Pengaruh Penambahan Zat Aditive Type Retarder Pozzoloth 402 Terhadap Kuat Tekan Mortar Yang Telah Mengalami Pengikatan Awal
(Fauzy Lebang)

Karakteristik Campuran Beton Aspal (HRS-WC Dan HRS-Base) Dengan Menggunakan Batu Kapur Sebagai Agregat Kasar
(Abdul Rahim Nurdin)

Perhitungan Beberapa Type Box Culvert Berdasarkan Standar Pembebanan RSNI-T02-2005
(Arman Setiawan)

Estimasi Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Sebagai Fungsi Kecepatan Pada Ruas Jalan Sultan Alauddin
(Savitri Prasandi)

Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-BC Dengan Menggunakan Abu Batu Bara Sebagai Filler
(Tamrin Mallawangeng)

Kekuatan Tekan Beton Styrofoam Yang Menggunakan Semen Komposit
(Eka Yuniarto)

Yayasan Andi Sose
Universitas "45" Makassar

PERHITUNGAN BEBERAPA TYPE BOX CULVERT BERDASARKAN STANDAR PEMBEBANAN RSNI-T02-2005

Oleh : Arman Setiawan¹⁾

ABSTRACT

Road construction is always required the construction of crossing that serves to drain the water from one side of the street to the other side and also as a liaison point. This construction of culverts comprising several types of culverts in the form of a single type of box culvert, box culvert type double. Constructions are all arranged in a square culvert standards (box culvert) SKBI-1.3.28.1987 using bridge loading standards in accordance with cargo regulations for highway bridge No. 12/1970. In 2005, the Directorate General of Highways publishing concept RSNI loading bridge-T.02-2005 which was a refinement of previous bridge loading regulations Planning Type Single Box culvert, culvert Box Type Double and Triple Box Type Culvert gave the following results at the pedestal top plate obtained by $A_s = 2010.6193 \text{ mm}^2$, $A_s = 3015.9289$ 3015.9289 mm^2 . In the field obtained by $A_s = 3015.9289 \text{ mm}^2$, $A_s = 2544.69 \text{ mm}^2$ and $A_s = 2010.6193 \text{ mm}^2$. On the edge of the wall obtained by $A_s = 16\,000 \text{ mm}^2$,

Keyword: Bridge, Box Culvert, Bridge Loading RSI T.02-2005

1. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi jalan selalu dibutuhkan adanya konstruksi bangunan pelintas yang berfungsi untuk mengalirkan air dari satu sisi jalan ke sisi lainnya dan juga sebagai jalur penghubung. Konstruksi ini berupa gorong-gorong yang terdiri beberapa jenis bentuk gorong-gorong yaitu berupa *box culvert type single*, *box culvert type double*. Umumnya gorong-gorong persegi (*box culvert*) dapat digunakan dalam kondisi seperti pada sungai-sungai dengan lebar aliran yang relatif kecil. Se-lain itu, digunakan untuk pengaliran buangan air dari sistim draenase jalan dan juga sebagai pengaliran air di daerah *flat area* seperti rawa-rawa, persawahan dan lain-lain.

¹⁾ Dosen Teknik Sipil Universitas 45 Makassar

Perencanaan gorong-gorong persegi (*box culvert*) selama ini menggunakan standar gorong-gorong persegi (*box culvert*) SKBI-1.3.28.1987 yang langsung menyajikan gambar-gambar struktur untuk pelaksanaan struktur. *Type Box culvert* yang telah mempunyai standar sesuai dengan SKBI-1.3.28.1987 adalah *type single* direncanakan dengan dimensi mulai dari (1x1) m sampai dengan (3x3) m. Sedangkan untuk *Box culvert type double* direncanakan dengan dimensi mulai dari (1,5x1) m sampai dengan (3x3) m. Kemudian panjang dari konstruksi ini merupakan lebar jalan ditambah dengan dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap.

Konstruksi-konstruksi ini semua sudah diatur dalam standar gorong-gorong persegi (*box culvert*) SKBI-1.3.28.1987 dengan menggunakan standar pembebanan jembatan yang sesuai dengan peraturan muatan untuk jembatan jalan raya No. 12/1970. Pada tahun 2005, Direktorat Jenderal Bina Marga menerbitkan konsep pembebanan jembatan RSNI-T.02-2005 yang merupakan penyempurnaan dari peraturan pembebanan jembatan terdahulu, sehingga struktur jembatan yang diatur dari pembebanan khususnya *box culvert* perlu ditinjau kembali dengan menggunakan peraturan pembebanan yang tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstuksi Box Culvert

Konstruksi gorong-gorong persegi (*box culvert*) merupakan struktur beton bertulang yang mempunyai salah satu fungsi saluran drainase pada jalan. Panjang *box culvert type single* dan *type double* sama yaitu lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap sedangkan dimensinya beda. Untuk konstruksi *box culvert type single* direncanakan sesuai dengan dimensi seperti terlihat pada gambar 1 dan tabel 1 berikut :

Type Single		
l	T	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

Dimensi konstruksi *box culvert type double* dapat diuraikan pada gambar 2. dan tabel 2 berikut :

Tabel 2 Dimensi Konstruksi Gorong-Gorong Persegi

t	t	h
150	100	20
200	100	24
200	150	24
200	200	24
200	250	25
200	300	26
250	150	26
250	200	26
250	250	26
250	300	28
300	150	30
300	200	30
300	250	30
300	300	30

Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang, direncanakan dapat menam-pung berbagai variasi lebar perkerasan ja-lan, sehingga pada prinsipnya panjang go-rong-gorong persegi (*box culvert*) adalah bebas tetapi, tetapi pada perhitungan volu-me dan berat besi tulangan diambil ter-batas dengan lebar perkerasan jalan yang umumnya yaitu 3 : 5; 4 : 5; 6 dan 7 meter.

2.2. Perhitungan Pembebanan Pada Konstruksi *Box Culvert*

Pada *box culvert* yang biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung dari tinggi tanah penutup di atas go-rong-gorong lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter. Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter maka dalam keadaan ini perhitungan dibuat dalam dua kombinasi seperti terlihat pada gambar (a) dan (b). Selanjutnya bila momen lentur dan gaya geser pada tiap – tiap titik telah didapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Gambar 3 Kombinasi Beban (Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50)

Apabila tebal tanah penutup lebih besar dari pada 3,50 meter, maka hal ini tidak ada masalah jika gaya-gaya penampang didapat dari kombinasi pembebanan dalam gambar 4 berikut :

Gambar 4 Kombinasi Beban (Bila tebal tanah penutup lebih dari 3,50)

Pada konstruksi gorong-gorong persegi (*box culvert*) ini, terdapat beberapa faktor-faktor pembebanan yang diuraikan sebagai berikut :

1. Berat sendiri

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya.

Tabel 3. Faktor beban untuk berat sendiri

Jangka Waktu	Faktor Beban			
	$K S;;MS;$		$K U;;MS;$	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, Aluminium	1,0	1,1	0,90
	Beton Pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton Cor di Tempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,70

Sumber : RSNi T-02-2005

2. Beban mati tambahan / utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 4 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban			
	$K S;;MA;$		$K U;;MA;$	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
CATATAN (1) Faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

Sumber : RSNi T-02-2005

3. Pengaruh Penyusutan dan Rangkak

Tabel 5 Faktor beban akibat penyusutan dan rangkak

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K_{S,;SR,}$	$K_{U,;SR,}$
Tetap	1,0	1,0
CATATAN (1) Walaupun rangkak dan penyusutan bertambah lambat menurut waktu akan tetapi pada akhirnya akan mencapai harga yang konstan		

Sumber : RSNi T-02-2005

4. Tekanan tanah

Tabel 6 Faktor beban akibat tekanan tanah

Jangka Waktu	Deskripsi	FaktorBeban		
		K_{TA}^S	K_{TA}^U	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,0	1,25 (1)	0,80
	Tekanan Tanah Lateral :			
	- Aktif	1,0	1,25	0,80
	- Pasif	1,0	1,40	0,70
	- Keadaan Diam	1,0	Lihat penjelas	Lihat penjelas

Sumber : RSNi T-02-2005

5. Beban lajur "D"

Tabel 8 Faktor beban akibat beban lajur "D"

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K_{S,;TD,}$	$K_{U,;TD,}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNi T-02-2005

6. Pembebanan truk "T"

Tabel 9 Faktor beban akibat pembebanan truk "T"

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K_{S,;TT,}$	$K_{U,;TT,}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNi T-02-2005

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan berat as seperti terlihat dalam Gambar 5. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak

antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan

Gambar 5 Pembebanan truk "T" (500 kN)

2.3. Analisis Struktur Dengan Menggunakan Metode Matriks

Analisa struktur dengan metode matriks memberikan kemungkinan-kemungkinan bagi proses idealisasi. Seperti, suatu hal utama yang berhubungan dengan proses dari perencanaan struktur dengan menganalisa akibat dari pembebanan gaya-gaya pada konstruksi yang ditinjau. Konstruksi ini berhubungan erat dengan perubahan stress dan strain yang terjadi. *Resultante stress* ini, bisa dalam bentuk gaya dalam yaitu momen lentur, gaya lintang, gaya normal, momen torsi sedangkan strain bisa menyatakan deformasi yang terjadi pada konstruksi.

Analisis struktur dengan metode matriks kekakuan sangat dipengaruhi oleh derajat ketidak-tentuan kinematis (derajat kebebasan). Derajat kebebasan merupakan komponen beban dari lendutan dititik pertemuan yang menentukan ordo matriks kebebasan [K].

Analisis struktur dengan metode kebebasan dimulai dari lendutan, dan urutan kerjanya sebagai berikut :

1. Kompabilitas, yaitu mencari hubungan antara deformasi [d] dengan lendutan [D], atau secara tegasnya mencari deformasi apa yang terjadi pada elemen – elemen dititik – titik diskrit akibat diberikannya lendutan

pada struktur dititik – titik tersebut, diperoleh suatu matriks kompatibilitas $[A] \rightarrow [d] = [D] \cdot [A]$ (1)

2. Hubungan tegangan dan regangan akibat deformasi, yaitu mencari hubungan mengenai gaya – gaya dalam yang timbul sebagai akibat adanya deformasi pada elemen – elemen struktur tersebut diperoleh matriks sifat bahan

$$[S] \rightarrow [SR] = [S] \cdot [d] \quad \text{..... (2)}$$

3. Kesetimbangan gaya luar $[P]$ dan gaya dalam $[SR]$, merupakan langkah terakhir yang menyatakan hubungan gaya luar dititik diskrit dengan gaya – gaya dalam, atau mencari seberapa besar gaya luar diujung elemen yang tepat diimbangi oleh gaya – gaya dalam elemen dititik – titik diskrit, dari hubungan ini diperoleh matriks statis $[B]$.

$$[P] = [B] \cdot [SR] \quad \text{..... (3)}$$

Penggabungan tiga langkah tersebut akan didapatkan hubungan gaya dan lendutan yang dinyatakan dalam rumus berikut :

$$[P] = [K] \cdot [D] \quad \text{..... (4)}$$

$$\begin{aligned} [P] &= [B] \cdot [SR] \\ &= [AT] \cdot [S] \cdot [d] \\ &= [AT] \cdot [S] \cdot [D] \cdot [A] \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } K = [AT] \cdot [S] \cdot [A] \quad \text{..... (5)}$$

$$\begin{aligned} [P] &= [K] \cdot [D] \\ [D] &= [K]^{-1} \cdot [P] \\ [SR] &= [S] \cdot [d] \\ [SR] &= [S] \cdot [A] \cdot [D] \end{aligned}$$

Sehingga untuk momen akhir diperoleh dengan persamaan :

$$M = M^F - SR$$

2.4. Struktur Beton Bertulang

2.4.1. Prinsip Dasar

Plat juga dipakai untuk atap, dinding dan lantai tangga, jembatan, atau pelabuhan. Petak pelat dibatasi oleh balok anak pada dua sisi panjang

dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Apabila plat didukung oleh oleh panjang keempat sisinya seperti tersebut diatas maka dinamakan sebagai pelat dua arah, dimana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus lebih besar dari, dan plat dapat dianggap hanya bekerja sebagai plat satu arah dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Sehingga pelat satu arah dapat didefinisikan sebagai pelat yang didukung pada dua tepi berhadapan sedemikian sehingga lenturan timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi.

SK SNI T-15-1991-03 juga mengenal jenis pelat lain, yaitu pelat yang diberi penulangan baja pada dua arah atau lebih yang tidak menggunakan balok-balok untuk media pelimpahan beban tetapi menumpu langsung pada kolom sebagai konsumen struktur penopang. Dalam hal ini, plat dianggap didukung oleh sistem grid, terdiri dari balok – balok yang tingginya sama dengan plat dan menyatu menjadi satu kesatuan dengan plat itu sendiri.

Plat lantai dan atap struktural yang hanya menggunakan tulangan pokok lentur satu arah, selain penulangan pokok harus dipasang juga tulangan susut dan suhu dengan arah tegak lurus terhadap tulangan pokoknya. Peraturan lebih jauh menetapkan bahwa apabila digunakan tulangan baja deformasi (BJTD) mutu 30 untuk tulangan susut berlaku syarat minimum $A_s = 0,0020 bh$, sedangkan untuk mutu 40 berlaku syarat minimum $A_s = 0,0018 bh$, dimana b dan h adalah lebar satuan dan tebal plat. Selain itu, juga berlaku ketentuan bahwa plat struktural dengan tebal tetap, jumlah luas tulangan baja searah dengan bentangan (tulangan pokok) tidak boleh kurang dari tulangan susut dan suhu yang diperlukan

2.4.2. Prosedur Perhitungan Plat Terlentur 1 Arah

Secara teoretik dapat dikatakan bahwa balok lebar tetapi pendek kemungkinan mempunyai M_R yang sama dengan balok sempit tetapi tinggi. Perlu diketahui juga bahwa keputusan untuk menentukan nilai-nilai

tersebut akan sangat dipengaruhi oleh batas keten-tuan-ketentuan peraturan disamping juga pertimbangan teknis pelaksanaannya. Dengan demikian, untuk menentukan bentuk dan dimensi penampang balok terbaik bukanlah hal yang mudah karena perhitungan biaya rupanya tidak hanya ditentukan oleh rendahnya volume beton maupun jumlah tulangan baja yang harus dipasang di dalam balok, tetapi masih ada faktor lain yang harus dipertimbangkan misalnya saja teknis pelaksanaannya. Ungkapan kekuatan balok beton bertulang penampang persegi bertulangan tarik saja telah dikenal, yaitu :

$$M_R = \phi N_D Z = \phi N_T Z \text{ dan } M_R = \phi (0,85 \cdot f_c') b a (d - \frac{1}{2}a)$$

Dimana,
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85 f_c') b}$$

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut dapat dilakukan usaha penyederhanaan dengan cara mengembangkan besaran tertentu sedemikian sehingga dapat disusun dalam bentuk datar.

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} \text{ atau } A_s = p \cdot b \cdot d$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c') b} = \frac{p \cdot b \cdot d \cdot f_y}{(0,85 f_c') b} = \frac{p \cdot d \cdot f_y}{(0,85 f_c')}$$

Kemudian ditetapkan nilai $\omega = \frac{\rho f_y}{f_c'}$

Maka,
$$a = \omega \cdot \frac{d}{0,85}$$

Masukkan dalam ungkapan M_R :

$$M_R = \phi (0,85 f_c') (b) \left(\omega \frac{d}{0,85} \right) \left(d - \omega \frac{d}{2(0,85)} \right)$$

$$M_R = \phi b d^2 f_c' \omega (1 - 0,59 \omega)$$

Dari persamaan tersebut didapat bilangan k, sebagai berikut :

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59 \omega)$$

Bilangan k disebut sebagai koefisien tahanan yang nilainya tergantung pada ρ , f_c' , dan f_y . Nilai k dalam satuan MPa untuk setiap nilai ρ dan

berbagai pasangan f_c' , dan f_y . Nilai p yang digunakan dalam table adalah nilai maksimum atau $0,75 p.b$. Dengan demikian ungkapan secara umum untuk M_R menjadi :

$$M_R = \phi b d^2 k$$

3. HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Idealisasi Pembebanan

Pembebanan untuk setiap *type box culvert* dapat dilihat pada lampiran dan idealisasi pembebanan dapat dilihat sebagai berikut :

a. Untuk *Box Culvert Type Single*

Gambar 6 Pembebanan untuk *Box Culvert Type Single*

b. Untuk *Box Culvert Type Double*

- Kombinasi Beban I *Box Culvert Type Double* yaitu Beban Garis Pada Tengah Salah Satu Bentang

Gambar 9 Kombinasi Beban I *Box Culvert Type Double*

- Kombinasi Beban II *Box Culvert Type Double* yaitu Beban Garis Pada Dinding Tengah

Gambar 10 Kombinasi Beban II *Box Culvert Type Double*

c. Untuk *Box Culvert Type Triple*

- Kombinasi I *Box Culvert Type Triple* yaitu Beban Garis Pada Tengah Bentang Tengah

Gambar 11 Kombinasi Beban I *Box Culvert Type Triple*

- Kombinasi II *Box Culvert Type Triple* yaitu Beban Garis Pada Tengah Salah Satu Bentang Tepi

Gambar 12 Kombinasi Beban II *Box Culvert Type Triple*

- Kombinasi III *Box Culvert Type Triple* yaitu Beban Garis Pada Salah Satu Dinding Tengah

Gambar 11 Kombinasi Beban III *Box Culvert Type Triple*

4. Perhitungan Gaya-gaya dalam

a. Untuk *Box Culvert Type Single*

Tabel 10 Nilai Momen Pada Bagian Struktur

Bagian Struktur	Gaya Dalam	Satuan	Maksimum
Pelat Bawah	M TUMP	KN m	84.7990
	M LAP	KN m	95.2693
	D	KN	166.7298
	N	KN	0.0000
Pelat Atas	M TUMP	KN m	96.7899
	M LAP	KN m	152.6759
	D	KN	167.1552
	N	KN	0.0000
Dinding Tepi	M TUMP	KN m	87.7541
	M LAP	KN m	8.4174
	D	KN	87.6870
	N	KN	194.9720

(Sumber : Hasil Analisa Perhitungan)

b. Untuk *Box Culvert Type Double*

Tabel 11 Nilai Momen Pada Bagian Struktur

Bagian Struktur	Gaya Dalam	Satuan	Kombinasi Beban		Maksimum
			I	II	
Pelat Bawah	M TUMP	KN m	117,53703	111,3509	117,5370
	M LAP	KN m	61,97750	56,2922	61,9775
	D	KN	147,51549	145,8101	147,5155
	N	KN	88,50443	93,1349	93,1349
Pelat Atas	M TUMP	KN m	141,75910	85,3071	141,7591
	M LAP	KN m	128,69927	43,2540	128,6993
	D	KN	176,87401	110,9029	176,8740
	N	KN	53,24557	48,6151	53,2456
Dinding Tepi	M TUMP	KN m	90,73813	73,1448	90,7381
	M LAP	KN m	17,18968	13,9289	17,1897
	D	KN	94,81875	93,1349	94,8187
	N	KN	185,25319	127,7443	185,2532
Diniding Tengah	M TUMP	KN m	28,44357	0,0000	28,4436
	D	KN	8,41909	0,0000	8,4191
	N	KN	327,89375	377,2858	377,2858

(Sumber : Hasil Analisa Perhitungan)

c. Untuk *Box Culvert Type Triple*

Tabel 12 Nilai Momen Pada Bagian Struktur

BAGIAN STRUKTUR	GAYA DALAM	SAT	KOMBINASI BEBAN			MAK
			I	II	III	
PELAT BAWAH	M TUMP	KN m	105,31521	103,5287	100,2282	105,3152
	M LAP	KN m	115,45894	59,5332	54,2206	115,4589
	D	KN	138,02154	138,5086	136,8415	138,5086
	N	KN	94,98470	61,6794	93,5453	94,9847
PELAT ATAS	M TUMP	KN m	131,76343	139,1715	81,4981	139,1715
	M LAP	KN m	51,80890	127,9174	44,7785	127,9174
	D	KN	167,16960	176,3671	111,0275	176,3671
	N	KN	57,43052	93,2774	49,9893	93,2774
DINDING TEPI	M TUMP	KN m	74,72597	66,0085	74,7368	74,7368
	M LAP	KN m	15,43980	11,6537	12,3381	15,4398
	D	KN	94,98471	93,2774	93,4791	94,9847
	N	KN	124,93663	189,9721	131,8317	189,9721
DINIDING TENGAH	M TUMP	KN m	27,03915	104,2829	3,4047	104,2829
	D	KN	8,94679	9,1300	0,0663	9,1300
	N	KN	317,09217	321,9302	371,9371	371,9371

(Sumber : Hasil Analisa Perhitungan)

5. Perhitungan Tulangan

Tabel 13 Momen Maksimum dan Tulangan Pada Bagian Struktur

Bagian Struktur	Momen (KN m)	As	Tulangan
	Box Culvert Type Single 1 x 4m ; 4m		
Pelat Bawah	84.7990	1507,964 mm	D16 – 400 mm & D16 – 200 mm
	95.2693	2544,69 mm	D16 – 200 mm & D14 – 100 mm
Pelat Atas	96.7899	2010,61 mm	D16 – 200 mm & D16 – 200 mm
	152.6759	1668,97 mm	D16 – 200 mm & D16 – 100 mm
Dinding Tepi	87.7541	16000 mm	D16 – 200 mm
	8.4174		
	Box Culvert Type Double 2 x 4m ; 4m		
Pelat Bawah	117.5370	3015,92 mm	D16 – 200 mm & D16 – 200 mm
	61.9775	2010,61 mm	D16 – 400 mm & D14 – 200 mm
Pelat Atas	141.7591	2010,61 mm	D16 – 200 mm & D16 – 100 mm
	128.6993	1668,97 mm	D16 – 200 mm & D14 – 100 mm
Dinding Tepi	90.7381	16000 mm	D16 - 200 mm
	17.1897		
Dinding Tengah	28.4436	16000 mm	D16 – 200 mm
	Box Culvert Type Tryple 3 x 4m ; 4m		
Pelat Atas	105.3152	2010,61 mm	D16 – 200 mm & D16 – 100 mm
	115.4589	1668,97 mm	D16 – 200 mm & D16 – 100 mm
Pelat Bawah	139.1715	3015,92 mm	D16 – 200 mm & D16 – 200 mm
	127.9174	2010,61 mm	D16 – 200 mm & D16 – 200 mm
Dinding Tepi	74.7368	16000 mm	D16 - 200 mm
	15.4398		
Dinding Tengah	104.2829	16000 mm	D16 - 200 mm

(Sumber : Hasil Perhitungan)

6. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan *Box Culvert Type Single* pada bagian tumpuan pelat atas diperoleh luas tulangan efektif sebesar 2010,6193 mm², sehingga digunakan tulangan D16-200 mm & D16-200 mm. Pada bagian lapangan diperoleh As = 3015,9289 mm² sehingga digunakan tulangan D16-200 mm & D16-100 mm. Pada tumpuan bagian pelat

bawah diperoleh luas tulangan efektif sebesar $1507,9645 \text{ mm}^2$ dengan menggunakan tulangan D16-400 mm & D16-200 mm pada bagian lapangan diperoleh $A_s = 2544,69 \text{ mm}^2$ sehingga pada bagian struktur ini digunakan tulangan D16-200 mm & D14-100 mm. Sedangkan luas tulangan efektif pada dinding tepi diperoleh sebesar 16000 mm^2 sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm.

2. Perencanaan *Box Culvert Type Double* pada bagian tumpuan pelat atas diperoleh luas tulangan efektif sebesar $3015,9289 \text{ mm}^2$ sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm & D16-100 mm. Pada bagian lapangan diperoleh $A_s = 2544,69 \text{ mm}^2$ dengan menggunakan tulangan D16-200 mm & D14-100 mm. Pada tumpuan bagian pelat bawah diperoleh luas tulangan efektif sebesar $2010,6193 \text{ mm}^2$ sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm & D16-200 mm. Pada bagian lapangan diperoleh $A_s = 1272,345 \text{ mm}^2$ sehingga pada bagian struktur ini digunakan tulangan D16-400 mm & D14-200 mm. Sedangkan luas tulangan efektif pada dinding tepi diperoleh sebesar 16000 mm^2 sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm.
3. Perencanaan *Box Culvert Type Triple* pada bagian tumpuan dan lapangan pelat atas diperoleh luas tulangan efektif sebesar $3015,9289 \text{ mm}^2$ sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm & D16-100 mm. Pada tumpuan dan lapangan bagian pelat bawah diperoleh luas tulangan efektif sebesar $2010,6193 \text{ mm}^2$ sehingga pada bagian struktur ini digunakan tulangan D16-200 mm & D16-200 mm. Sedangkan luas tulangan efektif pada dinding tepi diperoleh sebesar 16000 mm^2 sehingga menggunakan tulangan D16-200 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. ACI, ***Building Code Requirement2s for Structural Concrete (ACI 318M-99) and Comentary (ACI 318RM-99)***, American Concrete Institute, 1991.
2. Badan Standarisasi Nasional, ***RSNI 3 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung***, 2002.

3. Chu-Khia Wang, Salmon G.Charles, ***Disain Beton Bertulang, Edisi ke-4 Jilid 1***, Erlangga, Jakarta. 1990.
4. Dipohusodo, Istimawan, ***Struktur Beton Bertulang***, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1994.
5. Direktorat Bina Program Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, ***Standar Gorong – Gorong Persegi Beton Bertulang (Box Culvert) Tipe Single dan Type Double***, 1987
6. Direktorat Bina Program Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, ***RSNI T-02-2005 Standar Nasional Indonesia, Standar Pembebanan Untuk Jembatan***, 2005.
7. Direktorat Bina Program Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, ***RSNI T-12-2004 Standar Nasional Indonesia, Standar Perencanaan Struktur Beton Jembatan***, 2004.
8. Ismoyo, ***Pengantar Analisa Struktur Dengan Cara Matriks***, Erlangga, Jakarta. 1985
9. Renanigsi, ***Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Persegi Berlubang Menggunakan PCOL*** Jurnal Dinamika Teknik Sipil Volume 6 No. 2 Juli,2006.
10. Supartono, F.X, dan Boen, Teddy, ***Analisa Struktur Dengan Metode Matriks***, Universitas Indonesia, Jakarta. 1984.
11. Vis, W. C., & Kusuma, G. H., ***Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang***, Erlangga, Jakarta. 1997.
12. Wang, C. K., & Salmon, C. G., ***Disain Beton Bertulang***, Erlangga, Jakarta. 1990.