

# Analisis Perilaku Struktur Baja Bergelombang pada *Fly Over* Martadinata Pamulang Tangerang Selatan

**SETIAWAN HABIBI, HERU JUDI GULTOM, AMATULHAY PRIBADI**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email: setiawan.habibi5@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Struktur baja bergelombang merupakan suatu perkembangan teknologi dengan dikombinasikan dengan mortar busa yang mempunyai fungsi sebagai timbunan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi struktur baja bergelombang ini dengan berdasarkan canadian highway bridge design code (CHBDC). Evaluasi yang dilakukan menggunakan 3 parameter yaitu compression failure, plastic hinge, dan deformasi. Pada setiap tahapan analisis didapatkan besar lendutan yang terjadi sebesar 61,482; 5,5875; dan 12,095 mm; lendutan yang terjadi masih lebih kecil dari lendutan izin. Parameter compression failure, tegangan yang terjadi pada tahapan konstruksi kedua dan ketiga tidak lebih besar dari nilai compression failure yang terfaktor. Parameter plastic hinge pada tahapan konstruksi kedua dan ketiga menghasilkan nilai sebesar 0,967 dan 0,917. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan dengan menggunakan CHBDC tersebut maka struktur baja bergelombang pada fly over Martadinata dapat dikatakan aman karena fly over tersebut memenuhi semua parameter yang dianalisis.*

**Kata kunci:** struktur baja bergelombang, CHBDC, compression failure, plastic hinge, deformasi

## **ABSTRACT**

*Corrugated steel structure is a development thecnology combined with foam mortar which function as a overfill. The purpose of this research is to evaluate this corrugated steel structure based on the canadian highway bridge design code (CHBDC). The evaluation was carried out using 3 parameters: compression failure, plastic hinge, and deformation. At each stage of the analysis, the deflections that occurred were 61.482, 5.5875, and 12.095 mm, the deflection that occurred was still smaller than the permitted deflection. The parameter of compression failure, stress that occurs in the second and third construction stages is not greater than the value of the factored failure compression stress. The parameters of plastic hinge in the second and third construction stages the result is 0.967 and 0.917. Based on the evaluation carried out using the CHBDC, the corrugated steel structure at the Martadinata flyover can be conclude is safe because the flyover fulfills all the parameters analyzed.*

**Keywords:** corrugated steel structure, CHBDC, compression failure, plastic hinge, deformation

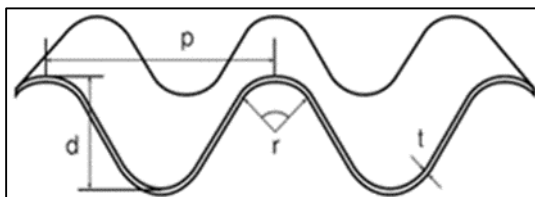
## 1. PENDAHULUAN

Struktur baja bergelombang (*Corrugated Steel Structure*) melalui berbagai penelitian, fungsi dari struktur baja bergelombang mengalami perkembangan berawal dari sistem drainase hingga struktur jembatan. Struktur baja bergelombang (*Corrugated Steel Structure*) terbagi menjadi 3 tipe korugasi yaitu tipe standar, *deep* dan *superdeep*. Dalam melengkapi struktur tersebut terdapat timbunan yang menggunakan teknologi mortar busa yang dikembangkan oleh Pusjatan, Kementerian PUPR. Struktur baja bergelombang ini dapat meningkatkan kekuatan dengan pengaruh dari bentuk strukturnya yang bergelombang, sehingga dapat meningkatkan momen inersia yang terjadi. Oleh karena itu, akibat dari momen inersia yang semakin tinggi dapat menurunkan tegangan yang terjadi. Hal tersebut yang menjadi dasar pemikiran dilakukannya studi evaluasi untuk *Fly Over* Pamulang, Tangerang Selatan. Evaluasi dari struktur ini dilakukan dengan mempertimbangkan *compression failure*, *plastic hinge*, deformasi berdasarkan literatur *canadian highway bridge design code* (CHBDC).

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Struktur Baja Bergelombang (*Corrugated Steel Structure*)

Struktur baja bergelombang merupakan suatu struktur pelat baja yang kekuatannya dapat meningkat berdasarkan dari bentuk dan material yang digunakan. Bentang yang digunakan dalam tulisan ini adalah dengan menggunakan bentang 24 m dan 26 m dengan menggunakan tipe korugasi 381 x 140 mm. Untuk dimensi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Tabel 1**.



**Gambar 1** Penampang struktur baja bergelombang  
(Sumber: Hardiansyah, Putra, 2019)

**Tabel 1** Tipe korugasi struktur baja bergelombang

| Tipe Korugasi | Pitch, [mm] | Depth, [mm] | Istilah Tipe     |
|---------------|-------------|-------------|------------------|
| 152 by 51     | 152         | 51          | <i>Standard</i>  |
| 381 by 140    | 381         | 140         | <i>Deep</i>      |
| 500 by 237    | 500         | 237         | <i>Superdeep</i> |

### 2.2 Kapasitas Struktur Baja Bergelombang

Dalam perhitungan struktur baja bergelombang yang digunakan pada Tugas Akhir ini mengikuti tata cara perhitungan yang diatur pada *canadian highway bridges design code* (CHBDC, 2006) pada bab 7 mengenai *burried structure* ada 4 parameter utama yang harus ditinjau. Untuk penelitian ini menggunakan 3 parameter utama pada kondisi ultimit yaitu *Compression Failure*, *Plastic hinge*, dan *Deformation*.

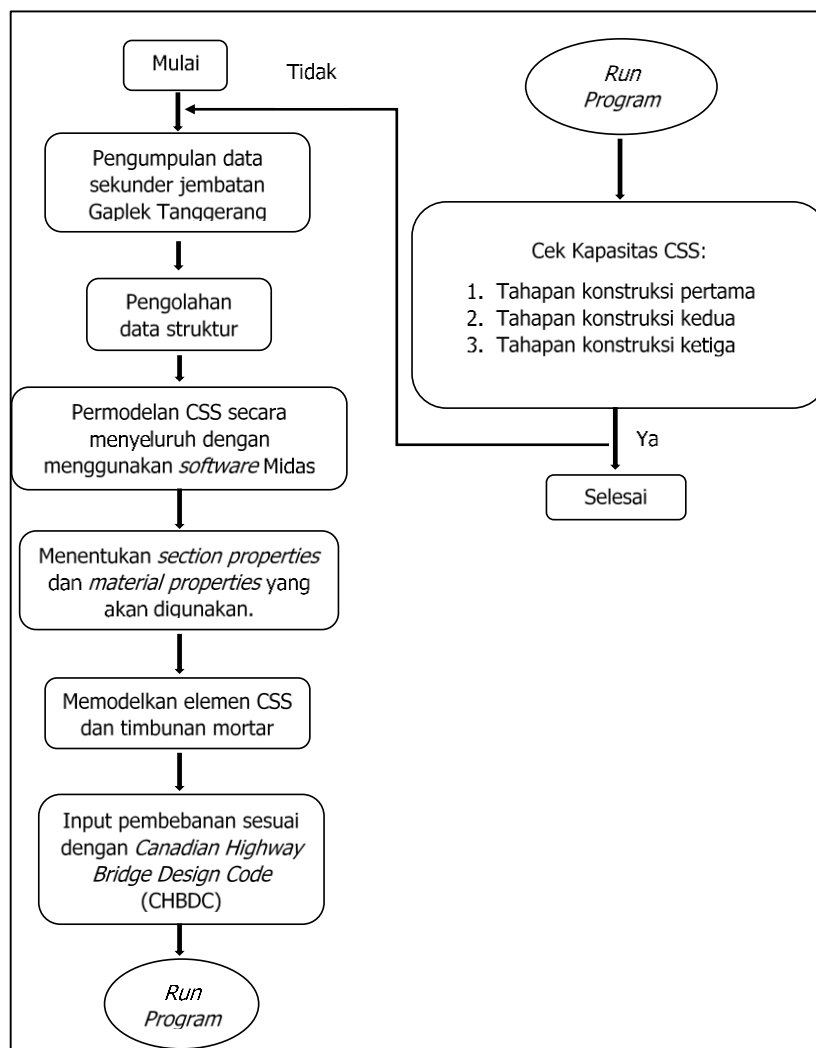
### 2.3 Kajian Terdahulu

Penelitian ini disusun dengan dasar dari studi yang pernah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan kajian yaitu penelitian yang dilakukan oleh Hardiansyah Putra (2019) dengan judul Evaluasi Kekuatan Struktur Baja Bergelombang Berdasarkan Tipe Dan Ketebalan. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata penambahan kekuatan 3 parameter tinjauan pada masing-masing tipe dan ketebalan baja adalah untuk tipe standar kenaikan rata-rata nilai *wall strength compression* sebesar 9%, kenaikan rata-rata *seam strength* 3% dan kenaikan rata-rata *plastic hinge* 11%. Untuk tipe *deep* kenaikan rata-rata nilai *wall strength compression* sebesar 24%, kenaikan rata-rata *seam strength* 25% dan kenaikan rata-rata *plastic hinge* 19%. Untuk Tipe *Superdeep* kenaikan rata-rata nilai *wall strength compression* sebesar 41%, kenaikan rata-rata *seam strength* 27% dan kenaikan rata-rata *plastic hinge* 34%. Hasil tersebut memperlihatkan kenaikan rata-rata kekuatan tertinggi ada pada tipe baja bergelombang tipe *superdeep*.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alir penelitian

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukan pada **Gambar 2**.



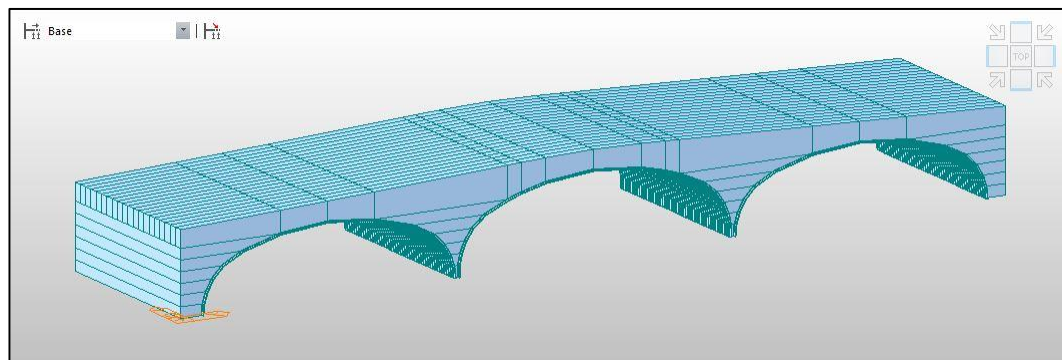
**Gambar 2 Bagan alir penelitian**

### 3.2 Data Teknis

Jembatan yang dianalisis pada penelitian ini adalah struktur jembatan tipe *Fly Over* Martadinata yang terletak di Pamulang, Tangerang Selatan. Jembatan ini merupakan jembatan kedua setelah Jembatan Antapani yang menggunakan teknologi CMP dan juga menggunakan CSS dengan bentang terpanjang yaitu 26 m. Adapun spesifikasi material jembatan yaitu untuk timbunan menggunakan mortar busa dengan nilai UCS = 800 serta berat jenis ( $\gamma$ ) = 0,8 ton/m<sup>3</sup>, untuk struktur baja bergelombang menggunakan tipe korugasi 381 x 140 mm tebal 9 mm dengan mutu baja yaitu SS400, dimana  $F_y$  = 245 MPa dan  $F_u$  = 400MPa.

### 3.2 Pemodelan dan Analisis Struktur

Pemodelan yang digunakan merupakan pemodelan keseluruhan dengan memodelkan antara CSS ( *Corrugated Steel Structure* ) dan timbunan mortar busa yang buat menjadi komposit pada *Software Midas Civil* 2019. Didalam memodelkan pemodelan ini timbunan mortar busa yang dimodelkan menjadi *element solid* yang dijadikan sebagai tempat yang berhubungan langsung dengan beban baik itu beban mati maupun beban hidup dan akan didistribusikan terhadap struktur baja bergelombang, dimana struktur tersebut bekerja sebagai balok yang terhubung dengan *Pilecap*. Pemodelan struktur tampak 3D dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3 Tampak 3D pemodelan struktur**

### 3.3 Evaluasi Terhadap Compression Failure

Dalam perhitungan analisis *Compression Failure* yang terjadi pada struktur baja bergelombang dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Bagian sisi dari struktur baja bergelombang
2. Bagian tengah struktur baja bergelombang

Dalam menganalisis *Compression Failure* yang terjadi pada Struktur Baja bergelombang tersebut dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1 dan 2** sebagai berikut:

$$F_b = \phi_t \cdot F_m \left[ F_y - \frac{(F_y K R_c)^2}{12 E^2 \rho} \right] \quad R < R_e \quad (1)$$

$$F_b = \frac{3 \cdot \phi \cdot \rho \cdot F_m \cdot E}{\left( \frac{K \cdot R_c}{r} \right)^2} \quad R > R_e \quad (2)$$

Dengan :

$F_b$  = *compression failure*;

$\phi_t$  = faktor tahanan bahan material;

$F_m$  = faktor yang dipengaruhi oleh jarak antar struktur CSS;

$F_y$  = tegangan leleh;

$K$  = faktor kekakuan;

$R$  = radius CSS, bagian tengah maupun bagian sisi;

$E$  = modulus elastisitas;

$r$  = radius girasi;

$\rho$  = faktor reduksi untuk tegangan tekuk.

Pada batas ultimit tegangan tekan (*compressive strength*) yang terjadi  $\sigma = \frac{T_f}{A}$  tidak boleh melebihi nilai ( $F_b$ ).

### 3.4 Evaluasi *Plastic Hinge*

Parameter *plastic hinge* merupakan nilai gabungan dari momen yang terjadi dan gaya dorong aksial pada kondisi batas ultimit tidak boleh melebihi kapasitas momen plastis terfaktor dari bagian/segmen, gabungan momen dan gaya dorong aksial dihitung menggunakan **Persamaan 3** sebagai berikut:

$$\left[ \frac{T_f}{P_{pf}} \right]^2 + \left| \frac{M_f}{M_{pf}} \right| \leq 1 \quad (3)$$

Dengan :

$T_f$  = gaya dorong yang diakibatkan oleh beban mati dan juga beban hidup (KN/m)

$P_{pf}$  = *factored compressive strength of CSS* (KN/m)

$M_f$  = momen yang berasal dari pengaruh beban mati dan beban hidup (KNm/m)

$M_{pf}$  = faktor kapasitas momen plastis (KNm/m)

### 3.5 Evaluasi Deformasi

Dalam menganalisis deformasi yang terjadi pada struktur baja bergelombang tersebut, deformasi yang diizinkan sekitar 2-3 % dari total tinggi struktur.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

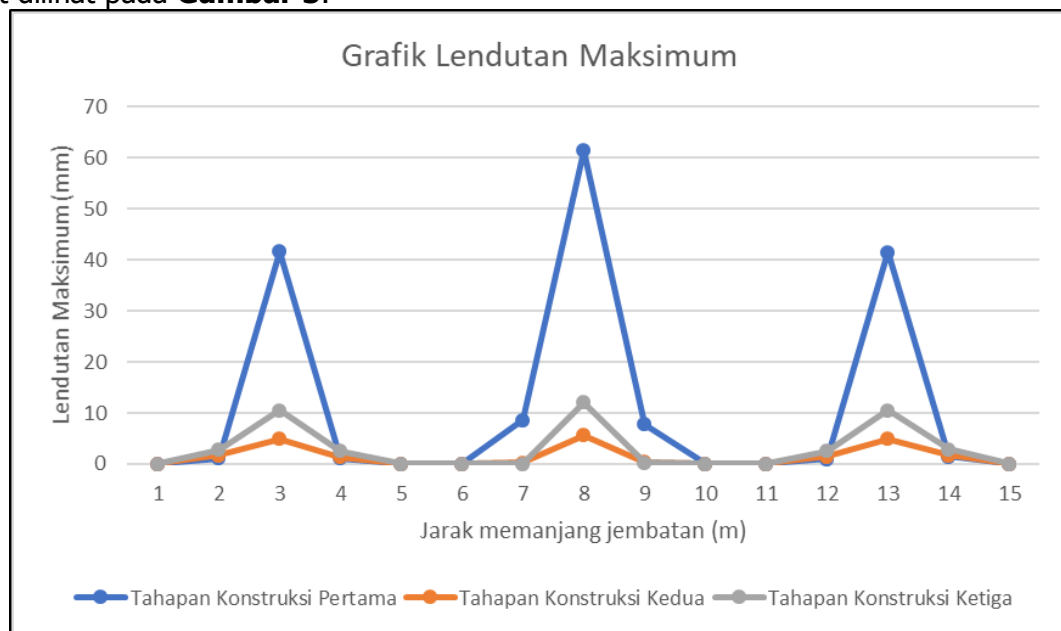
### 4.1 Pembebanan Struktur

Tahapan menganalisis perilaku struktur ini terdiri dari 3 tahapan konstruksi yaitu:

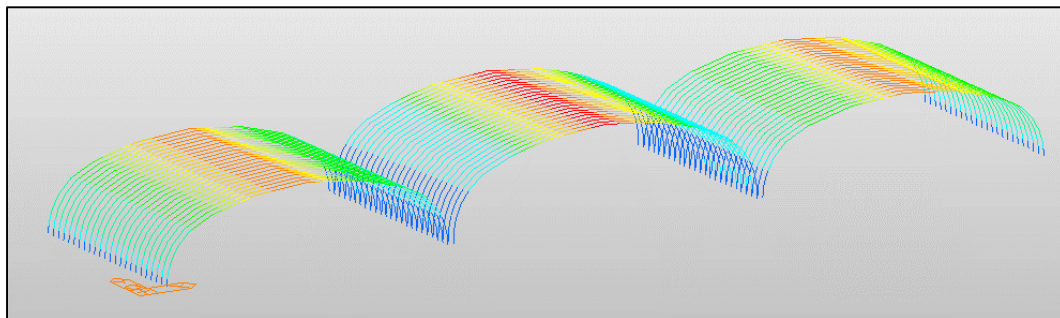
1. Tahapan kontruksi pertama  
Tahapan kontruksi pertama adalah pada saat intalasi struktur baja begelombang saja. Beban yang bekerja pada tahapan konstruksi yang pertama ini hanya berat sendiri dari struktur baja bergelombang saja.
2. Tahapan konstruksi kedua  
Tahapan kontruksi kedua adalah pada saat selesainya instalasi struktur baja bergelombang dan pengecoran teknologi mortar busa Pusjatan. Beban yang bekerja pada tahapan konstruksi yang kedua ini berat sendiri dari struktur baja bergelombang dan juga berat sendiri dari mortar busa pusjatan yang bekerja sebagai timbunan dan tidak mempengaruhi kekauan dari struktur.
3. Tahapan konstruksi ketiga  
Tahapan konstruksi yang ketiga adalah pada saat selesainya instalasi struktur baja bergelombang, pengecoran mortar busa Pusjatan, pemberian beban mati tambahan dan pemberian beban lalu lintas. Beban yang bekerja pada tahapan konstruksi yang ketiga ini adalah semua beban dikarenakan pada saat tahapan konstruksi yang ketiga ini *Fly over* Martadinata ini dimodelkan sudah selesai tahapan konstruksi dan sudah digunakan untuk masyarakat umum.

### 4.3 Lendutan Maksimum

Berdasarkan pemodelan yang dilakukan menggunakan *software* Midas Civil 2019 didapatkan besar lendutan maksimum seperti pada **Gambar 4**. Lokasi terjadinya lendutan maksimum dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 4 Resume lendutan struktur**



**Gambar 5 Lokasi terjadinya lendutan maksimum**

#### 4.2 Evaluasi Struktur terhadap Tahapan Konstruksi Pertama

Pada tahapan konstruksi pertama evaluasi yang digunakan hanyalah evaluasi lendutan dikarenakan pada tahap pertama ini belum ada timbunan dan juga beban hidup lainnya. Kombinasi yang digunakan adalah 1,5 DL. Respon lendutan maksimum sebesar 55,732 mm. Terjadi di daerah struktur baja bergelombang bentang 26 m, dapat dilihat pada **Gambar 5**, maka struktur dikatakan aman karena berdasarkan lendutan maksimum yang terjadi lebih rendah dari lendutan izin sebesar 186 mm.

#### 4.3 Evaluasi Struktur terhadap Tahapan Konstruksi Kedua

Respon tegangan maksimum sebesar 26,75 N/mm<sup>2</sup> terjadi akibat kombinasi gaya dorong, gaya dorong tersebut berasal dari timbunan mortar busa. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah 1,5 DL. Berdasarkan parameter analisis *compression failure*, tegangan izin yang dihasilkan adalah 168 N/mm<sup>2</sup>. Maka struktur dapat dikatakan aman karena tegangan maksimum yang terjadi pada struktur baja bergelombang kurang dari tegangan izinnnya.

Berdasarkan evaluasi struktur baja bergelombang *plastic hinge*, didapatkan nilai *plastic hinge* sebesar 0,967, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur baja bergelombang tidak terjadi sendi plastis dikarenakan nilai *plastic hinge* yang terjadi kurang dari 1.

Respon lendutan maksimum sebesar 5.516 mm. Terjadi didaerah tengah bentang struktur baja bergelombang bentang 26 m seperti pada **Gambar 5**, maka struktur dikatakan aman karena berdasarkan lendutan maksimum yang terjadi lebih rendah dari lendutan izin sebesar 186 mm.

#### 4.4 Evaluasi Struktur Terhadap Tahapan Konstruksi Ketiga

Pada tahap konstruksi ketiga ini analisis struktur yang digunakan adalah pada kondisi Fly over Martadinata ini sudah dapat digunakan (beroperasi) beban yang bekerja pada analisis struktur ini adalah beban mati dan juga beban hidup. Kombinasi yang digunakan pada tahapan konstruksi ini adalah 1,25 DL + 1,7 LL. Parameter yang digunakan dalam menganalisis struktur baja bergelombang ini adalah *compression failure* dari balok struktur baja bergelombang, *plastic hinge*, dan lendutan. Parameter tersebut dihitung dan dibandingkan dengan tegangan yang terjadi akibat beban hidup dan beban mati. Respon tegangan yang terjadi sebesar 39,10 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan parameter analisis *compression failure*, tegangan izin yang dihasilkan adalah 168 N/mm<sup>2</sup>. Maka struktur dapat dikatakan aman karena tegangan maksimum yang terjadi pada struktur baja bergelombang kurang dari tegangan izinnya.

Berdasarkan evaluasi struktur baja bergelombang *plastic hinge*, didapatkan nilai *plastic hinge* sebesar 0,917, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur baja bergelombang tidak terjadi sendi plastis dikarenakan nilai *plastic hinge* yang terjadi kurang dari 1.

Respon lendutan maksimum sebesar 12,139 mm. Terjadi didaerah struktur baja bergelombang bentang 26 m dapat dilihat pada **Gambar 5**, maka struktur dikatakan aman karena berdasarkan lendutan maksimum yang terjadi lebih rendah dari lendutan izin sebesar 186 mm.

#### 4.5 Resume *Compression Failure* dan *Plastic Hinge*

Dari hasil perhitungan analisis struktur berdasarkan 3 tahapan konstruksi dibuatlah resume yang menghimpun hasil dari analisis struktur yang dilaksanakan. Parameter yang dituliskan pada resume ini adalah parameter lendutan, *plastic hinge*, dan juga parameter *compression failure*, dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **3**.

**Tabel 2 Resume *Compression Failure***

| Tahapan Konstruksi | Tegangan [MPa] | $F_b$ Rside [MPa] | $F_b$ Rcenter [MPa] |
|--------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Kedua              | 26,75          | 168               | 165,2               |
| Ketiga             | 39,1           | 168               | 165,2               |

**Tabel 3 Resume *Plastic Hinge***

| Tahapan Konstruksi | <i>Plastic Hinge</i> |
|--------------------|----------------------|
| Kedua              | 0,967                |
| Ketiga             | 0,917                |



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perilaku struktur struktur baja bergelombang (CSS) menggunakan parameter *compression failure*, *plastic hinge*, dan juga deformasi/lendutan dengan berpedoman kepada CHBDC (*Canadian Highway Bridge Design Code*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fly over Gaplek, Pamulang, Tangerang selatan memenuhi kriteria atau parameter yang digunakan baik itu *compression failure*, *plastic hinge*, maupun kriteria deformasi/lendutan.
2. Pada kriteria atau parameter *compression failure*, dianalisa dalam dua bagian yaitu pada bagian radius tengah bentang (*center*) dan juga pada radius sisi bentang (*side*). Nilai  $F_b$  yang didapatkan untuk radius tengah bentang sebesar 165.2 N/mm<sup>2</sup> dan untuk radius sisi bentang nilai  $F_b$  yang didapatkan sebesar 168 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan yang terjadi pada tahapan kedua sebesar 26.75 N/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk tahapan konstruksi ketiga tegangan yang terjadi sebesar 39.10 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil tegangan tersebut maka untuk kriteria *compression failure* struktur tersebut dapat dinyatakan aman, dikarenakan beban yang terjadi pada dua tahapan tersebut lebih kecil dari nilai  $F_b$  itu sendiri. Besar tegangan tersebut dipengaruhi oleh beban yang dipikul oleh balok struktur baja bergelombang dengan kondisi aksial tekan.
3. Kombinasi yang digunakan untuk mendapatkan tegangan maksimum untuk tahapan konstruksi pertama dan kedua adalah 1,5 DL. Pada tahapan konstruksi ketiga menggunakan kombinasi 1,25 DL + 1,7 LL.
4. Parameter kekuatan struktur setelah konstruksi selesai (*plastic hinge*) pada tahapan kedua dan ketiga memasuki kriteria, akan tetapi nilai yang didapatkan berdasarkan perhitungan manual yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja mendekati sendi plastis dimana kedua tahapan konstruksi tersebut memiliki nilai yang hampir mendekati 1.
5. Berdasarkan hasil *plastic hinge* untuk tahapan kedua dan ketiga didapatkan perbedaan yang cukup signifikan bahwa timbunan sangat berpengaruh terhadap parameter *plastic hinge* struktur.

## 6. SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang telah dibuat terdapat beberapa saran untuk melanjutkan penelitian ini, antara lain:

1. Diperlukannya penelitian yang lebih mendalam pengaruh dari mortar busa Pujatan terhadap keseluruhan struktur, apa saja dampak yang disebabkan oleh mortar busa Pujatan tersebut.
2. Diperlukannya literatur yang lebih dalam penelitian ini terutama SNI sehingga dalam merencanakan konstruksi dengan struktur seperti ini dapat dilakukan dengan lebih mudah dan mendasar.
3. Diperlukannya peninjauan kembali pada pemodelan struktur yang dapat menggambarkan perilaku semua elemen yang digunakan, agar mendapatkan hasil-hasil yang lebih baik dan dapat dijadikan acuan dalam merancang struktur yang menggunakan baja bergelombang.



### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Yusuf Adi Negoro S.T., M.T yang sudah memberikan kemudahan dalam mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan Skripsi ini. Terimakasih juga kepada bapak Ibnu Khaidir S.T dan Abdul Hakim S.T., M.T. yang sudah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.

### **DAFTAR RUJUKAN**

- National Standard Of Canada. (2011). *Canadian Highway Bridge Design Code (CHBDC), Section 7 Buried Structures*. Canada: CSA Standard.
- Hardiansyah, Putra. (2019). *Evaluasi Kekuatan Struktur Baja Bergelombang Berdasarkan Tipe Dan Ketebalan*. Bandung: Pusjatan.