 3D diafragma

#### 4.3.4. Pemodelan Pelat

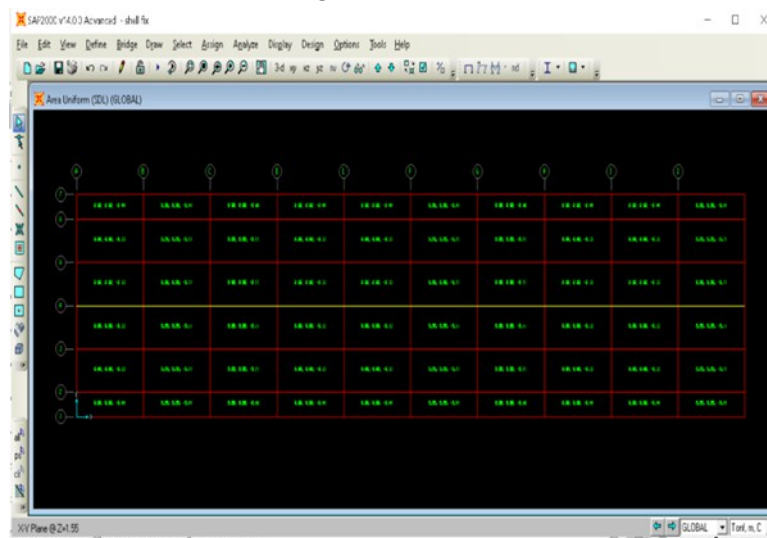
Pemodelan pelat dengan tebal 20 cm dimulai dengan memilih tampilan XY pada model lalu pilih *quick draw element* lalu di *mesh* area dan *replicate* pelat ke arah x dan y



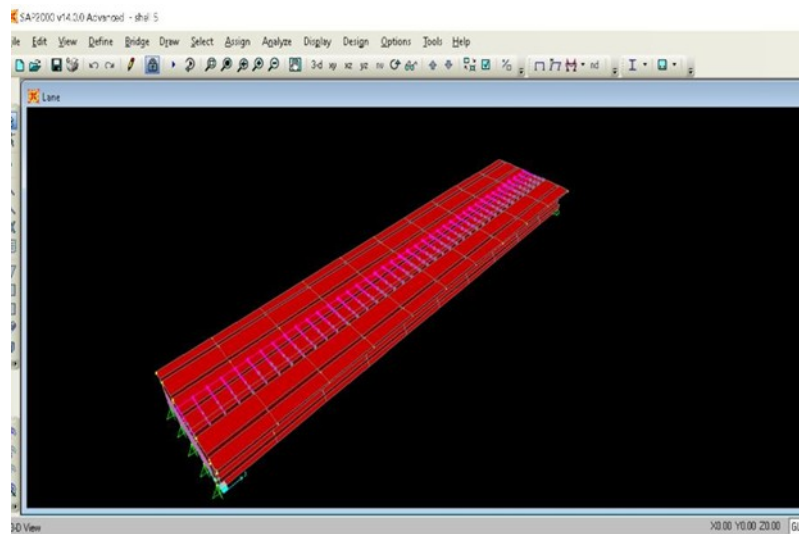
Gambar 4. Tampilan 3D pelat

#### 4.3.5 Penginputan Beban

Penginputan beban mati dan beban mati tambahan dilakukan dengan pendefinisian beban di *load pattern* dan *load case*, lalu untuk mendefinisikan beban hidup gambar *frame* di tengah bentang lalu *select frame* yang baru digambar klik *assign-frame-lane* definisikan *lane 1* dengan *centerline* dan *lane width* (1) dan *lane 2* (-1) untuk tempat berjalan dari truk, lalu mendefinisikan truk di *bridge loads-vehicles*,



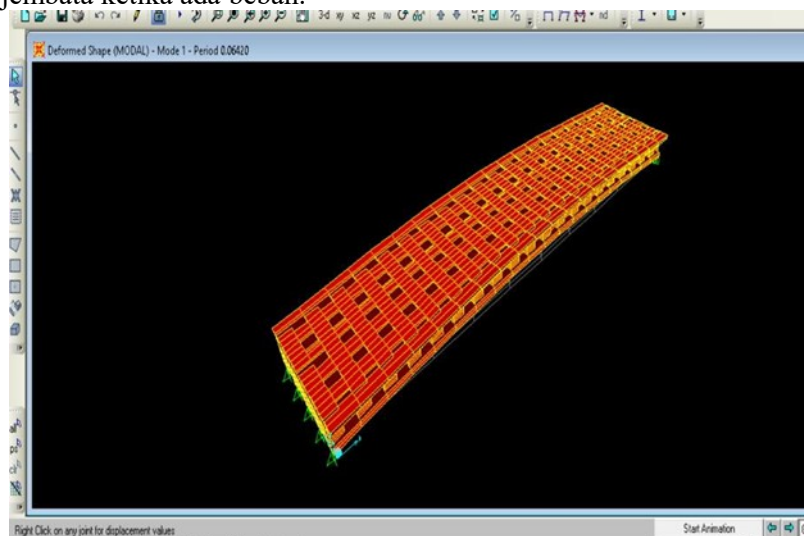
Gambar 5. Display loads



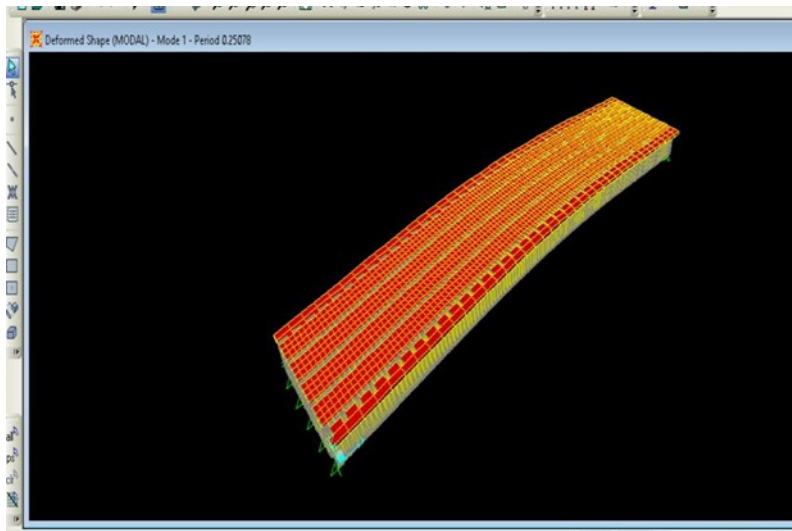
Gambar 6. *Display show lane*

#### 4.3.6. Analisis dan Hasil Pemodelan

Untuk analisis hasil pemodelan klik *analyze-set load cases to run* lalu pilih *do not run* beban hidup untuk melihat frekuensi alami jembatan dan *run* beban hidup untuk melihat frekuensi jembatan ketika ada beban.



Gambar 7. Model shell



Gambar 8. Model line

Berdasarkan hasil pemodelan jembatan menggunakan SAP 2000 didapatkan frekuensi alami pada model line sebesar  $f_0 = 3,9876$  hz dan  $T = 0.2507$  detik, sedangkan pada pemodelan shell didapatkan  $f_0 = 16,045$  hz dan  $T = 0.6232$  detik. Ketika diberi beban berjalan frekuensi jembatan di model shell sebesar  $f = 15,577$  hz dan  $T = 0.0642$  detik.

#### 4.4 Perbandingan Pada Data Uji Lapangan

Tabel 1. Perbandingan model dengan nilai frekuensi dilapangan.

|       | Uji Dilapangan | Model Shell | Ratio  |
|-------|----------------|-------------|--------|
| $f_0$ | 16,67 hz       | 16,045 hz   | 3,75 % |
| $f_n$ | 16,66 hz       | 15,577 hz   | 6,5 %  |

Tabel 2. Perbandingan model line dengan nilai frekuensi dilapangan

|       | Uji Dilapangan | Model line | Ratio   |
|-------|----------------|------------|---------|
| $f_0$ | 16,67 hz       | 3,9876 hz  | 76,08 % |
| $f_n$ | 16,66 hz       | 3,9876 hz  | 76,07 % |

##### 4.4.1. Perbandingan Rumus Teoritis dengan Nilai Frekuensi Dilapangann

Perbandingan frekuensi alamiah teoritis dengan model



|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Frekuensi alami teoritis     |             |
| = 5,96 hz                    |             |
| Frekuensi alami model line   | = 3,9876 hz |
| Frekuensi alami model shell  | = 16,045 hz |
| Frekuensi alami uji lapangan | = 16,67 hz  |

Dari hasil perbandingan frekuensi alami dengan perhitungan manual dan perbandingan dengan frekuensi pada uji lapangan diperoleh selisih 10,71 hz. Dikarenakan pada perhitungan rumus frekuensi manual pendekatan rumus teoritis yang masih umum tidak memperhitungkan dimensi balok secara spesifik sehingga untuk frekuensi alami perlu adanya pemodelan untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan yang telah dilakukan, nilai frekuensi alami dan lendutan yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Nilai frekuensi alami yang diperoleh dari model line sebesar 3,9876 hz, dan frekuensi alami yang diperoleh dari model shell sebesar 16,045 hz.
2. Hasil frekuensi alami model shell lebih mendekati dengan hasil pengujian di lapangan menggunakan accelerometer sebesar 16,67 hz maka dipakai hasil dari model shell sebagai perbandingan dengan uji lapangan.
3. Lendutan maksimum yang terjadi ditengah bentang akibat pembebanan dinamis beban truk 22,5 ton sebesar 22 mm. Pada model line dan lendutan sebesar 27 mm pada model shell.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Gantini, S., 2007. *penggunaan\_finite\_element\_analysis*.pdf.
- Santoso, H., Hidayatiningrum, L., Utomo, A., Hartono, J., and Masrianto, 2021. Analisa Korelasi Antara Frekuensi Dengan Bentang Jembatan Berdasarkan Uji Dinamik (Correlation Analysis Between Frequency And Bridge Span Based On Dynamic Test). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 38 (1), 59–71.
- Sutrisno, W., Chandra, L., and Deonanda, A., 2021. Perbandingan Frekuensi Alami Jembatan Karangsemut Menggunakan Accelerometer Dan Sap2000. *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Sipil*, 6 (2), 13–18.

