

Alternatif Struktur *Box Culvert* Sebagai Pengganti Girder Jembatan Kali Jompo, Jember

Alternative Box Culvert Structure As A Replacement For The Jompo Bridge Girder, Jember

Rena Fajri Romdani¹, Arief Alihudien^{2*}, Muhtar³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Renafajri17@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author

Email : Ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Muhtar@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Jembatan merupakan suatu bangunan yang dapat menghubungkan jalan yang diakibatkan oleh penghalang seperti sungai, rawa, danau, saluran dan lainnya. Perencanaan jembatan dengan struktur *box culvert* dimaksudkan sebagai alternatif jembatan girder yang saat ini menjadi struktur existing di jembatan kali jompo. Struktur yang akan dipilih adalah struktur *box culvert* cor ditempat dengan dimensi menyesuaikan bentang dan tinggi jembatan *existing*. Tujuan dari penulisan ini adalah melakukan penelitian mengenai efisiensi kapasitas momen nominal (Mn) antara penggunaan struktur girder dengan struktur *box culvert*. Dari hasil analisa tersebut didapatkan tiga buah *box culvert* dengan dimensi *box culvert* pertama 8,0 x 9,0 meter, *box culvert* kedua 8,0 x 7,5 meter, dan *box culvert* ketiga 8,0 x 9,0 meter dengan panjang bentang 4,6 meter. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Mn pelat lantai *box culvert* sebesar 4557,725 kNm dan girder 9407,316 kNm. Dengan menggunakan pondasi tiang pancang persegi dengan ukuran 80 x 80 cm, didapatkan hasil perhitungan stabilitas struktur pondasi *box culvert* yaitu daya dukung arah vertikal 605,6 ton; daya dukung izin ultimit 404,1 ton dan daya dukung lateral 885,6 ton.

Kata Kunci : *Box Culvert*, Pembesian, Momen Nominal, Daya Dukung, Pondasi Tiang Pancang.

Abstract

A bridge is a building that can connect roads caused by obstacles such as rivers, swamps, lakes, channels and others. The design of the bridge with a box culvert structure is intended as an alternative to the girder bridge which is currently an existing structure in the old river bridge. The structure that will be selected is a cast box culvert structure with dimensions adjusting the span and height of the existing bridge. The purpose of this paper is to conduct research on the efficiency of nominal moment capacity (Mn) between the use of girder structures and box culvert structures. From the analysis results obtained three box culverts with dimensions of the first box culvert 8 x 9 meters, the second box culvert 8 x 7.5 meters, and the third box culvert 8 x 9 meters with a span length of 4.6 meters. Based on the calculation results, the Mn value of the box culvert floor slab is 4557.725 kNm and the girder is 9407.316 kNm. By using a square pile foundation with a size of 80 x 80 cm, the results obtained from the calculation of the stability of the box culvert foundation structure, namely the vertical bearing capacity of 605.6 tons; the ultimate permit bearing capacity is 404.1 tons and the lateral bearing capacity is 885.6 tons.

Keywords : *Box Culvert, Steel, Nominal Moment, Bearing Capacity, Pile Foundation.*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu bangunan yang dapat menghubungkan jalan yang diakibatkan oleh penghalang seperti sungai, rawa, danau, saluran dan lainnya. Jalan Sultan Agung adalah satu jalan nasional yang merupakan jalur dalam kota yang menghubungkan Surabaya- Jember - Banyuwangi. Jalan Sultan Agung melintasi sungai Jompo sehingga ada sebuah jembatan yang bernama Jembatan Kali Jompo. Jembatan itu melintang dari utara ke selatan (jika merujuk arah aliran sungai). Jalan Sultan Agung mengalami kerusakan yang berupa ambusnya tanah sepanjang sekitar 94 meter dan lebar sekitar 10 meter.

Kerusakan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti: jembatan yang sudah berumur/tua dan intensitas hujan yang tinggi. Hujan menyebabkan retakan dan penurunan tanah di bantaran aliran Kali Jompo, tepatnya di Jalan Sultan Agung. Hujan yang deras membuat bantaran kali tergerus, dan pada tanggal 2/3/2020 jam 03.45 WIB, terjadi penurunan tanah sehingga menyebabkan retakan ruko dan menjadi ambruk. Jembatan akan di pelebar dengan menggunakan struktur PCI Girder Prategang.

Dalam penelitian, nantinya penulis akan mencoba membuat alternatif dengan mengganti PCI Girder prategang dengan menggunakan struktur box culvert. Struktur *box culvert* sendiri memiliki pengertian yakni merupakan material beton yang banyak digunakan untuk keperluan saluran air dengan bentuk seperti *box* atau segi empat. Pada penelitian ini, peneliti juga akan melakukan penelitian mengenai efisiensi kapasitas momen nominal (M_n) antara penggunaan struktur girder dengan struktur *box culvert*. Penggunaan struktur *box culvert*

dinilai mampu mengurangi terjadinya efek gerusan lokal (*local scouring*) yang dapat didefinisikan sebagai penurunan tiba-tiba elevasi dasar di dekat pilar karena erosi dari material yang terjadi akibat kecepatan aliran dan sedimen.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dalam peninjauan perencanaan jembatan dengan struktur *box culvert* ini adalah :

1. Bagaimana mendesain *box culvert* yang sesuai dengan Standar Gorong-gorong Persegi Beton Bertulang ?
2. Bagaimana menghitung beban-beban yang berkerja pada *box culvert* ?
3. Bagaimana mendesain penulangan struktur *box culvert*?
4. Bagaimana menghitung momen kapasitas penggunaan struktur *box culvert* dengan balok girder?
5. Bagaimana menghitung stabilitas struktur pondasi *box culvert* ?

C. Tujuan Manfaat Penelitian

1. Mendesain *box culvert* yang sesuai dengan Standar Gorong-gorong Persegi Beton Bertulang
2. Menghitung beban-beban yang berkerja pada *box culvert*
3. Mengetahui cara mendesain penulangan struktur *box culvert*
4. Menghitung momen kapasitas penggunaan struktur *box culvert* dengan balok girder
5. Menghitung stabilitas struktur pondasi *box culvert*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Uraian Umum

Jembatan adalah struktur bangunan yang menghubungkan rute atau lintasan transportasi

yang terpisah baik oleh sungai, danau, laut, lembah/jurang, jalan raya, maupun jalan kereta api bertujuan untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintanga.

B. Box Culvert

Struktur *box culvert* sendiri memiliki pengertian yakni merupakan material beton yang banyak digunakan untuk keperluan saluran air dengan bentuk seperti *box* atau segi empat. Penggunaan struktur *box culvert* dinilai mampu mengurangi terjadinya efek gerusan lokal (*local scouring*) yang dapat didefinisikan sebagai penurunan tiba-tiba elevasi dasar di dekat pilar karena erosi dari material yang terjadi akibat kecepatan aliran dan sedimen.

C. Analisa Perhitungan Box Culvert

a. Bangunan Atas

1. Beban Sendiri (QMS)
 $Q_{ms} = h_1 \times w_c$ (kN/m)
2. Berat sendiri plat dinding (Pms)
 $P_{ms} = H \times h_2 \times W_c$ (kN)
3. Beban Mati (QMA)
QMA : Beban Perkerasan + Genangan Air Hujan
4. Beban Lalu Lintas
 - Beban Lajur "D" (TD)
 $q = 9.0$ kPa untuk $L \leq 30$ m, KEL mempunyai intensitas 49 kN/m.
 - Beban Truk "T" (TT)
Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil (DLA) = 0,40. Beban truk "T" (PTT) = $(1 + DLA) \times T$.
5. Beban Akibat Tekanan Tanah
6. Gaya Rem (TB)
Gaya rem per meter lebar (TTB)5% $\times \{(q \times L) + p$.
7. Beban Angin (EW)
 $T_{gw} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2$ (kN/m²),
8. Pengaruh Temperatur (ET)
 $AT = (T_{max} - T_{min})/2$
9. Beban Gempa (EQ)
 - Beban Gempa Statik Ekuivalen

$$EQ = C_{sm} / R \times W_t$$

- Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

b. Pembesian

1. Menetapkan ketentuan batas panjang jembatan
2. Menentukan beban yang berkerja
3. Menentukan tebal pelat
4. Menentukan Mn
5. Menentukan besarnya momen desain (Mu),
6. Membagi Mu dengan $b \times d^2$
7. Menentukan rasio tulangan (ρ)
8. Memeriksa syarat rasio penulangan : ($\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)
9. $A_s = \rho \times b \times d$

c. Daya Dukung Pondasi

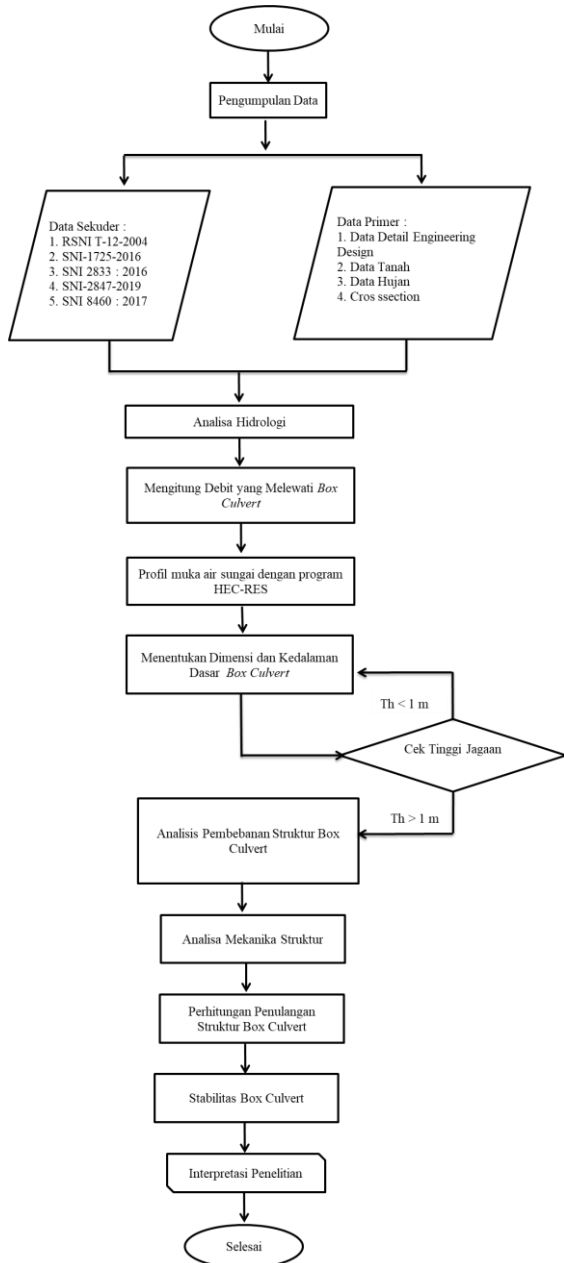
1. Daya dukung ijin
 $Q_u = Q_b + Q_s$
2. Daya Dukung Ujung Tiang
 $Q_p = 40 + N_b + A_p$
3. Daya Dukung Gesek Tiang
 $Q_s = N_{spt} \times A_s$
4. Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang
 $Q_g = E_g \times N \times Q_a$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk merencanakan jembatan *box culvert*, dibutuhkan data-data awal yang akan digunakan sebagai patokan desain. Data-data tersebut adalah :

1. Curah Hujan
2. DAS
3. Peta Tata Guna Lahan
4. *Cross section*
5. *Detail Engineering Design*
6. Data Tanah

Adapun langkah-langkah perencanaan striktur jembatan *box culvert* terdapat pada gamabr 1 diagram alur berikut ini :



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Sumber: Hasil penggambaran sendiri

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Dengan luas DAS Kali Jompo 246,090 Km² dan panjang sungai 13,67 Km didapatkan debit kala ulang 50 tahun adalah 608,44 m³/dt.

B. Analisa Hidrolika

Debit = 608,44 m³/det.

Kemiringan Saluran, S = 0,002

Dasar Saluran = 21,50 H

Luas Penampang, $F_s = 21,50H \times H = 21,5H^2$

Keliling Basah = $21,50H + 2H = 23,50 H$

Radius Hidroulik = 0,91 H

Dengan Coef Manning $C = 0,018$

(Merupakan Saluran Beton)

Formula Manning :

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} = 2,457 H^{2/3}$$

$$Q = F_s \times V$$

$$666,48 = 21,50 H^2 \times 2,457 H^{2/3} = 6,7 \text{ meter}$$

$$\text{Tinggi Jagaan} = \sqrt{0.5 \times h} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total Box Culvert} = 8 \text{ m}$$

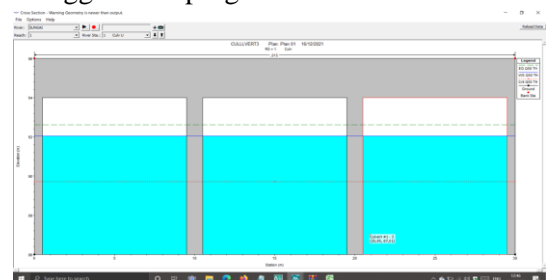
Tabel 1. Dimensi Box Culvert

No Saluran	Box Culvert 1	Box Culvert 2	Box Culvert 3
B	9,0	7,5	9,0
H	8,0	8,0	8,0
As (m ²)	72	60	72
P,(Keliling Basah)	25,00	23,50	25,00
R,(jari-jari hidrolik)	2,880	2,553	2,880
n Saluran	0,018	0,018	0,018
S saluran	0,002	0,002	0,002
L (m)	13670	13670	13670
V (m/dtk)	5,278	4,871	5,278
Qs (m ³ /dtk)	380,01	292,24	380,01
Q50Th(m ³ /dtk)	608,4	608,4	608,4
Kesimpulan	cukup	cukup	cukup

Sumber: Perhitungan excel

Total debit yang mampu disalurkan ke box culvert : 1052,26 m³/det.

Berikut merupakan hasil pemodelan box culvert menggunakan program HEC-RAS.



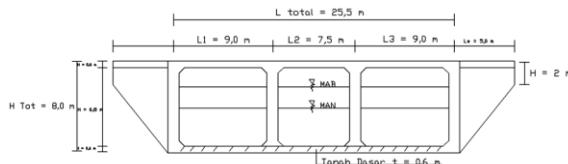
Gambar 2. Pemodelan *Box culvert* di HEC-RAS

Sumber: Hasil analisis program HEC-RAS

C. Data Teknis Jembatan

Data Jembatan :

- Lebar Jembatan = 4,6 meter
- Tinggi Jembatan = 8,0 meter
- Panjang jembatan = 25,5 meter



Gambar 3. Dimensi *Box Culvert*

Sumber: Hasil penggambaran sendiri

Data Perencanaan

- Tebal lantai atas *Box Culvert*, $t_a = 0,60$ m
- lantai Tebal lantai bawah *Box Culvert*, $t_b = 0,60$ m
- Lebar total, $L_t = 25,50$
- Tebal dinding, $t_w = 1,0$ m
- Tinggi *box culvert*, $H = 8,0$ m
- Base course, $t_t = 0,60$ m
- Tebal lapisan perkerasan, $t_p = 0,10$ m
- Tebal genangan air hujan, $t_h = 0,05$ m
- Tinggi bagian ujung, $h_i = 2,00$ m
- Tinggi sisi kanan, $H_y = h_a = 7,00$
- Lebar sisi atas, $H_x = b_a = 5,0$ m
- Tebal sayap, $t_s = 0,50$ m

Bahan Struktur

- Kuat Tekan Beton = $0,83 \times (f'_c / 10) = 0,83 \times (300 / 10) = 24,9$ Mpa
- Modulus Elastik = $4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{24,9} = 23453$ Mpa
- Angka Poisson = 0,2
- Modulus Geser = 9772 Mpa
 - Koefisien Muai Beton = $0,00001 / ^\circ C$
 - Koefisien Blok Stress = 0,85
 - Mutu Baja
 - Untuk Tulangan Baja $\varnothing > 12$ mm, U-39 = $10 \times F_y = 10 \times 39 = 390$ Mpa
 - Untuk Tulangan Baja $\varnothing < 12$ mm, U-24 = $10 \times F_y = 10 \times 24 = 240$ Mpa

- Berat beton bertulang, $W_c = 25,0$ kN/m³
- Berat beton tidak bertulang, $W_c = 24,00$ kN/m³
- Berat aspal, $W_a = 22,00$ kN/m³
- Berat jenis air, $W_w = 9,80$ kN/m³
- Berat baja, $W_s = 78,50$ kN/m³
- Berat Tanah dipadatkan, $W_s = 17,20$ kN/m³

D. PEMBEBANAN BOX CULVERT

Didapatkan hasil pembebanan seperti berikut :

Tabel 2. Beban yang berkerja pada *box culvert*

No	Jenis	K _{MS}	Beban	
1	Beban Sendiri (Q MS)			
	Berat sendiri plat atas	1,3	15,00	kN/m
	Beban berat sendiri konstruksi wing:	1,3	525	kN
2	Beban Mati Tambahan (MA)			
	Timbunan	2,00	10,32	kN/m
	Perkerasan	2,00	1,1	kN/m
	Air hujan	2,00	0,49	kN/m
3	Beban Lalu Lintas , Beban Lajur " D" (TD)			
	Beban DEL (QTD)	1,8	9,00	kN/m ³
	Beban KEL (PTD)	1,8	68,6	kN
4	Beban Lalu Lintas, Beban Truk "T" (TT)	1,8	140,00	kN
5	Gaya Rem (TB)	1,80	4,52	kN
6	Beban Angin	1,20	1,008	kN/m

	(EW)			
7	Pengaruh Temperatur (ET)	1,2	12,5	°C
8	Tekanan Tanah (TA)			
	QTA1	1,25	4,012	
	QTA2	1,25	53,495	
9	Beban Gempa (EQ)			
	Beban Gempa Statistik Ekuivalen	1,2	345,927	kN
	Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa	1,2	51,443	kN/m

Sumber: *Perhitungan excel*

Kombinasi beban yang digunakan adalah Ekstrim I = 1,3 MS + 2 MA + 1,25 TA + 0,5 TT + 0,5 TB + 1 EQ karena menimbulkan momen yang paling besar.

E. ANALISIS GAYA DALAM

Dari hasil analisis SAP2000 didapatkan hasil gaya dalam seperti berikut:

1. Pelat Lantai Kendaraan

Tabel 3. Gaya yang berkerja pada pelat lantai

Momen		
Momen Lapangan	807,921	kNm
Momen Tumpuan	2504,465	kNm
Gaya Geser		
Geser Lapangan	342,386	kN
Geser Tumpuan	1582,447	kN

Sumber: *Perhitungan excel*

2. Pelat Lantai Dasar

Tabel 4. Gaya yang berkerja pada pelat lantai dasar

Momen		
Momen Lapangan	929,649	kNm
Momen Tumpuan	857,756	kNm

Gaya Geser		
Geser Lapangan	717,480	kN
Geser Tumpuan	557,213	kN

Sumber: *Perhitungan excel*

3. Pelat Dinding

Tabel 5. Gaya yang berkerja pada pelat lantai di-ding

Momen		
Momen Lapangan	1277,062	kNm
Momen Tumpuan	1583,473	kNm
Gaya Geser		
Geser Lapangan	1133,625	kN
Geser Tumpuan	243,816	kN
Gaya Aksial		
Aksial Lapangan	7845,77	kN
Aksial Tumpuan	870,848	kN

Sumber: *Perhitungan excel*

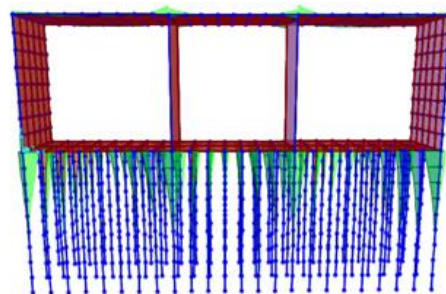
4. Reaksi Tumpuan

Tabel 6. Gaya yang berkerja pada pondasi tiang pancang

Gaya Arah Vertikal	84,68	Ton
Gaya Geser	0	Ton
Gaya Lateral	4,252	Ton

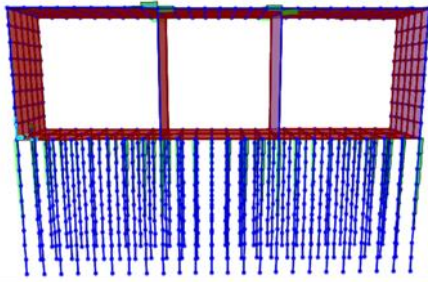
Sumber: *Perhitungan excel*

Analisis SAP2000 dengan kombinasi ekstrim I



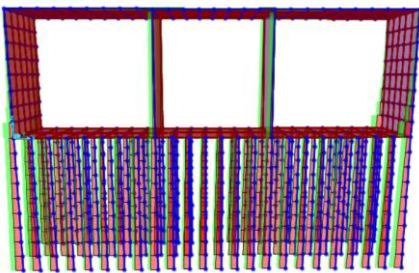
Gambar 4. Momen Box Culvert

Sumber: *Hasil Analisis SAP*



Gambar 5. Gaya Geser Box Culvert

Sumber: Hasil Analisis SAP



Gambar 6. Gaya Aksial Box Culvert

Sumber: Hasil Hasil Analisis SAP

F. ANALISIS STABILITAS PONDASI TIANG PANCANG

a. Subgrade Reaction

Nilai N-SPT kedalaman 8,5 m sampai 12,5 m = $8 + 11 + 17 / 3 = 24,667$

Nilai N-SPT kedalaman 12,5 m sampai 20 m = $55 + 70 + 63 + 33 / 4 = 55,250$

$K_{0,3} = 1800 \text{ N}$

$K_{0,3} = 1800 \times 24,667 = 44400 \text{ kN/m}^3$

$K_{0,3} = 1800 \times 55,250 = 99450 \text{ kN/m}^3$

Tabel 7. Subgrade Reaction pada pondasi

B	N SPT	$K_{0,3}$ kN/m ³	K kN/m ³
0,46	24,6667	44400	30299,433
	55,25	99450	67866,635

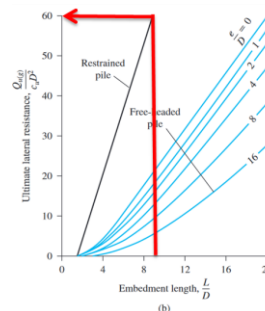
Sumber: Perhitungan excel

b. Spesifikasi Tiang Pancang

- Dimensi Penampang = 80 x 80 Cm
- Panjang = 9 m
- Jenis = Tiang Pancang Persegi
- Luas Penampang, $A_p = 0,8 \times 0,8 = 0,64 \text{ cm}^2$
- Keliling Penampang = $4 \times 0,8 = 3,2 \text{ m}^2$

c. Daya Dukung Tiang Pancang

- $Q_u = 40 \times \text{N-SPT} \times A_p = 40 \times 46,125 \times 0,64 = 1180,8 \text{ ton}$
- Daya dukung yang mampu dipikul oleh pondasi tiang pancang adalah = $(q_u + f) / \text{SF} = (1180,8 / 636) / 3 = 605,600 \text{ Ton}$
- Daya dukung nominal = $Q_n = 2 \times 0,6066 \times 636,0 = 734,7 \text{ Ton}$
- Daya dukung ultimit izin = $\phi \times q_n = 0,55 \times 636,0 = 404,1 \text{ Ton}$.
- Bahan
Mutu Beton = K-600
Kuat tekan beton K – 600, $f_c' = 0,83 \times 600 / 10 = 49,8 \text{ Mpa}$
Modulus Elastik = $4700 \times 49,8 \times 0,5 = 33167 \text{ Mpa} = 3382092,764 \text{ T/m}^2$
Moemen Inersia, $I_p = 1/12 \times 0,8 \times 0,8^3 = 0,03413 \text{ m}^4$. $E_p \times I_p = 3382092,764 \times 0,03413 = 115442,10$
- Karena tinggi tiang pancang 9 meter berada dia antara 5T dan 2T maka, kolom diasumsikan sebagai kolom pendek



Gambar 7. Grafik Tiang Pendek

Sumber: Brajadas

Dari grafik diatas, Dengan nilai $L/D = 9 / 0,8 = 9,6$ m didapat ultimate lateral resistance adalah 60. Sehingga,

$Q_u / C_u \times D^2$

$Q_u = C_u \times D^2 \times 60 = 23,0625 \times 0,82 \times 60 = 885,6 \text{ Ton}$

G. PENULANGAN PELAT LANTAI

1. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

Tabel 8. Penulangan pelat lantai kendaraan

Tulangan Lentur

Tulangan Lapangan		
Mu	807,92	kNm
Kuat tekan beton,	24,9	Mpa
Tegangan leleh baja	390,0	Mpa
Momen nominal rencana,	1009,901	kNm
Luas tulangan yang diperlukan,	5152,969	mm ²
Diameter tulangan yang digunakan,	D-19	
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
Digunakan Tulangan	D19 -	50
Tulangan Pokok 30% tulangan utama	D-	13
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
As'	1658,31	mm ²
Tulangan Geser		
Vu	342,39	kN
Tebal efektif slab beton,	550	mm
Ditinjau slab selebar,	1000	mm
Kuat geser nominal beton	457	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	0,75	
$\phi * V_c =$	343,062	kN
$0,5 \phi * V_c =$	171,531	kN
Digunakan Tulangan	D-12	
Luas tulangan geser,	411,1	mm ²
Jarak tulangan yang diperlukan,	150	mm
Kontrol Geser Pond		
Gaya geser pons nominal,	4775	kN
Beban ultimit roda truk pada slab,	280	kN
$P_u < \phi * P_n$ AMAN (OK)		
Tulangan Tumpuan		
Mu	2.504,46	kNm
Kuat tekan beton,	24,9	Mpa
Tegangan leleh baja	390,0	Mpa
Momen nominal rencana,	3130,581	kNm
Luas tulangan yang diperlukan,	342,386	kN

Diameter tulangan yang digunakan,	D-19	
Jarak tulangan yang diperlukan,	100	mm
Digunakan Tulangan	D19 -	100
Tulangan Pokok 30% tulangan utama	D-	13
Jarak tulangan yang diperlukan,	80	mm
As'	1658,31	mm ²
Tulangan Geser		
Vu	1582,45	kN
Tebal efektif slab beton,	550	mm
Ditinjau slab selebar,	1000	mm
Kuat geser nominal beton	457,416	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	0,75	
$\phi * V_c =$	343,062	kN
Digunakan Tulangan	D-	20
Luas tulangan geser,	628	mm ²
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
Kontrol Geser Pond		
Gaya geser pons nominal,	10045	kN
Beban ultimit roda truk pada slab,	280	kN
$P_u < \phi * P_n$ AMAN (OK)		

Sumber: *Perhitungan excel*

2. Pelat Lantai Dasar

Tabel 9. Penulangan pelat lantai dasar

Tulangan Lentur		
Tulangan Lapangan		
Mu	929,65	kNm
Kuat tekan beton,	24,9	Mpa
Tegangan leleh baja	390	Mpa
Momen nominal rencana,	1162,061	kNm
Luas tulangan yang diperlukan,	5764,571	mm ²
Diameter tulangan yang digunakan,	D-20	
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
Digunakan Tulangan	D19 -	50

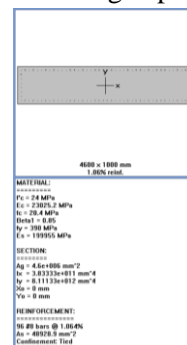
Tulangan Pokok 30% tulangan utama	D-	13
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
As'	2653,30	mm ²
Tulangan Geser		
Vu	717	kN
Tebal efektif slab beton,	550	mm
Ditinjau slab selebar,	1000	mm
Kuat geser nominal beton	474,049	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	0,75	
$\phi * Vc =$	355,537	kN
Digunakan Tulangan	D-13	
Luas tulangan geser,	3537,7	mm ²
Jarak tulangan yang diperlukan,	150	mm
Kontrol Geser Pond		
Gaya geser pons nominal,	4949	kN
Beban ultimit roda truk pada slab,	280	kN
$Pu < \phi * Pn$ AMAN (OK)		
Tulangan Tumpuan		
Mu	557,21	kNm
Kuat tekan beton,	24,9	Mpa
Tegangan leleh baja	390	Mpa
Momen nominal rencana,	1072,196	kNm
Luas tulangan yang diperlukan,	5272,538	kN
Diameter tulangan yang digunakan,	D-20	
Jarak tulangan yang diperlukan,	50	mm
Digunakan Tulangan	D-20	50
Tulangan Pokok 30% tulangan utama	D-	14
Jarak tulangan yang diperlukan,	80	mm
As'	1923,25	mm ²
Tulangan Geser		
Vu	557	kN
Tebal efektif slab beton,	550	mm

Ditinjau slab selebar,	1000	mm
Kuat geser nominal beton	474,049	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	0,75	
$\phi * Vc =$	355,537	kN
Digunakan Tulangan	D-	17
Luas tulangan geser,	453,73	mm ²
Jarak tulangan yang diperlukan,	100	mm
Kontrol Geser Pond		
Gaya geser pons nominal,	4949	kN
Beban ultimit roda truk pada slab,	280	kN

Sumber: *Perhitungan excel*

3. Pelat Din-ding

Penulangan plat dinding dengan Pca-cole :



Gambar 8. Tulangan Yang digunakan

Sumber: *Hasil analisis software PCA-COLE*

Dari hasil analisis Pca cole penulangan D25-80 masih bisa digunakan.

Tabel 9. Penulangan geser pelat din-ding

Tulangan Geser		
Vu	1.134	kN
tebal	1000	mm
Ditinjau slab selebar,	1000	mm
Kuat geser nominal beton	4731	kN
Faktor reduksi kekuatan geser,	0,75	
$\phi * Vc =$	1234	kN
Digunakan Tulangan	D-13	
Luas tulangan geser,	452,2	mm ²
Jarak tulangan yang	250	mm

diperlukan,

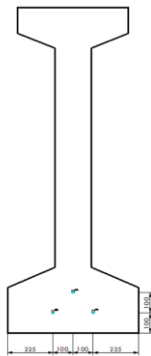
Sumber: *Perhitungan excel*

H. KAPASITAS MOMEN NOMINAL

1. Plat Lantai Kendaraan

- $a = A_s \times f_y / 0,85 \times F'_c \times b = 5152,969 \times 24,9 / 0,85 \times 24,9 \times 1000 = 2009658,0 / 21165,0 = 94,95 \text{ mm}$
- $d = h - 1/2D - s = 600 - 1/2 \times 19 - 50 = 540,5 \text{ mm}$
- $M_n = A_s \times F_y \times (d - a / 2) = 5152,969 \times 390 \times (537,5 - 94,95 / 2) = 990809691,7 \text{ Nmm} \rightarrow M_n \text{ persatu meter atau } 1000 \text{ mm. Maka } M_n \text{ per } 4,6 \text{ m atau } 4600 \text{ adalah :}$
- $M_n = 990809691,7 \text{ Nmm} = 990,810 \text{ kNm} = 990,810 \times 4,6 = 4557,7246 \text{ kNm} \rightarrow M_n \text{ } 4,6 \text{ meter}$

2. Plat Lantai Kendaraan



Gambar 8. PCI Girder

Sumber: *Penggambaran sendiri*

Tabel 10. Menghitung garis netral

No cable	Strand	Luas Tampang	Jarak thd alas,y	Statis Momen
		m ²	m	m ³
1	9	0,09	0,931	0,086
2	11	0,09	1,031	0,096
3	11	0,09	1,031	0,096
Total		0,28		

Sumber: *Perhitungan excel*

- $Fr = 0,62 \sqrt{f'_c} = 0,62 \sqrt{42,2} = 4,028$

- $Fr = P/A \pm P1.e_y1.y / I \pm P1.e_y2.y / I \pm P1.e_y3.y / I \pm My / I$
- $M = -4,028 + 5646,857 + 3905,068 + 4598,557 + 5285,521 + 5285,521 - My / I$
- $M = 20118,940 \times 0,330 = 1,131$
- $M = 5879,573$
- $M = 5879,573 \times 80\% = 4703,658 \text{ kNm.}$

5. PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Dari hasil desain didapatkan tiga buah box culvert dengan dimensi akhir 8 x 25,5 m. box culvert pertama berdimensi 8 x 9 m, box culvert kedua 8 x 7,5 m dan box culvert ke tiga 8 x 9 m.
2. Dari hasil perhitungan pembebanan, didapatkan (QMS) = 12,5 kN/m; berat sendiri konstruksi wing (PMS) = 437,5 kN; berat mati tambahan (MA); 11,91 kN/m; beban lajur (TD) untuk beban terbagi rata 9 kPa dan beban garis 68,6 kN; beban truk (TT) = 140 kN; beban rem (TB) = 4,52 kN; beban angin (QEW) = 1,008 kN/m; pengaruh temperature (ET)= 12,5°C, beban tekanan tanah (TA) untuk QTA1 = 4,0,12 kN/m, QTA2 = 53,495 kN/m. Beban kombinasi yang digunakan adalah kombinasi ekstrim I dengan nilai momen terbesar pada plat lantai = 797,68 kNm, plat dasar = 894,457 kNm dan plat dinding 1025,856 kNm.
3. Dari hasil desain penulangan struktur box culvert, didapatkan :
 - Plat lantai untuk momen tulangan lentur lapangan D25 – 125 dengan tulangan bagi D13 – 150; tulangan tumpuan D25-90 dengan tulangan bagi D13-100; tulangan sengkang D13-600.
 - Plat lantai dasar untuk tulangan lentur lapangan D25 – 50 dengan tulangan bagi D14 – 50; tulangan tumpuan D25-80 dengan tulangan bagi D14-80 dan tulangan sengkang D13-600.

- Kolom dimesi 4600 x 1000 mm menggunakan tulangan D25 dengan selimut beton 700 mm ; tulangan geser arah x menggunakan D13-250 dan arah y = D13-600.
- 4. Dari hasil perhitungan didapat Kapasitas Momen nominal (mn) :
 - Untuk Mn box culvert plat lantai kendaraan = 4557,725 kNm; Plat lantai dasar = 5035,232 kNm; Plat dinding = 14153,85 kNm
 - Untuk balok girder PCI didapat nilai Mn untuk daerah edge 14831,692 kNm dan daerah middle = 9407,316 kNm.
- 5. Dengan menggunakan pondasi tiang pancang persegi dengan ukuran 90 x 90 cm, didapatkan hasil perhitungan stabilitas struktur pondasi box culvert yaitu daya dukung arah vertikal 605,6 ton ; daya dukung izin ultimit 404,1 ton dan daya dukung lateral 885,6 ton.

B. SARAN

1. Desain jembatan box culvert memiliki keuntungan terhadap tahanan local scoring pada dasar pondasi. Sehingga jika sekarang menggunakan jembatan model girder maka, pada bagian dasar perlu dipasang lantai atau ground sill.
2. Kajian ini masih terbatas pada estimasi anggaran biaya, sehingga untuk peningkatan kedepannya perlu dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2016, SNI 1725:2016 Tentang Pembebanan untuk Jembatan, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016, SNI 2833:2016 Tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. Standar Gorong-gorong Persegi Beton Bertulang (Box Culvert) Tipe Single.

Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847- 2013, Jakarta.

Sriandini, “ Analisa Perilaku Tiang Pancang Pada Struktur Perpanjangan Kanal Water Intake PLTGU Grati “. Surabaya, 2016.

Das, Braja M., 2011, Principle Of Foundation Engineering, Edisi 7, Cengage Learning, Stamford USA.

Y. Burhani, Y. Januwisesa, S. Prabandiyani, And M. Muhrozi, "Perencanaan Box Culvert Dan Pintu Air Tambahan Pada Pintu Air Manggarai, Jakarta Selatan," Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 6, No. 1, Pp. 291-302, Mar. 2017.

R. Susanti, And A. Nurdiana, "Perencanaan Jembatan Mlulon Dengan Box Culvert" Jurnal Proyek Teknik Sipil, Vol. 4, No. 1, Pp. 24-32, Apr. 2021.

Rangan. Parea Rusan Dan M. Hernita 2021, “Perbandingan Perencanaan Jembatan To’kanna Nanggala Menggunakan Box Culvert Dan Gelagar Profil Baja” Jurnal Teknik Sipil, Vol.

Arman Setiawan 2020, Perhitungan Beberapa Type Box Culvert Berdasarkan Standar Pembebanan Rsn-T02-2005, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.

Ryan, T.G.S., 2018. “Analisis Stabilitas Sistem Fondasi Tiang Pancang (Studi Kasus Struktur Bangunan Gedung Terminal Penumpang Bandar Udara Sultan Kaharudin (Brangbiji– Sumbawa)”.