

PERENCANAAN BOX CULVERT DAN PINTU AIR TAMBAHAN PADA PINTU AIR MANGGARAI, JAKARTA SELATAN

Yasser Burhani, Yeckastor o Januwisesa, Sri Prabandiyani ^{*)}, Muhrozi ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239 Telp.: (024) 7474770 Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Banjir merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh masyarakat Jakarta. Lahan-lahan yang telah banyak berubah fungsi menyebabkan penyerapan air berkurang. Banjir yang sering terjadi di Pintu Air Manggarai, dikarenakan kondisi saluran tersebut sudah tidak memungkinkan menampung air hujan dengan intensitas tinggi. Dengan kondisi tersebut, pemerintah kota Jakarta mengatasi masalah banjir yang terjadi di Jakarta dengan merealisasikan program normalisasi Sungai Ciliwung berupa penambahan pintu air Manggarai. Perencanaan Pintu Air Tambahan pada pintu air Manggarai menggunakan data curah hujan 10 tahun terakhir, data tanah, dan peta topografi Kota Jakarta. Perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun (Q_{25}) sebesar $495 \text{ m}^3/\text{det}$. Berdasarkan perhitungan debit baru untuk saluran tambahan dikurangi dengan debit banjir saluran lama didapatkan hasil $195 \text{ m}^3/\text{det}$. Saluran Tambahan pada pintu air Manggarai menggunakan saluran tipe box culvert. Perhitungan struktur box culvert ini menggunakan software SAP 2000 untuk menentukan ukuran tulangan yang digunakan. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi box culvert tinggi 10 m, lebar 8,6 m dan tinggi jagaan 1 m. Pintu air dengan tinggi pintu 7 m dan lebar pintu 7 m. Pembangunan konstruksi Pintu Air Tambahan Manggarai memerlukan waktu 46 minggu dengan total anggaran sebesar Rp 28.182.870.000 (dua puluh delapan milyar seratus delapan puluh dua juta delapan ratus tujuh puluh ribu rupiah).

Kata Kunci: Pintu Air, Debit Banjir, Box Culvert.

ABSTRACT

Flooding is a common problem faced by the people of Jakarta. Lands that had changed function causes reduced water absorption. Frequent flooding in Manggarai floodgate channels, due to the condition of the canal is not allowing rain water with high intensity. With these conditions, the Jakarta city government to overcome the problem of flooding that occurred in Jakarta with the realization of the Ciliwung River normalization program in the form of Manggarai floodgate. Planning additional floodgate at Manggarai floodgate rainfall data of the past 10 years, soil data, and topographic maps of Jakarta City. Calculation of flood discharge plan with a return period of 25 years (Q_{25}) was $495 \text{ m}^3/\text{sec}$. Based on the calculation of the new discharge for additional channel is reduced by a long channel flood discharge was $195 \text{ m}^3/\text{sec}$. Additional canal at Manggarai floodgate using a channel-type box culvert. Box culvert structure calculations using SAP software in 2000 to determine the size of reinforcement used. From the results of the calculation, the dimensions of box culvert with a height of 10 m, 8,6 m wide and 1 m free board. Floodgate

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

with door 7 m high and 6 m wide doors. Construction of Additional Manggarai Floodgate takes 46 weeks with a total budget of Rp 28,182,870,000 (twenty eight billion, one hundred eighty-two million, eight hundred and seventy thousand rupiah).

Keywords: Floodgate, Flood Discharge, Box Culvert.

PENDAHULUAN

Jakarta merupakan daerah yang rawan banjir. Ketika musim hujan, terdapat banyak rumah-rumah di Jakarta yang tergenang air. Apabila tidak ditanggulangi maka bencana banjir akan semakin parah. Hal ini seiring dengan semakin berkembangnya daerah perkotaan yang ada di sekitar DAS Ciliwung, baik di hulu, tengah dan hilir. Penambahan pintu air baru Manggarai diharapkan dapat membuat jumlah debit air yang dapat ditampung di Pintu Air Manggarai semakin banyak. Nantinya, jumlah pintu air akan bertambah dari dua menjadi tiga buah. Sebelumnya, pintu air ini hanya menampung 330 meter kubik per detik, dan setelah proyek ini selesai direncanakan dapat menampung 507 meter kubik per detik. Adapun tujuan perencanaan ini adalah untuk mendukung rencana tersebut diatas, maka perlu dibuat suatu perencanaan yang baik, dengan didukung oleh berbagai penyelidikan dan kegiatan studi yang pada akhirnya dapat disiapkan detail desain penambahan pintu air yang sesuai.

Direncanakan Saluran *Box Culvert* Dan Pintu Air Manggarai, Jakarta Selatan, dimana pembahasannya meliputi perhitungan debit banjir rencana, perhitungan struktur saluran *box culvert*, dimensi pintu air, dan stabilitas struktur bangunan bawah pintu air yang dihitung dengan menggunakan standar perencanaan perhitungan struktur beton SNI 03-2847-2013 untuk perhitungan struktur *box culvert* dan bangunan bawah pintu air.

KRITERIA DESAIN

Untuk perencanaan pintu air Manggarai diperlukan sejumlah data yang didapat secara langsung yaitu dengan melakukan survey atau peninjauan langsung ke lapangan maupun data yang didapatkan dari instansi terkait, serta data penunjang lainnya, dengan tujuan agar dapat menarik kesimpulan dalam menentukan standar perencanaan struktur bangunan tersebut. Kemudian melakukan pengumpulan data seperti data hasil uji SPT, *Bore Log*, *Direct Shear Test*, *Consolidation*, *Atterberg Limits*, dan data curah hujan. Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur dengan data tanah dan data curah hujan tersebut.

DEBIT BANJIR

Perhitungan debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan empiris, yang memperhitungkan parameter-parameter alam yang terkait. Untuk menentukan debit banjir rancangan dilakukan analisa debit puncak banjir dengan beberapa metoda yang berbeda (Kamiana,2011):

Metode Haspers, untuk menghitung debit banjir rencana (*design flood*) menggunakan Persamaan 1.

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A \dots\dots\dots (1)$$

Metode Rasional Monocobe (tahun), untuk menghitung debit banjir rencana (*design flood*) menggunakan Persamaan 2.

$$Q = \alpha \times R \times \frac{f}{3,6} \dots\dots\dots (2)$$

Metode HSS Nakayasu, untuk perhitungan debit banjir menggunakan Persamaan 3.

$$Q_p = \frac{A R_0}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (3)$$

dimana Q adalah debit banjir rencana dengan periode tertentu, karena nilai debit rencana akan menentukan dimensi suatu bangunan air. Perhitungan debit rencana menggunakan Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 3 dimana α adalah koefisien limpasan air hujan, β koefisien reduksi q merupakan hujan maksimum, A adalah luas daerah pengaliran, R adalah curah hujan harian maksimum. Q_p adalah debit puncak banjir, R_0 adalah hujan satuan, T_p merupakan tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir, dan $T_{0,3}$ adalah waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30 % dari debit puncak.

DIMENSI SALURAN

Untuk tipe saluran yang melintas dibawah jalan raya atau jalan rel menggunakan tipe saluran *box culvert*. Menurut Chow (1997) untuk menghitung tinggi muka air dan lebar saluran menggunakan Persamaan 4.

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (4)$$

Untuk perhitungan nilai V dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i_s^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

dimana A merupakan luas penampang basah saluran. V merupakan kecepatan pengaliran yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 5 dimana R merupakan jari-jari hidrolis, sedangkan i_s merupakan kemiringan saluran, dan n adalah koefisien kekasaran Manning.

PENULANGAN STRUKTUR BETON

Sebelum melakukan perhitungan tulangan terlebih dahulu menentukan besar pembebanan yang bekerja pada struktur didasarkan pada asumsi tanah sedang yang umumnya disebut *highly compressible*, dengan mengambil hasil pembebanan maksimum dari kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban sendiri, tekanan tanah aktif, beban hidup, beban gempa, dan reaksi tanah dasar. Peraturan pembebanan menggunakan RSNI T-02-2005.

Hasil dari pembebanan tersebut di *input* dalam *software* SAP 2000 untuk menentukan besarnya gaya-gaya dalam yang terjadi di struktur *box culvert*. Gaya dalam tersebut digunakan untuk menghitung tulangan, adapun prosedur dari perhitungan tulangan anantara lain sebagai berikut :

1. Menentukan tebal pelat (h)
2. Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat.
3. Mencari tinggi efektif (d).
4. Menentukan momen nominal (Mn).
5. Perencanaan penampang persegi terhadap lentur dengan penulangan tarik dan tekan.
Asumsi dalam perencanaan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 mengenai Tata

Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

6. Menghitung luas tulangan pokok (A_s) dan tulangan bagi dengan menggunakan Persamaan 6 dan Persamaan 7.

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (6)$$

$$A_{sb} = 0,0018 \times b \times h \dots\dots\dots (7)$$

7. Memilih tulangan yang akan dipasang.

dimana ρ merupakan rasio penulangan, b adalah lebar pelat per meter panjang, h merupakan tebal pelat, dan D adalah diameter tulangan yang digunakan.

PINTU AIR

Pintu air yang digunakan adalah pintu air geser roda yang berbentuk empat persegi panjang dan dibantu dengan beberapa roda agar mudah, baik untuk membuka maupun menutupnya. Balok vertikal dan balok horisontal direncanakan dengan dimensi yang sama sehingga untuk perhitungan dimensinya didasarkan beban yang terbesar (antara balok vertikal dan balok horisontal) dengan persambungan balok dengan menggunakan baut. Perhitungan jarak antar profil balok menggunakan metode grafis dengan pembagian diagram tekanan dalam area ekuivalen (Erbisti, 2014).

STABILITAS KONSTRUKSI

Perhitungan stabilitas konstruksi meliputi stabilitas guling, stabilitas geser, stabilitas eksentrisitas, dan stabilitas daya dukung tanah.

STABILITAS GULING

Dalam Hardiyatmo (2011) tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah disekitar konstruksi bangunan, cenderung menggulingkan dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh berat sendiri konstruksi pondasi dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi dengan menggunakan Persamaan 8.

$$F_{gl} = \frac{M_w}{M_{gl}} \dots\dots\dots (8)$$

dimana F_{gl} merupakan faktor aman terhadap penggulingan konstruksi bangunan. perhitungan stabilitas guling menggunakan Persamaan 8 dimana M_w merupakan momen yang melawan arah penggulingan dan M_{gl} merupakan momen yang mengakibatkan penggulingan.

STABILITAS GESER

Faktor aman terhadap penggulingan F_{gs} didefinisikan dalam Persamaan 9.

$$F_{gs} = \frac{R_h}{P_h} \dots\dots\dots (9)$$

dimana R_h merupakan Tahanan dinding penahan tanah terhadap pergeseran dan P_h merupakan total gaya-gaya horisontal.

Stabilitas Eksentrisitas

Stabilitas terhadap eksentrisitas konstruksi juga dibutuhkan dalam perhitungan yang didefinisikan dalam Persamaan 10.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mw - \sum Mgl}{\sum W} < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (10)$$

dimana B adalah lebar dasar bangunan dan W adalah total berat konstruksi.

STABILITAS DAYA DUKUNG

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal. Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah dapat menggunakan Persamaan 11 menurut Terzaghi (1943) (dalam Hardiyatmo, 2011).

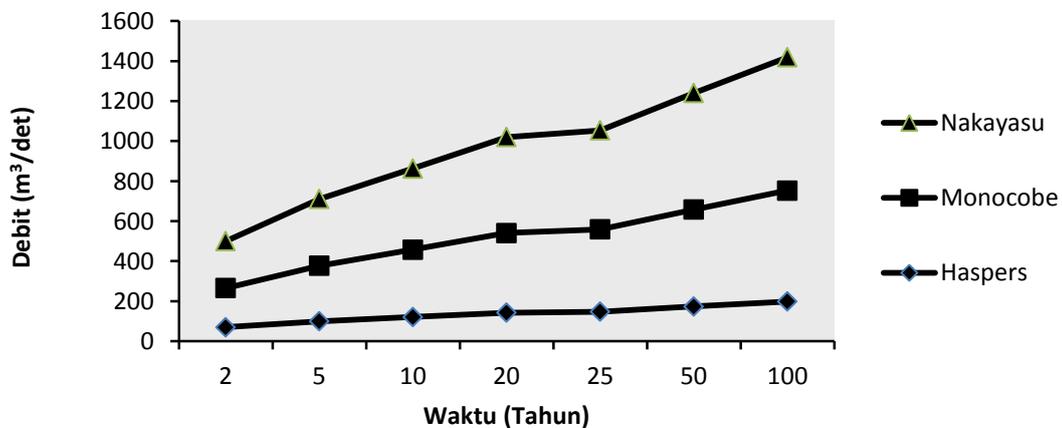
$$qult = cNc + \gamma D_f Nq + 0,5 B \gamma N\gamma (1 - 0,2 B/L) \dots\dots\dots (11)$$

dimana qult merupakan daya dukung tanah yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 11, dimana c merupakan nilai kohesi tanah, γ = berat isi tanah, dan D_f merupakan kedalaman tanah yang ditinjau.

ANALISIS DIMENSI SALURAN

Hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan beberapa metode yaitu Metode Haspers, Metode Rational Mononobe, dan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.

Untuk jenis bangunan kanal sungai besar/daerah penting, nilai kala ulang banjir rancangan yang digunakan adalah 25 tahun. Jadi, perhitungan debit banjir rancangan yang dipakai adalah yang dihitung dengan menggunakan perhitungan Metode Nakayasu dengan debit 25 tahunan sebesar 495 m³/det.



Gambar 1. Grafik debit rencana

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir

No.	Kala Ulang (Tahun)	Metode Haspers (m ³ /det)	Metode Monocobe (m ³ /det)	Metode Nakayasu (m ³ /det)
1	2	70,092	195,583	234,420
2	5	99,394	277,348	333,701
3	10	120,741	336,914	405,438
4	20	142,696	398,178	479,154
5	25	147,427	411,378	494,990
6	50	173,531	484,218	582,657
7	100	198,536	553,994	666,648

DIMENSI SALURAN BOX CULVERT

Untuk menghitung dimensi saluran *box culvert* digunakan debit rencana periode ulang 25 tahun = 495 m³/det dikurangi dengan kapasitas debit banjir yang lama di Manggarai = 300 m³/det, sehingga keperluan kapasitas debit untuk saluran tambahan = 195 m³/det. Tinggi *box culvert* sendiri dapat ditentukan berdasarkan muka air banjir = 7,4 m ditambah dengan tinggi jagaan untuk besar debit diatas 15 m³/detik yaitu sebesar 1,0 m. Untuk menghitung lebar saluran *box culvert* menggunakan Persamaan 4 dan Persamaan 5, dimana dengan cara *trial and error* didapat nilai b sebesar 6,47 m ≈ 7 m.

PERHITUNGAN KONSTRUKSI

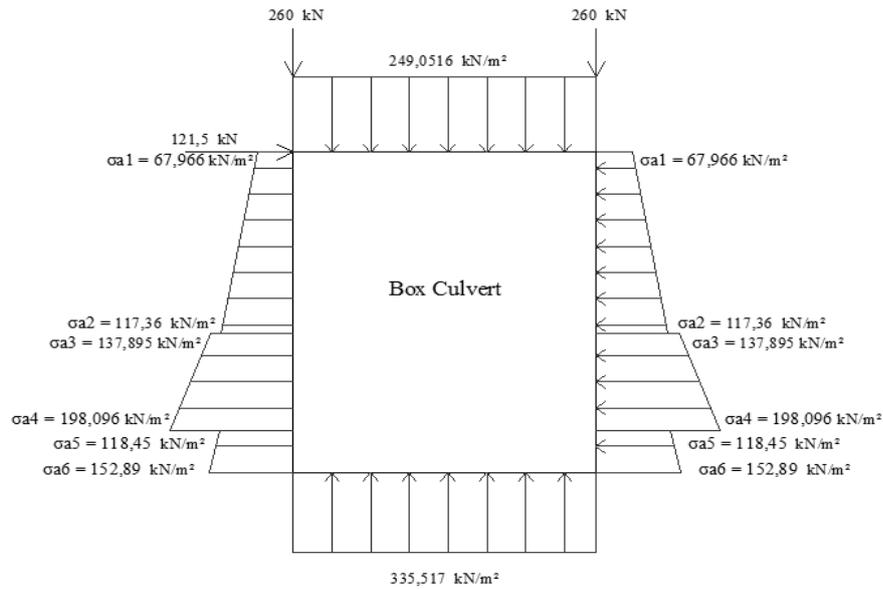
BOX CULVERT

Pembebanan struktur *box culvert* berdasarkan RSNI T-02-2005 yang terdiri dari: beban sendiri (beban mati), beban mati tambahan, beban kereta api (beban hidup), beban rem, beban kejut, beban gempa, tanah dinamis, reaksi tanah dasar dan tekanan tanah yang dikalikan dengan faktor reduksi untuk masing-masing beban yang dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Kombinasi pembebanan 1 berdasarkan RSNI T-02 2005

No	Beban	Besar Beban (kN/m ²)	Faktor Beban Kombinasi 1	Besar Pembebanan Kombinasi 1
1	Beban mati (MS)			
	QMS	40,000	1,3	52,000
	PMS	46,512	1,3	60,466
2	Beban tambahan (MA)	20,302	2,0	40,604
3	Beban hidup kereta (H)	53,734	1,8	96,721
4	Beban kejut (FK)	26,007	1,8	46,813
5	Beban rem (R)	67,500	1,8	121,500
6	Tekanan tanah (σ _a)			
	σ _{a1}	31,131	1,25	38,914
	σ _{a2}	54,373	1,25	67,966
	σ _{a3}	93,888	1,25	117,360
	σ _{a4}	110,316	1,25	137,895
	σ _{a5}	158,475	1,25	198,094
	σ _{a6}	97,757	1,25	122,196
	σ _{a7}	122,313	1,25	152,891
7	Gaya ke atas			335,517

Untuk pembebanan kombinasi 1 dijelaskan pada Gambar 3.

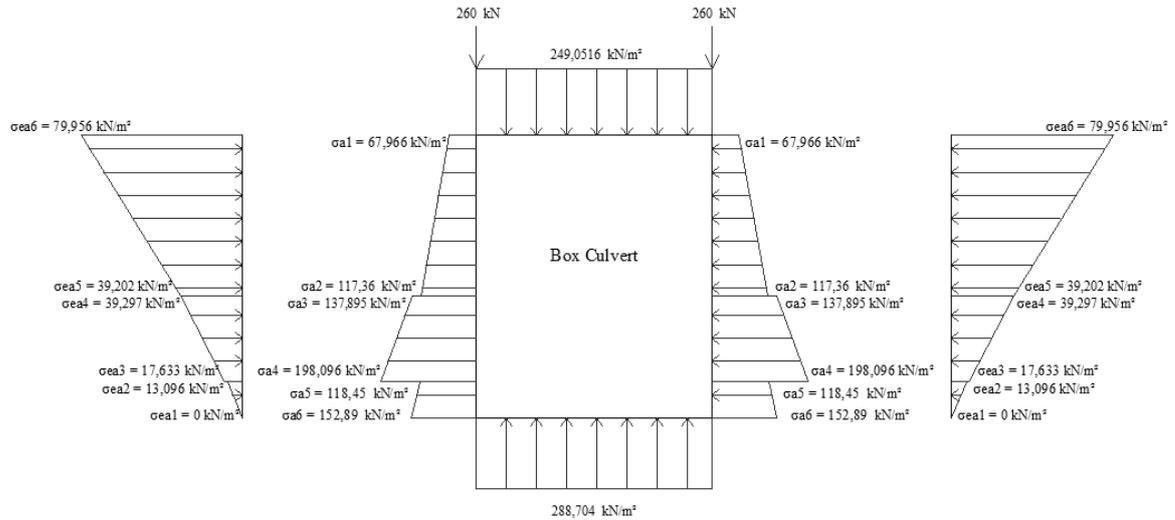


Gambar 3. Pembebanan Kombinasi 1

Tabel 3. Kombinasi pembebanan 2 berdasarkan RSNI T-02 2005

No	Beban	Besar Beban (kN/m ²)	Faktor Beban Kombinasi 2	Besar Pembebanan Kombinasi 2
1	Beban mati (MS)			
	QMS	40,000	1,3	52
	PMS	46,512	1,3	60,466
2	Beban tambahan (MA)	20,302	2,0	40,604
3	Beban hidup kereta (H)	53,734	1,8	96,721
4	Tekanan tanah (σ_{TA})			
	σ_{a1}	31,131	1,25	38,914
	σ_{a2}	54,373	1,25	67,966
	σ_{a3}	93,888	1,25	117,360
	σ_{a4}	110,316	1,25	137,895
	σ_{a5}	158,475	1,25	198,094
	σ_{a6}	97,757	1,25	122,196
	σ_{a7}	122,313	1,25	152,891
5	Beban Gempa Arah x (EQx)	736,868	1,00	736,868
6	Beban Gempa Arah y (EQy)	736,868	0,30	221,060
7	Tekanan Tanah Dinamis			
	σ_{ea6}	79,956	1,00	79,956
	σ_{ea5}	39,202	1,00	39,202
	σ_{ea4}	39,297	1,00	39,297
	σ_{ea3}	17,633	1,00	17,633
	σ_{ea2}	13,096	1,00	13,096
	σ_{ea1}	0	1,00	0
8	Gaya ke atas			288,704

Untuk pembebanan kombinasi 2 dijelaskan pada Gambar 4.

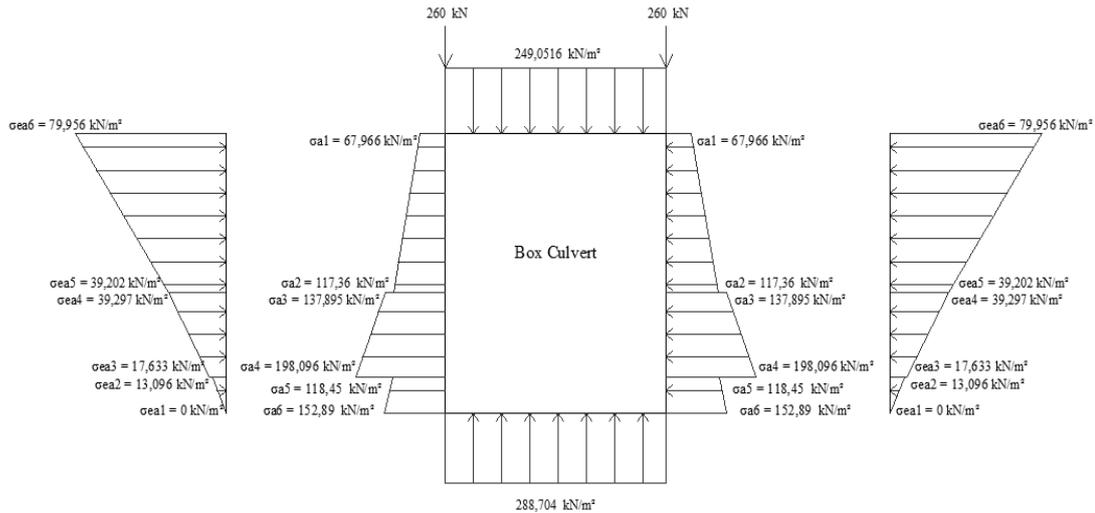


Gambar 4. Pembebanan Kombinasi 2

Tabel 4. Kombinasi pembebanan 3 berdasarkan RSNI T-02 2005

No	Beban	Besar Beban (kN/m ²)	Faktor Beban Kombinasi 3	Besar Pembebanan Kombinasi 3
1	Beban mati (MS)			
	QMS	40,000	1,3	52
	PMS	46,512	1,3	60,466
2	Beban tambahan (MA)	20,302	2,0	40,604
3	Beban hidup kereta (H)	53,734	1,8	96,721
4	Tekanan tanah (σ_{TA})			
	σ_{a1}	31,131	1,25	38,914
	σ_{a2}	54,373	1,25	67,966
	σ_{a3}	93,888	1,25	117,360
	σ_{a4}	110,316	1,25	137,895
	σ_{a5}	158,475	1,25	198,094
	σ_{a6}	97,757	1,25	122,196
5	Beban Gempa Arah x (EQx)	736,868	0,30	221,060
6	Beban Gempa Arah y (EQy)	736,868	1,00	736,868
7	Tekanan Tanah Dinamis			
	σ_{ea6}	79,956	1,00	79,956
	σ_{ea5}	39,202	1,00	39,202
	σ_{ea4}	39,297	1,00	39,297
	σ_{ea3}	17,633	1,00	17,633
	σ_{ea2}	13,096	1,00	13,096
8	Gaya ke atas	0	1,00	0
				288,704

Untuk pembebanan kombinasi 3 dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembebanan Kombinasi 3

Struktur *box culvert* dianalisis dengan menggunakan Program SAP2000 yang dimodelkan menggunakan tumpuan *Area Spring*. Hasil dari analisis program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai gaya-gaya dalam pada *box culvert*

No.	Momen	Pelat Atas	Pelat Bawah	Pelat Dinding
1	Kombinasi 1	1079,153	1308,139	1312,67
2	Kombinasi 2	1167,08	1419,784	1424,97
3	Kombinasi 3	1170,92	1417,095	1431,763
No.	Geser	Pelat Atas	Pelat Bawah	Pelat Dinding
1	Kombinasi 1	753,43	956,335	867,425
2	Kombinasi 2	747,92	1057,69	924,315
3	Kombinasi 3	748,025	1044,017	938,235

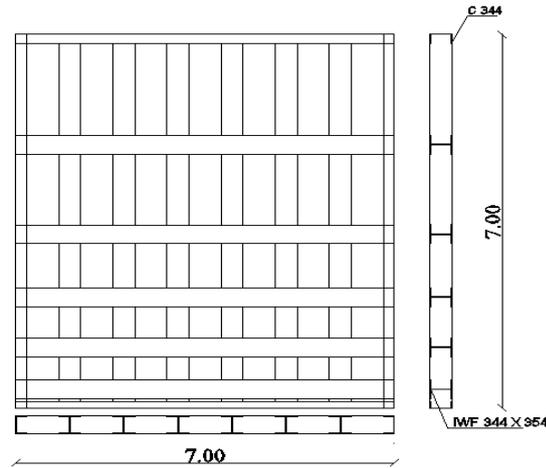
Perhitungan tulangan *box culvert* menggunakan perhitungan *shell* dimana gaya yang diterima *box culvert* adalah gaya vertikal dan gaya horisontal. Hasil perhitungan tulangan struktur menggunakan Persamaan 6 dan Persamaan 7 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan tulangan *box culvert*

Pelat	Mu (kN.m)	Mn (kN.m)	As (mm ²)	As bagi (mm ²)	Tulangan pokok	Tulangan bagi
Atas	1170,92	1463,65	6782,4	1440	D36-150	D22-200
Bawah	1419,784	1774,73	8138,88	1440	D36-125	D22-200
Dinding	1431,763	1789,71	8138,88	1440	D36-125	D22-200

PINTU AIR

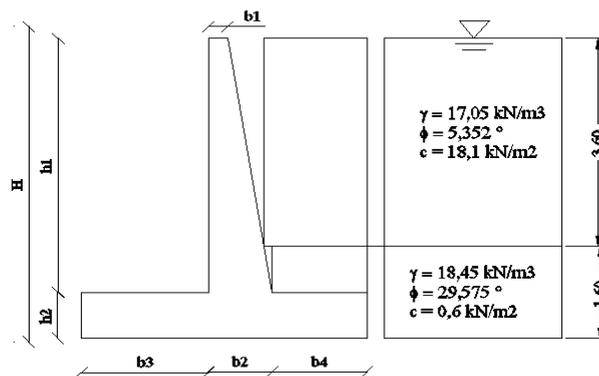
Ukuran pintu air dengan lebar saluran = 7 m dan tinggi pintu air = 7 m menggunakan profil baja IWF 344 x 354 untuk batang hoisontal dan vertikal, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Dimensi pintu air

ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH

Adapun dimensi dinding penahan dijelaskan pada Gambar 7 dan Tabel 7.



Gambar 7 Pendimensian dinding saluran

Tabel 7. Dimensi dinding penahan tanah

$h_2 = 1/4 H - 1/12 H$; diambil = 0,8 m	$b_2 = 1/12 H - 1/8 H$; diambil = 1 m
$H = 5,2$ m	$b_3 = 1/3 H$; diambil = 2 m
$h_1 = 4,4$ m	$b_4 = 1,5$ m
$b_1 = 0,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m}$; diambil = 0,3 m	$B = 4,5$ m

- a. Kontrol terhadap guling dihitung dengan menggunakan Persamaan 8.

$$\frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} \geq F_k = 6,03 \geq 1,5 \text{ (Aman)}$$

- b. Kontrol terhadap geser dihitung dengan menggunakan Persamaan 9.

$$F_k = \frac{R_h}{PH} \geq 1,5 = 1,82 \geq 1,5 \text{ (Aman)}$$

- c. Kontrol terhadap eksentrisitas dihitung dengan menggunakan Persamaan 10.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma Mw - \Sigma Mh}{\Sigma W} < \frac{B}{6} = 0,031 < 0,75 \text{ (Aman)}$$

- d. Kontrol terhadap daya dukung, karena dasar pondasi pada tanah berpasir maka dihitung dengan menggunakan Persamaan 11.

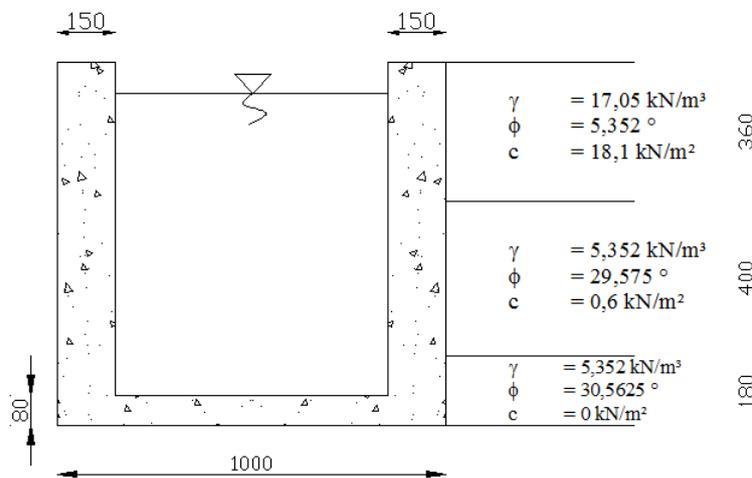
$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma(1-0,2 B/L) \\ &= 0,6 \cdot 36,22 + 5,2 \cdot 8,64 \cdot 21,706 + 0,5 \cdot 4,5 \cdot 8,64 \cdot 18,89(1 - 0,2(4,5/20)) \\ &= 1347,636 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{all} = \frac{Pv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{478,58}{4,5} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,031}{4,5}\right) = 110,75 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = \frac{qu}{q_{all}} = \frac{1347,636}{113,05} = 11,92 \geq 3 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

ANALISIS STRUKTUR BAWAH

Berikut adalah pemodelan struktur bawah rumah pintu air seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Dimensi struktur bawah rumah pintu air

- a. Stabilitas terhadap guling dihitung dengan menggunakan Persamaan 8.

$$F_{gl} = \frac{\sum Mw}{\sum Mh} \geq 1,5 = 2,73 > 1,5 \dots\dots \text{Aman!}$$

- b. Stabilitas terhadap geser dihitung dengan menggunakan Persamaan 9.

$$F_{gs} = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1,5 = 1,81 \geq 1,5 \dots\dots \text{aman!}$$

- c. Stabilitas terhadap eksentrisitas dihitung menggunakan Persamaan 10.

$$\frac{B}{2} - \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum Pv} < \frac{B}{6} = 0,327 < 0,75 \dots\dots \text{Aman!}$$

- d. Stabilitas terhadap daya dukung dengan data tanah yang digunakan adalah titik BH-2, karena titiknya pengujiannya terletak pada bagian bangunan struktur bawah pintu air. Adapun data BH-2 pada kedalaman 9,4 m adalah tanah berpasir, maka untuk dasar pondasi pada tanah berpasir maka menggunakan Persamaan 11.

$$q_u = 9,4 \cdot 10,19 \cdot 24,469 + 0,5 \cdot 4,5 \cdot 10,19 \cdot 21,857(1 - 0,2 (4,5/6)) = 2769,745 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{all} = \frac{Pv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \text{ untuk } e \leq B/6$$

$$= \frac{1538,69}{4,5} \left(1 + \frac{6 \times 0,327}{4,5} \right) = 491,013 \text{ kN/m}^2$$
$$\text{SF} = \frac{qu}{q_{all}} = \frac{2769,745}{491,013} = 5,641 > 3 \dots \text{aman!}$$

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Biaya pelaksanaan Perencanaan *Box Culvert* dan Pintu Air Tambahan Manggarai adalah sebesar Rp 28.182.870.000 dan waktu rencana pembangunan proyeknya adalah 351 hari atau sekitar 46 minggu.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Metode debit banjir rancangan yang dipakai adalah Metode Nakayasu karena paling mendekati kondisi kejadian banjir di lapangan/lokasi pekerjaan dan kajian terdahulu. Dari hasil perhitungan didapat debit banjir sebesar 495 m³/detik dengan periode ulang 25 tahun di Pintu Air Manggarai. Dari hasil perhitungan debit saluran, digunakan dimensi *box culvert* dengan ukuran 8,6 x 10 m dengan tinggi muka air banjir yaitu 7,4 m. Struktur *box culvert* didesain dengan menggunakan beton konvensional. Berdasarkan hasil perhitungan tinggi muka air banjir, direncanakan pintu air manggarai dengan jumlah 1 buah dengan ukuran pintu air yaitu 7,0 x 7,0 m. Konstruksi pintu air menggunakan baja (profil dan plat). Biaya pelaksanaan Perencanaan *Box Culvert* dan Pintu Air Tambahan Manggarai adalah sebesar Rp 28.182.870.000 dan waktu rencana pembangunan proyeknya adalah 351 hari atau sekitar 46 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2013, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, SNI T-02-2005, Jakarta.
- Chow, V.T., 1997. *Hidraulika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I dan II*, Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 2002. *Mekanika Tanah I dan II*, Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Kamiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitugan Debit Rencana Bangunan Air*, Garah Ilmu, Yogyakarta.
- Nawy, Edward G., 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Refika Aditama, Bandung.