

## **PENGARUH *SLAB* BAWAH PADA STRUKTUR *BOX CULVERT* TIPE *SINGLE* MENGGUNAKAN *SOFTWARE SAP 2000***

**Mahdi Syahbana<sup>1,\*</sup>, Fachri<sup>1</sup>**

<sup>1)</sup> Universitas Muhammadiyah Aceh, Jl. Muhammadiyah No. 91, Banda Aceh, 23123, Indonesia

\*Email: mahdi.syahbana@unmuha.ac.id

### **ABSTRAK**

Jembatan merupakan suatu bangunan yang menghubungkan dua bagian jalan yang terputus melintasi sungai, danau, kali jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Untuk menghindari terjadinya kompleksitas pada perhitungan analisis perencana menyederhanakan tipe struktur menjadi portal bidang (*plane frame*) pada struktur *box culvert*, akan tetapi pemodelan struktur *box culvert* tidak mengikut sertakan *slab* bawah pada proses analisis. Hal tersebutlah yang menjadi latar belakang dalam menganalisis pengaruh *slab* bawah dan tanpa *slab* bawah pada struktur *box culvert*, dengan membandingkan nilai momen dan deformasi bentuk struktur dari kedua model tersebut. Jenis *Box culvert* ini menggunakan tipe *single*, beban yang bekerja pada struktur berupa beban gravitasi. Peraturan yang digunakan adalah SNI 1725 2016. Tipe struktur yang digunakan pada analisis *box culvert* adalah portal bidang (*plane frame*), proses analisis menggunakan program komputer SAP2000 (*structure Analysis Program*). Hasil analisis menunjukkan momen pada *box culvert* dengan *slab* bawah terdistribusi antar elemen satu dengan elemen lainnya, perbandingan momen pada *slab* atas sebesar 18,58%, pada dinding 1 sebesar 6,27% dan pada dinding 2 sebesar 37,83%. sehingga berpengaruh terhadap deformasi bentuk struktur secara global. Pada *box culvert* tanpa *slab* bawah distribusi momen yang terjadi tidak menyebabkan struktur berdeformasi secara global, deformasi bentuk yang terjadi hanya pada elemen saja berupa lentur. Tidak terjadinya deformasi bentuk secara global pada *box culvert* tanpa *slab* bawah disebabkan pengaruh tumpuan jepit yang menumpu pada *slab* dinding, serta mengabaikan tekanan tanah dasar yang bekerja pada *slab* bawah.

**Kata kunci** : *box culvert*, *box culvert* tipe *single*, SAP2000, *slab* bawah.

### **1. PENDAHULUAN**

Jembatan merupakan suatu bagian dari jalan raya yang berfungsi untuk menghubungkan jalanyang terputus yang disebabkan adanya rintangan seperti sungai, danau, lembah, jurang dan lain lain. Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan sebuah konstruksi. Segala sesuatunya harus dipertimbangkan dari segi ekonomis, efisien, dan daya tahan dari suatu material yg digunakan dalam sebuah konstruksi.

Dasar *box culvert* menggunakan tipe struktur portal bidang (*Plane Frame*) adalah berdasarkan materialnya, yaitu beton bertulang. Beton bertulang memberikan kekakuan pada struktur *slab*, dimana konstruksi pendukungnya bersifat terjepit penuh secara monolit. Beban yang bekerja pada *slab* umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup).

Permasalahan yang terjadi adalah selama ini perencana memodelkan struktur *box culvert* tidak mengikutsertakan *slab* bawah pada proses analisis, hanya *slab* atas dan *slab* dinding penahan tanah yang ditumpu oleh jepit, *slab* bawah dihitung terpisah. Jika

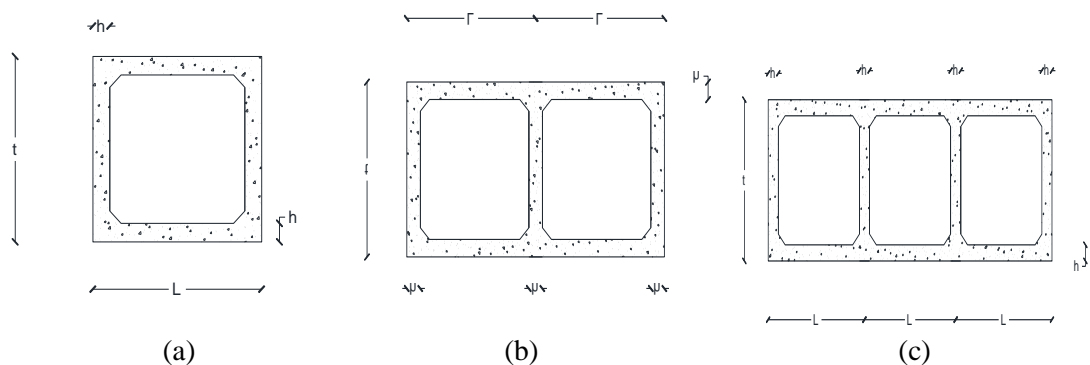
demikian, maka model struktur tidak sesuai dengan kondisi yang ada pada lapangan. Kemudian, nilai momen yang dihasilkan akan berbeda jika dibandingkan dengan adanya *slab* bawah, hal ini disebabkan berkurangnya kekakuan struktur secara global. Jika demikian akan berpengaruh pada efisiensi dimensi penampang. Oleh karena itu perlu adanya perbandingan antara kedua model struktur tersebut, yaitu model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah, dan *box culvert* dengan *slab* bawah.

Analisis struktur *box culvert* dilakukan dengan menggunakan program komputer SAP2000. Perhitungan *box culvert* menggunakan perhitungan pembebanan *box culvert* Kali Bayem D.I Yogyakarta oleh Ir. M. Noer Ilham, MT beserta data gambar. Data pembebanan mengikuti peraturan SNI 1725-2016 (pembebanan untuk jembatan). Beban yang bekerja pada struktur *box culvert* berupa beban berat sendiri, beban mati tambahan yang terdiri lapisan aspal dan air hujan, beban tekanan tanah, beban lalu lintas yang terdiri beban lajur, beban truk, dan gaya rem. Perilaku model struktur hanya dilihat dari nilai momen yang dihasilkan oleh *output* SAP2000.

## 2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### 2.1. Pengertian Box Culvert

Putra (2018), Box Culvert (Gorong-gorong) adalah sebuah bangunan yang dibangun di bawah jalan, jalan kereta api atau tanggul-tanggul yang dipergunakan sebagai jalur penghubung yang di tempatkan di bawah tanah seperti saluran air, jalan lintasan, kabel telepon, pipa kabel listrik atau pipa gas. Ada beberapa jenis bentuk gorong-gorong sesuai dengan bentuk dan bahan-bahan yang dipergunakannya. Tipe *box culvert* dibedakan menjadi tiga, yaitu *box culvert* tipe *single*, *box culvert* tipe *double* dan *box culvert* tipe *triple*. Hal yang membedakan tipe *box culvert* itu sendiri adalah berdasarkan rongganya.

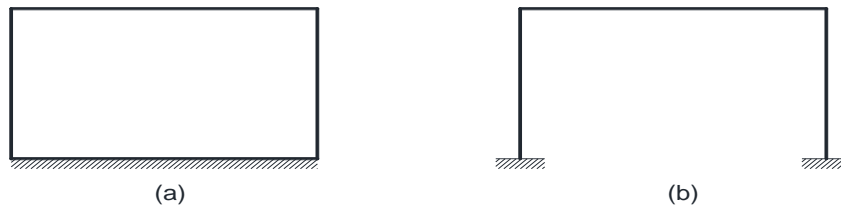


Gambar 2.1. (a) tipe *single*, (b) *Box culvert* tipe *double*, (c) *Box culvert* tipe *triple*.

Karenanya pembahasan dalam pasal ini ditekankan pada jenis Box Culvert yaitu Rangka batang (*plane truss*) tipe struktur dua dimensi terdiri dari beberapa batang yang saling terhubung sehingga membentuk elemen – elemen segitiga. Masing masing batang hanya memikul gaya aksial (Setiawan,2015).

## 2.2. Analisa Struktur

Bahwa tipe struktur *box culvert* ini menggunakan portal bidang. Sistem struktur portal bidang terdiri dari elemen-elemen horizontal, vertikal, atau terkadang memiliki kemiringan tertentu, dan antar elemen terhubung dengan kaku. Elemen – elemen horizontal merupakan elemen balok, sedangkan elemen vertikal sering disebut dengan istilah kolom (Setiawan, 2015).



Gambar 2.2. (a) *box culvert* dengan *slab* bawah, dan (b) *box culvert* tanpa *slab* bawah.

## 2.3 Analisa Momen

Momen terjadi apabila sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya momen tersebut adalah besarnya gaya dikalikan dengan jaraknya yaitu Elemen *Slab*

*Slab* ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran penopangnya (Asroni, 2010). Kekakuan hubungan antara *slab* dan konstruksi lainnya (kolom, balok atau dinding) menjadi salah satu perkuatan bagi struktur *box culvert*. Hal ini karena perletakan *slab* terjepit penuh, dimana keadaan *slab* dan dinding *box culvert* dicor bersama – sama secara monolit, dan ukuran *slab* cukup besar, sehingga mampu untuk menyumbang kekakuan pada dinding *box culvert*.

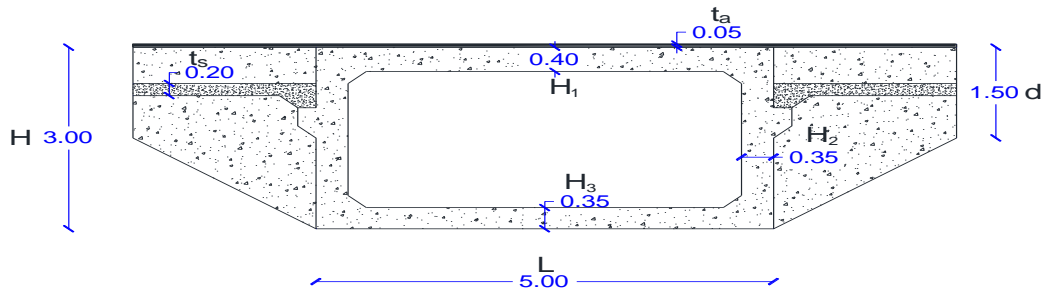
## 2.4. Program SAP 2000

Program SAP 2000 merupakan program analisis struktur dimana program ini memberikan banyak kemudahan bagi para pengguna dengan tampilan yang mempermudah pengguna untuk membuat model struktur, menganalisis dan mendesain model tersebut dalam satu tampilan, serta adanya berbagai macam bentuk *template* untuk memodelkan bentuk struktur yang pada umumnya. Dalam melaksanakan perintah yang akan dikerjakan, program SAP 2000 menganut konsep *noun-verb*, yaitu konsep dimana untuk menjalankan suatu perintah analisis harus dilakukan dengan memilih objek terlebih dahulu kemudian diikuti perintah yang ingin dijalankan.

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini berupa data dari SNI 1725-2016 (pembebanan untuk jembatan), Adapun data yang diketahui sebagai berikut:



Gambar 3.1. Dimensi *Box Culvert*

1. Dimensi *Wing Wall*
  - Panjang *wing wall*  $c = 2,00$  m
  - Tinggi *wing wall* bagian ujung  $d = 1,50$  m
  - Tebal *wing wall*  $tw = 0,25$  m
2. Dimensi lainnya
  - Tebal *slab* injak  $ts = 0,20$  m
  - Tebal lapisan aspal  $ta = 0,05$  m
  - Tinggi genangan air hujan  $th = 0,05$  m

### 3.2 Kombinasi Beban

Dalam metode perencanaan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur didesain untuk memikul beban terfaktor, yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor beban terhadap beban layan nominal. kombinasi beban seperti pada Tabel 1. sebagai berikut.

Tabel 3.1. Kombinasi Beban

No	JENIS BEBAN	FAKTOR BEBAN	KOMB1	KOMB2	KOMB3
<b>Beban Tetap</b>					
1.	Berat sendiri (MS)	KMS	1,30	1,30	1,30
2.	Beban mati tambahan (Ma)	KMA	2,00	2,00	2,00
3.	Tekanan tanah (TA)	KTA	1,25	1,25	1,25
<b>Beban Kendaraan</b>					
4.	Beban lajur (TD)	KTD	1,80	1,00	
5.	Beban truk (TT)	KTT	1,80	1,00	
6.	Gaya rem (TB)	KTB	1,80	1,00	

### 3.3. Tekanan Tanah (TA)

Gaya –gaya yang bekerja pada suatu dinding penahan tanah lebih banyak didominasi oleh berat sendiri dari dinding penahan tersebut, berat sendiri timbunan tanah, serta tekanan tanah dibelakang maupun didepan dinding penahan tanah tersebut.

Tabel 3.2. Rekap daya dukung tanah

No	Uraian Daya Dukung Tanah	Qa (kN/m <sup>2</sup> )
1	Pengujian Sondir (Meyerhoff)	164,05
2	Pengujian SPT (Bowles)	190,48
3	Pengujian Lab Hasil Boring (Terzaqhi dan Thomlinson)	257,82
Daya dukung tanah terkecil		164,05
Faktor reduksi		0,65
hasil		106,63

Maka nilai yang digunakan untuk daya dukung tanah adalah 106,63 kN/m<sup>2</sup>.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Analisis Nilai Momen *Box Culvert*

Analisis dimaksudkan memperoleh nilai momen serta deformasi bentuk dari kedua model struktur, hasil *output box culvert* dengan *slab* bawah dan hasil *output box culvert* tanpa *slab* bawah. Nilai momen yang terjadi pada elemen bervariasi, variasi nilai momen disebabkan kombinasi beban yang direncanakan. Untuk menghindari kompleksitas, maka nilai momen maksimum dari kedua model struktur *box culvert*, tujuannya agar mempermudah proses perbandingan kedua model struktur. dilihat Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Momen maksimum pada kedua model struktur *box culvert*

<i>Element Forces Box Culvert Dengan Slab Bawah</i>		<i>Element Forces Box Culvert Tanpa Slab Bawah</i>	
<i>Frame</i>	<b>M3</b>	<i>Frame</i>	<b>M3</b>
<i>Text</i>	KN-m	<i>Text</i>	KN-m
Slab Atas	324,91	Slab Atas	274,00
Slab Bawah	196,35	Slab Bawah	-
Slab Dinding 1	223,45	Slab Dinding 1	210,26
Slab Dinding 2	175,99	Slab Dinding 2	242,56

Dari tabel 4.1 diatas, nilai momen maksimum elemen *slab* atas pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah ( $M_{DSB}$ ) lebih besar dibandingkan dengan model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah ( $M_{TSB}$ ). Persentase perbandingannya yaitu 18,58 %, artinya elemen *slab* atas *box culvert* dengan *slab* bawah mempunyai kemampuan sebesar tersebut untuk menahan momen dibandingkan dengan *box culvert* tanpa *slab* bawah.

Sama halnya dengan elemen *slab* atas, nilai momen maksimum dari elemen *slab* dinding 1 pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah ( $M_{DSB}$ ) lebih besar dibandingkan dengan model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah ( $M_{TSB}$ ). Persentase perbandingannya yaitu 6,27 %, artinya elemen *slab* dinding 1 *box culvert* dengan *slab* bawah mempunyai kemampuan sebesar tersebut untuk menahan momen dibandingkan dengan *box culvert* tanpa *slab* bawah.

Pada elemen *slab* dinding 2 terjadi sebaliknya, dimana nilai momen maksimum pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah ( $M_{TSB}$ ) lebih besar dibandingkan dengan model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah ( $M_{DSB}$ ). Persentase perbandingannya yaitu 37,83 %, akan tetapi besarnya nilai momen dari elemen *slab* dinding 2 pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah bukan menunjukkan kemampuan struktur mampu menahan momen sebesar tersebut, melainkan disebabkan pengaruh dari tumpuan jepit yang menumpu *slab* dinding.

Tumpuan jepit pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah menghentikan aliran gaya rem, sedangkan pada kondisi *real*, *box culvert* merupakan struktur satu kesatuan secara monolit pada masing masing elemennya. Tentu seharusnya gaya yang bekerja pada elemen akan di distribusikan pada elemen lainnya, sehingga mempengaruhi deformasi bentuk struktur secara global. Berikut adalah perbandingan nilai momen maksimum yang terjadi pada struktur *box culvert* :

Momen Slab Atas :

$$\begin{aligned} M_{DSB} &: 324,9148 \\ M_{TSB} &: 274,0006 \\ \%M &: \frac{M_{DSB}-M_{TSB}}{M_{TSB}} \times 100\% \\ &: \frac{324,9148-274,0006}{274,0006} \times 100\% = 18,58 \% \end{aligned}$$

Momen Slab Dinding 1 :

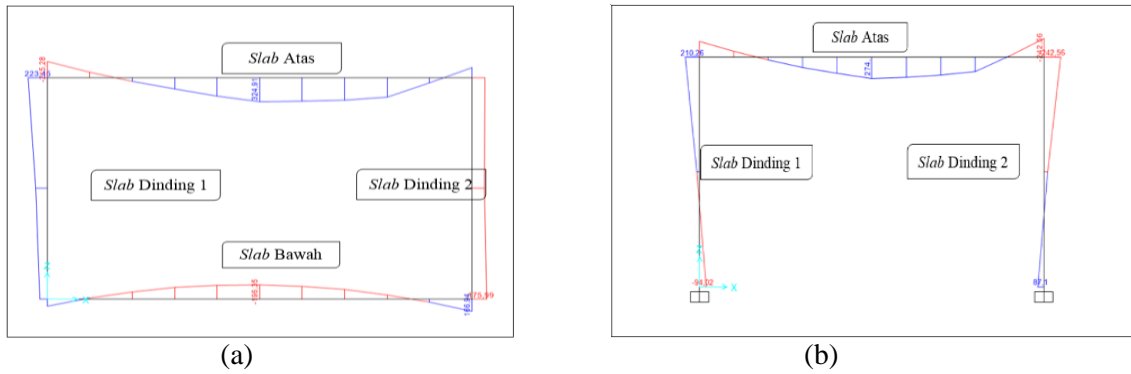
$$\begin{aligned} M_{DSB} &: 223,45 \\ M_{TSB} &: 210,2611 \\ \%M &: \frac{M_{DSB}-M_{TSB}}{M_{TSB}} \times 100\% \\ &: \frac{223,45-210,2611}{210,2611} \times 100\% = 6,27 \% \end{aligned}$$

Momen Slab Dinding 2 :

$$\begin{aligned} M_{DSB} &: 175,9875 \\ M_{TSB} &: 242,5626 \\ \%M &: \frac{M_{DSB}-M_{TSB}}{M_{TSB}} \times 100\% \\ &: \frac{242,5626-175,9875}{175,9875} \times 100\% = 37,83 \% \end{aligned}$$

## 4.2 Diagram Momen

Setelah melakukan pemodelan, *input* material, dan *input* pembebanan, maka proses analisis pada program SAP2000 dapat dilakukan, diagram momen juga dapat diperoleh. Diagram momen dimaksudkan untuk melihat distribusi momen yang terjadi pada bagian tumpuan dan pada bagian lapangan dari elemen *box culvert*. Untuk bagian tumpuan diagram momen disajikan dengan warna merah, dan untuk bagian lapangan diagram momen disajikan dengan warna biru.



Gambar 4.1. (a) Diagram Momen *Box Culvert* dengan *Slab Bawah*, (b) Diagram Momen *Box Culvert* Tanpa *Slab Bawah*

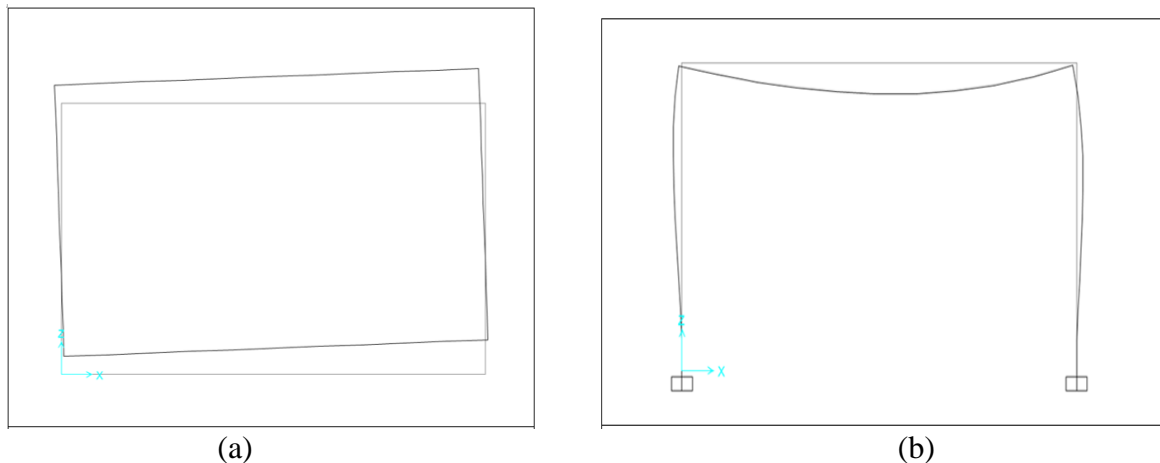
Gambar diatas merupakan diagram momen yang terjadi pada *box culvert* dengan slab bawah dan *box culvert* tanpa slab bawah pada kombinasi beban 1. Pada Gambar (a), momen yang terjadi pada elemen terdistribusi secara global, keterkaitan antar elemen slab atas, slab dinding dan slab bawah menggambarkan aksi reaksi dalam sistem global. Jika dilihat pada dinding 2, seharusnya momen yang terjadi sama dengan dinding 1, namun karena pengaruh gaya rem serta slab bawah sehingga momen yang terjadi pada dinding 2 lebih kecil dari dinding 1.

Pada Gambar (b), momen yang terjadi pada elemen sama halnya yang terjadi pada gambar momen (a), hanya saja pada dinding 2 *box culvert* dengan slab bawah jika dibandingkan dengan *box culvert* tanpa slab bawah nilai momennya lebih besar. Besarnya nilai momen dinding 2 pada *box culvert* tanpa slab bawah dikarenakan tumpuan jepit berperan sebagai penunpu elemen slab dinding, peran tumpuan jepit seolah menggambarkan distribusi gaya yang bekerja berhenti pada elemen slab dinding, yang seharusnya gaya terdistribusi pada elemen slab bawah.

Besarnya nilai momen pada *box culvert* dengan *slab* bawah menunjukkan kemampuan struktur mampu menahan momen lebih optimal dibandingkan dengan *box culvert* tanpa *slab* bawah. Seharusnya beban yang bekerja pada *box culvert* dengan *slab* bawah dapat ditingkatkan lagi dibandingkan dengan *box culvert* tanpa slab bawah. Artinya berpengaruh pada optimalnya suatu perencanaan dimensi elemen *box culvert*.

### 4.3. Deformasi Bentuk *Box Culvert*

Deformasi bentuk dari kedua model struktur *box culvert* dimaksudkan untuk melihat perubahan model struktur secara global, dimana struktur akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh beban yang bekerja pada struktur *box culvert*. Beban yang bekerja pada struktur *box culvert* berupa beban berat sendiri, beban mati tambahan, tekanan tanah dan beban lalulintas yang berupa beban lajur, beban truk, dan gaya rem. Untuk melihat deformasi bentuk dari kedua model struktur maka dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 (a) Deformasi Bentuk *Box Culvert* dengan *Slab* Bawah, (b) Deformasi Bentuk *Box Culvert* Tanpa *Slab* Bawah

Dari gambar diatas, deformasi bentuk yang terjadi pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah adalah lentur pada elemennya. Kondisi lentur pada masing masing elemen *box culvert* disebabkan oleh gaya yang bekerja pada struktur. Akan tetapi *box culvert* tanpa *slab* bawah tidak mengalami guling pada struktur secara global.

Hal yang membedakan terjadinya perubahan nilai momen dan deformasi bentuk pada kedua model struktur *box culvert* adalah tidak adanya tekanan tanah dasar pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah, sebagaimana yang direncanakan oleh perencana selama ini. Tidak adanya tekanan tanah dasar menyebabkan seolah struktur aman dari terjadinya guling pada struktur secara global.

Dari gambar (a) dan (b) diatas, dapat diambil kesimpulan *box culvert* dengan *slab* bawah deformasi bentuk struktur mengalami guling secara global, sedangkan pada *box culvert* tanpa *slab* bawah deformasi bentuk struktur mengalami lentur pada elemennya. Artinya, tekanan tanah dasar pada *slab* bawah memberi pengaruh deformasi bentuk struktur secara global, sehingga *box culvert* dengan *slab* bawah sudah memperhitungkan kemungkinan terjadinya guling pada struktur. Hal berbeda pada deformasi bentuk struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah, dimana pengaruh tekanan tanah dasar tidak diperhitungkan, artinya pengaruh guling pada struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah tidak diperhitungkan dampaknya terhadap deformasi bentuk struktur.

Jika melihat deformasi bentuk pada *box culvert* dengan *slab* bawah maka dapat dikategorikan sebagai komponen struktur tak bergoyang, artinya perpindahan transversal antara kedua ujungnya (elemen) dikekang secara efektif. Jika melihat deformasi bentuk pada *box culvert* tanpa *slab* bawah maka dapat dikategorikan sebagai komponen struktur bergoyang, artinya perpindahan transversal antara kedua ujungnya tidak dikekang.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil dan pembahasan pada bab IV, dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Kekakuan struktur lebih pada *box culvert* dengan *slab* bawah dibandingkan dengan tanpa *slab* bawah.
2. Persentase pada *slab* atas  $M_{DSB} > M_{TSB}$  dengan persentase 18,58 %, persentase pada *slab* dinding 1  $M_{DSB} > M_{TSB}$  dengan persentase 6,27 %, dan persentase pada *slab* dinding 2  $M_{DSB} < M_{TSB}$  dengan persentase 37,83 %.
3. Pengaruh tidak adanya elemen *slab* bawah pada *box culvert* mengurangi distribusi momen struktur secara global. Sebagai contoh besarnya nilai momen pada dinding 2 dari model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah, besarnya yaitu 242,56 kNm. Hal berbeda pada pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah, dimana nilai momen pada elemen *slab* dinding 2 sebesar 175,99 kNm. Persentase perbandingannya bernilai 37,83%, artinya pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah momen yang terjadi pada elemen dinding 2 terdistribusikan pada elemen *slab* bawah.
4. Deformasi bentuk yang terjadi pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah adalah guling secara global. Kondisi guling pada model struktur *box culvert* dengan *slab* bawah disebabkan tekanan tanah dasar yang bekerja pada *slab* bawah, karena model struktur merupakan struktur yang monolit, maka *slab* bawah mendistribusikan gaya pada elemen struktur lainnya (*slab* dinding dan *slab* atas) sehingga struktur mengalami guling. artinya hal yang perlu dirubah adalah daya dukung tanah tempat *box culvert* berpijak.
5. Deformasi bentuk yang terjadi pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah adalah lentur pada elemennya. Kondisi lentur pada masing masing elemen *box culvert* disebabkan oleh gaya yang bekerja pada struktur. Akan tetapi *box culvert* tanpa *slab* bawah tidak mengalami guling pada struktur secara global.
6. Perbedaan terjadinya perubahan nilai momen dan deformasi bentuk pada kedua model struktur *box culvert* adalah tidak adanya tekanan tanah dasar pada model struktur *box culvert* tanpa *slab* bawah, sebagaimana yang direncanakan oleh perencana selama ini. Tidak adanya tekanan tanah dasar menyebabkan seolah struktur aman dari terjadinya guling pada struktur secara global.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan uraian – uraian dari hasil dan pembahasan pada bab IV, maka dapat diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pada beban truk penulis mengambil jarak 4 meter antar gandarnya, SNI memberikan pilihan opsi jarak antar gandar berkisar 4 sampai 9 m. Hal ini dapat berlanjut pada peneliti berikutnya, dimana variasi jarak antar gandarnya beragam yang bekerja pada struktur *box culvert*.

2. Pada penulisan ini membatasi analisis *box culvert* terhadap pengaruh *wing wall*. *Wing wall* pada *box culvert* berfungsi melindungi bagian belakang/samping *box culvert* dari tekanan tanah yang bekerja, berasumsi pengaruh *wing wall* pada proses analisis mempengaruhi struktur *box culvert*
3. Dalam penelitian ini, memilih tipe struktur portal bidang (*plane frame*) untuk menganalisis *box culvert*, tujuannya adalah untuk menghindari terjadinya kompleksitas perhitungan pada penulisan. Disarankan untuk membandingkan tipe struktur *plane frame* dengan *space frame* untuk menganalisis *box culvert*. Tujuannya adalah untuk membandingkan kelebihan dan kekurangan dari analisis kedua tipe struktur tersebut.
4. Pada penulisan tugas akhir ini penulis membatasi pembebanan yang bekerja pada struktur *box culvert*, pengaruh temperatur dan beban gempa yang bekerja pada *box culvert* tidak penulis perhitungkan. Penulis berharap pengaruh dari beban tersebut dapat dilanjutkan pada penulis lainnya.

### **Daftar Pustaka**

- Asroni, 2010, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Putra, 2018, *Perencanaan Pembangunan Box Culvert Pada Citra Land Baru Dengan Aplikasi Staad Pro*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Manado.
- Setiawan, 2015, *Analisa Struktur*, Erlangga, Jakarta.