

Perencanaan Pembangunan *Box Culvert* Pada *Access Road* PKP-PK di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang

Khoiri Akbar Al Ashari^{1*}, Risqi Wahyu Jati Utama²
^{1,2}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

Email: khoiriakbar118@gmail.com

Received :
22 Mei 2025

Revised :
14 Juli 2025

Accepted :
04 Juli 2025

ABSTRAK

Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang memiliki permasalahan pada sistem drainase di *access road* PKP-PK yang belum optimal, akibat tidak adanya *box culvert* pada jalur tersebut. Kondisi ini menyebabkan aliran air menjadi terhambat dan berpotensi menimbulkan genangan air yang dapat mengganggu operasional bandar udara serta dapat merusak infrastruktur dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem drainase yang lebih efektif melalui pembangunan *box culvert* dengan dimensi yang sesuai untuk kebutuhan lapangan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menerapkan analisis hidrologi dan hidraulika untuk menentukan debit air rencana serta dimensi optimal untuk *box culvert*. Data diperoleh melalui observasi lapangan, pengukuran fisik, serta analisis dokumentasi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *box culvert* tipe *single* dengan lebar dan tinggi masing-masing 1,5 meter serta panjang 8 meter dapat secara efektif mengalirkan air, sehingga mampu mengurangi risiko genangan. Dengan perencanaan ini, sistem drainase pada area *access road* PKP-PK dapat ditingkatkan untuk mendukung kelancaran dan keselamatan operasional penerbangan pada Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang.

Kata kunci: drainase, *access road*, *box culvert*

ABSTRACT

Rahadi Oesman Airport in Ketapang faces issues with the drainage system on the PKP-PK access road, which is not yet optimal due to the absence of a box culvert along the route. This condition causes water flow obstruction, potentially leading to water pooling that could disrupt airport operations and damage infrastructure in the long run. Therefore, this study aims to design a more effective drainage system through the construction of a box culvert with dimensions suited to field requirements. This research employs a quantitative descriptive method by applying hydrological and hydraulic analysis to determine the planned water discharge and the optimal dimensions for the box culvert. Data were obtained through field observations, physical measurements, and relevant documentation analysis. The study results indicate that using a single-type box culvert with a width and height of 1.5 meters each and a length of 8 meters can effectively channel water, thereby reducing the risk of water pooling. With this planning, the drainage system on the PKP-PK access road can be improved to support the smooth and safe operation of flights at Rahadi Oesman Airport in Ketapang.

Keywords: *drainage, access road, box culvert*

PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan infrastruktur penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan aktivitas perekonomian di suatu wilayah. Keberadaan akses jalan yang baik dan sistem drainase yang optimal menjadi faktor penentu dalam menjamin kelancaran operasional bandar udara. Salah satu permasalahan utama yang sering muncul pada bandar udara adalah sistem drainase yang kurang efektif, sehingga dapat mengakibatkan genangan air dan berpotensi mengganggu kelancaran penerbangan (Kartiko et al., 2021).

Salah satu permasalahan yang muncul pada Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang adalah kondisi drainase pada *access road* PKP-PK yang belum memadai. Pada salah satu titik jalur akses, tidak terdapat sistem drainase yang optimal, karena tidak adanya *box culvert*. Akibatnya, aliran air pada jalan akses PKP-PK menjadi terhambat, terutama pada saat curah hujan tinggi. Air yang tidak tersalurkan dengan baik ini kemudian meluap dan menggenangi area *runway strip*, sehingga dapat menimbulkan berbagai risiko. Selain mengganggu kelancaran operasional penerbangan, kondisi ini juga berpotensi merusak infrastruktur bandar udara dalam jangka panjang. Jika tidak segera ditangani, genangan air dapat mempercepat kerusakan pada permukaan jalan dan struktur lain di sekitar landasan, sehingga dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan menghambat aktivitas operasional bandar udara.

Keberadaan *box culvert* pada jalan akses menjadi solusi utama dalam permasalahan ini, karena mampu mengalirkan air secara lebih efektif tanpa mengganggu lalu lintas di atasnya. Menurut (Ardi Yansyah et al., 2015), *box culvert* merupakan struktur beton bertulang berbentuk persegi yang didesain untuk menampung dan mengalirkan air melalui jalan atau struktur lainnya tanpa merusak konstruksi di atasnya. Dengan adanya perencanaan pembangunan *box culvert* pada *Access Road* PKP-PK, diharapkan sistem drainase pada bandar udara dapat lebih optimal, sehingga dapat mencegah genangan air, serta meningkatkan kelancaran operasional bandar udara.

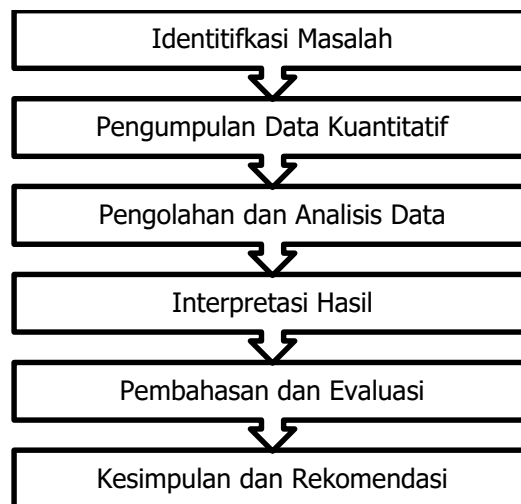
Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR Part 139), sistem drainase yang baik merupakan salah satu aspek penting dalam penyelenggaraan bandar udara untuk mencegah genangan air di area *runway strip*. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan *box culvert* pada *Access Road* PKP-PK menjadi solusi yang diperlukan untuk mengoptimalkan sistem drainase serta meningkatkan keselamatan dan keamanan penerbangan di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Menurut Sugiyono (2019), metode kuantitatif bertujuan untuk mengukur fenomena tertentu dengan menganalisis data numerik yang diperoleh melalui observasi dan perhitungan matematis. Dalam penelitian ini, metode penelitian deskriptif kuantitatif digunakan untuk menganalisis perencanaan pembangunan *box culvert* pada *access road* PKP-PK Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang. Penelitian ini difokuskan pada pengumpulan data, seperti debit saluran, dimensi struktur yang diperlukan, dan material yang digunakan dalam konstruksi. Data yang dikumpulkan akan dianalisis secara kuantitatif untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan sesuai dengan standar perencanaan infrastruktur.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan untuk mengamati kondisi eksisting sistem drainase pada *access road* PKP-PK. Dalam observasi ini, dilakukan pengukuran dan pengamatan visual terhadap kondisi saluran air serta titik-titik genangan yang sering muncul. Selain itu, dilakukan pengambilan sampel tanah untuk mengetahui daya dukungnya terhadap struktur *box culvert* yang akan dibangun. Data sekunder juga digunakan dalam penelitian ini, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang dan dokumen perencanaan infrastruktur bandara. Data ini akan menjadi acuan dalam proses analisis, terutama dalam menyesuaikan desain dengan standar yang berlaku.

Dalam proses analisis, penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Analisis hidrologi dan hidraulika dilakukan untuk menentukan debit rencana dengan metode rasional, yang mempertimbangkan curah hujan maksimum bulanan, luas daerah tangkapan air, dan koefisien aliran. Kemudian, hasil dari metode ini digunakan untuk menentukan dimensi optimal pada *box culvert* dengan menerapkan persamaan Manning. Selain itu, analisis struktural dilakukan untuk menghitung beban dan tegangan pada material beton dan baja tulangan, yang mengacu pada standar SNI 03-2847-2019 tentang perencanaan struktur beton bertulang. Seluruh hasil analisis ini akan dibandingkan dengan standar infrastruktur drainase yang berlaku untuk memastikan desain *box culvert* yang aman dan efisien.



Gambar 1. Teknik Analisis Deskriptif Kuantitatif

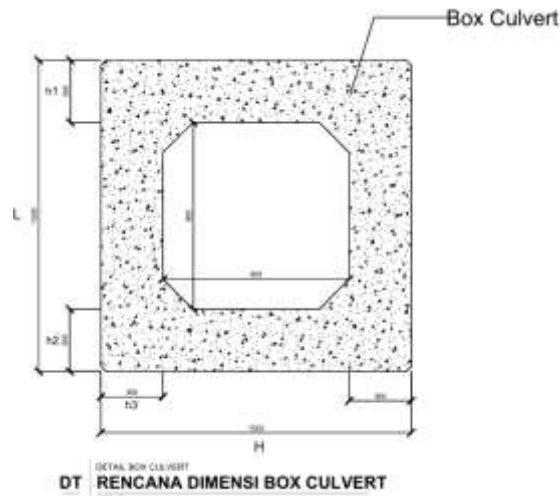
Untuk meningkatkan validitas hasil penelitian, dilakukan triangulasi data dengan membandingkan hasil perhitungan dengan dokumen perencanaan serta standar nasional yang berlaku. Dengan metode ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang tepat dalam perencanaan pembangunan *box culvert* pada *access road* PKP-PK di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perencanaan Perhitungan *Box Culvert*

Perencanaan konstruksi *box culvert* yang akan diterapkan menggunakan tipe *single*, yang disesuaikan dengan kondisi saluran drainase yang sudah ada. Dimensi *box culvert* akan menyesuaikan lebar drainase eksisting, yang saat ini memiliki ukuran lebar 1,5 meter dan tinggi 1,5 meter. Sementara itu, panjang yang direncanakan untuk *box culvert* ini adalah 8 meter. Dengan ukuran tersebut, diharapkan sistem drainase dapat berfungsi secara optimal

dalam mengalirkan air dan mengurangi risiko genangan. Detail lebih lanjut mengenai dimensi dan struktur *box culvert* yang direncanakan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Rencana Dimensi *Box Culvert*

2. Perencanaan Debit Saluran pada *Box Culvert*

a. Data Curah Hujan Kabupaten Ketapang

Tabel 1. Data Curah Hujan Kabupaten Ketapang

Bulan	Data Curah Hujan		
	Jumlah Curah Hujan	Jumlah Hari Hujan	Rata – Rata Penyinaran Matahari
Januari	322,90	23	4,9
Februari	109,70	14	6,6
Maret	496,70	24	5,6
April	282,10	14	7,0
Mei	52,80	10	8,0
Juni	135,70	12	7,4
Juli	260,20	13	7,3
Agustus	34,00	7	8,4
September	182,10	9	7,9
Oktober	263,50	14	6,2
November	537,80	23	6,9
Desember	585,70	22	5,9
Rata - Rata	271,93	15,41	6,9

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang, 2023

b. Perhitungan Debit Rencana

Koefisien Chezy	C	= 0.825
Luas Area	A	= 0.000072 km ²
Panjang Saluran,	L	= 0.008 km
Perbedaan tinggi	D	= 0,120 m
Kemiringan Dasar Saluran	S	= 1.5 %
Koefisien kekasaran Manning	n	= 0.3
Curah hujan maksimum dalam 1 bulan	R ₂₄	= 585,70 mm
- Menentukan waktu Kosentrasi		

Menurut Kirpich :

$$\begin{aligned} t_c &= 0.945 \times (L1.156 / S^{0.365}) \\ &= 0.945 \times (0,0081.156 / 0,120^{0.365}) \\ &= 0,08 \text{ detik} \end{aligned}$$

Menurut Giandotti :

$$\begin{aligned} t_c &= 4A^{0.5} + L1.156/0,8h^{0.5} \\ &= (4 \times 0,0000720.5 + 0,0081.156) / (0,8 \times 0,120^{0.5}) \\ &= 0,14 \text{ detik} \end{aligned}$$

Rata – rata Nilai t_c : $(0.08 + 0.14) / 2 = 0.11 \text{ detik}$

- Menentukan Intensitas Hujan Selama Masa Konsentrasi.

$$\begin{aligned} T_c &= (R_{24}/24) \times (24/t_c)^{0.666} \\ &= (585,70/24) \times (24/0.11)^{0.666} \\ &= 1955,13 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

- Menentukan Debit Rencana.

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,825 \times 1995,13 \times 0,000072 \\ &= 0,03229 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Dimensi Saluran

Menentukan Dimensi Saluran

Lebar Saluran $B = 0,9 \text{ m}$

Tinggi Saluran $H = 0,9 \text{ m}$

Tinggi Muka Air Rencana $h = 0.1 \text{ m}$

Tinggi Segitiga $y = 0.3 \text{ m}$

Koefisien kekasaran Manning $n = 0.3$

- Luas Penampang Basah

$$\begin{aligned} A &= B \times h + y \times (H - h) \\ &= 0.9 \times 0.1 + 0.3 \times (0.9 - 0.1) \\ &= 0,41 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Penampang Basah

$$\begin{aligned} P &= B + 2 \times \sqrt{((B/2))^2 + y^2} \\ &= 1.1 + 2 \times \sqrt{((1,1/2))^2 + (0,3)^2} \\ &= 2,353 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari – jari Hidrolis

$$\begin{aligned} R &= A / P \\ &= 0.41 / 2.353 \\ &= 0.174 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kecepatan Aliran

$$\begin{aligned} V &= 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= 1/0,03 \times 0.174^{2/3} \times 0,0151^{1/2} \\ &= 1,276 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- Debit Maksimum Saluran

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 0.41 \times 0,514 \\ &= 0,523 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$Q_{\text{Saluran}} \geq Q_{\text{rencana}} \rightarrow \text{OK}$

$0.523 \text{ m}^3/\text{detik} \geq 0.03229 \text{ m}^3/\text{detik} \rightarrow \text{saluran aman (OK)}$

3. Analisa Beban

a. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri Box Culvert dihitung dengan meninjau selebar 1 m (tegak lurus bid Gambar) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri plat lantai} & : Q_{MS} = h_1 \times w_c \\ & = 0,3 \times 25 \\ & = 7,5 \text{ kN/m} \\ \text{Berat sendiri plat dinding} & : P_{MS} = H \times h_2 \times w_c \\ & = 1,7 \times 0,3 \times 25 \\ & = 11,25 \text{ kN/m} \\ \text{Berat Total} & : = 19 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Gaya geser dan momen akibat beban sendiri (MS) :

$$\begin{aligned}V_{MS} & = \frac{1}{2} \times Q_{ms} \times L \\ & = \frac{1}{2} \times 19 \times 1,5 \\ & = 14,25 \text{ kN} \\ M_{MS} & = \frac{1}{8} \times Q_{ms} \times L^2 \\ & = \frac{1}{8} \times 19 \times 1,5^2 \\ & = 5,34 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

Tabel 2. Data Beban Mati Tambahan

No	JENIS	TEBAL (M)	BERAT (kN/m ³)	BEBAN (Kn/m)
1	Air Hujan	0.05	9.8	0.49
3	Lapisan Aspal	0.05	22	1.1
3	Lapisan Base Course	0.10	24	2.4
4	Lapisan Subbase	0.15	23	3.45
Beban mati tambahan			QMA =	7.44

Gaya geser dan moment akibat beban tambahan (MA) :

$$\begin{aligned}V_{MS} & = \frac{1}{2} \times Q_{ma} \times L \\ & = \frac{1}{2} \times 7.44 \times 1,5 \\ & = 5.58 \text{ kN} \\ M_{MS} & = \frac{1}{8} \times Q_{ma} \times L^2 \\ & = \frac{1}{8} \times 7.44 \times 1,5^2 \\ & = 2.09 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

c. Beban Lajur "D" (TD)

Untuk Faktor beban dinamis (DLA) diambil dengan cara Grafik dan didapat 40 % dengan panjang bentang 8 meter.

$$\begin{aligned}\text{Untuk panjang bentang,} & L = 8 \text{ M} \\ & DLA = 0.4 \text{ (Grafik DLA)} \\ \text{Beban hidup pada lantai,} & Q_{TD} = 9.00 \text{ kN/m} \\ & P_{TD} = (1 + DLA) \times p \\ & = (1+0,4) \times 49 \\ & = 68.6 \text{ kN}\end{aligned}$$

d. Beban Truk "T" (TT)

$$\begin{aligned}T & = 295 \text{ kN} \\ \text{Faktor beban dinamis untuk pembebanan truck diambil :} & \\ DLA & = 0.4 \\ PTT & = (1 + DLA) \times T \\ & = (1+0,4) \times 295\end{aligned}$$

$$= 413 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\text{Akibat beban "D": } M_{TD} &= 1/12 \times QTD \times L^2 + 1/8 \times PTD \times L \\ &= 1/12 \times 9 \times 1.52 + 1/8 \times 68,6 \times 1.5 \\ &= 14.55 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Akibat beban "T" : } M_{TT} &= 1/8 \times PTT \times L \\ &= 1/8 \times 413 \times 1.5 \\ &= 77,43 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_T &= 1/2 \times PTT \times L \\ &= 1/2 \times 413 \times 1.5 \\ &= 310 \text{ kN}\end{aligned}$$

e. Gaya Rem (TB)

Faktor beban ultimit : $KTB = 1,8$ (RSNI 02-2005 Tabel 1 hal 8)

Besar gaya rem diperhitungkan sebesar 5% dari beban "D" tanpa faktor beban dinamis.

Gaya Rem per meter lebar :

$$\begin{aligned}T_{TB} &= 5\% \times (q \times L + p) \\ &= 5\% \times (9 \times 1.5 + 49) \\ &= 3,125 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{TB} &= 1/8 \times PTB \times L \\ &= 1/8 \times 3,125 \times 1.5 \\ &= 0.585 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{TB} &= 1/2 \times PTB \times L \\ &= 1/2 \times 3,125 \times 1.5 \\ &= 2.343 \text{ Kn}\end{aligned}$$

f. Tekanan Tanah (TA)

Berat tanah dipadatkan,

Sudut Gesek dalam,

Kohesi,

Faktor reduksi untuk sudut gesek dalam,

$$Ws = 17.2 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 11.75^\circ$$

$$C = 0.099 \text{ kPa}$$

$$K\phi R = 0.7$$

$$\begin{aligned}\phi' &= (K\phi R \times \tan \phi) \\ &= (0.7 \times \tan 11.75) = 0.1455 \\ &= \arctan 0.1455 = 8.2^\circ\end{aligned}$$

Tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned}K_a &= \tan(45 - \phi'/2) \\ &= \tan(45 - 8.2/2) \\ &= 0.869\end{aligned}$$

Beban tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned}Q_{TA1} &= 0.60 \times Ws \times K_a \\ &= 0.60 \times 17,2 \times 0,869 \\ &= 8.96 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{TA2} &= Q_{TA1} + (H \times Ws \times K_a) \\ &= 8.96 + (1,5 \times 17,2 \times 0,896) \\ &= 32.1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Gaya geser dan moment akibat beban tambahan (TA) :

$$\begin{aligned}V_{TA} &= 1/2 \times Q_{ma} \times L \\ &= 1/2 \times 32,1 \times 1.5 \\ &= 24,1 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{TA} &= 1/8 \times Q_{ma} \times L^2 \\ &= 1/8 \times 32,1 \times 1.52 \\ &= 9.03 \text{ kNm}\end{aligned}$$

g. Kombinasi Beban Ultimit

Tabel 3. Kombinasi Beban Ultimate Plat Lantai

No	JENIS BEBAN	FAKTO BEBAN	M (kNm)	Mu (kNm)
1	BERAT SENDIRI (MS)	1, 0	5,34	5,34
2	BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)	2,0	2,09	4,18
3	BEBAN LAJUR 'D'(TD/TT)	1,8	77,43	139,4
4	BEBAN REM (TB)	1,8	0,585	1,06
Mu				149,98

Tabel 4. Kombinasi Gaya Geser Ultimate Plat Lantai

No	JENIS BEBAN	FAKTOR BEBAN	V (kN)	Vu (kN)
1	BERAT SENDIRI (MS)	1,0	14,25	14,25
2	BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)	2,0	5,58	11,16
3	BEBAN LAJUR 'D' (TD/TT)	1,8	310	558
4	BEBAN REM (TB)	1,8	2,343	4,22
Vu				587,63

Tabel 5. Kombinasi Beban Ultimate Plat Dinding

No	JENIS BEBAN	FAKTOR BEBAN	M (kNm)	Mu (kNm)
1	TEKANAN TANAH (TA)	1,00	9,03	9,03
Mu				9,03

Tabel 6. Kombinasi Gaya Geser Plat Dinding

No	JENIS BEBAN	FAKTOR BEBAN	M (kNm)	Mu (kNm)
1	TEKANAN TANAH (TA)	1,00	9,03	9,03
Mu				9,03

4. Perhitungan Tulangan Pada *Box Culvert*

a. Perhitungan Tulangan pada Plat Lantai *Box Culvert*

- Momen rencana ultimit plat $M_u = 149,98 \text{ kNm}$
 Mutu Beton $K = 350 \text{ kg/cm}^2$
 Mutu Baja $U = 420B$
 Kuat Tekan Beton, $F_c' = 31.2 \text{ MPa}$
 Tegangan Leleh Baja, $F_y = 420 \text{ Mpa}$
 Tebal Plat beton $h = 300 \text{ mm}$
 Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 40 \text{ mm}$
 Modulus Elastis Baja $E_s = 200000$
 Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0.8$
- Rasio Tulangan Beton

$$P_b = \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y)$$

$$= 0.85 \times 0.85 \times 31.2 / 420 \times 600 / (600 + 420)$$

$$= 0.0316$$
 - Batas Momen Maksimum

$$R_{\max} = 0.75 \times p_b \times f_y \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times p_b \times f_y / (0.85 \times f_c')]$$

$$= 0.75 \times 0.0316 \times 420 \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.0316 \times 420 / (0.85 \times 31.2)]$$

$$= 6.21$$
 - Faktor reduksi kekuatan lentur

$$\phi = 0.8$$

- Momen rencana ultimit
 $M_u = 149,98 \text{ kNm}$
- Tebal efektif plat beton
 $d = h - d'$
 $= 300 - 40$
 $= 260 \text{ mm}$
- Ditinjau plat beton selebar
 $b = 8000 \text{ mm}$
- Momen nominal rencana
 $M_n = M_u / \phi$
 $= 149,98 / 0.8$
 $= 187,5$
- Faktor tahanan momen
 $R_n = M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2)$
 $= 187,5 \times 10^{-6} / (8000 \times 260^2)$
 $= 3,467$
 $3,467 < 6.21 \rightarrow R_n < R_{max} \quad (\text{OK})$
- Rasio tulangan yang diperlukan :
 $\rho = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}]$
 $= 0.85 \times 31.2 / 420 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 3.467 / (0.85 \times 31.2)}]$
 $= 0.00896$
- Rasio tulangan minimum
 $\rho_{min} = 0.5 / f_y$
 $= 0.5 / 420$
 $= 0.00119$
- Rasio tulangan yang digunakan,
 $\rho = 0.00896$
- Luas tulangan yang diperlukan,
 $A_s = \rho_{min} \times b \times d$
 $= 0.00896 \times 8000 \times 260$
 $= 18.636,8 \text{ mm}^2$
- Diameter tulangan yang digunakan,
 $D = 22 \text{ mm}$
- Jarak tulangan yang diperlukan
 $S = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s$
 $S = 3,14 / 4 \times 22^2 \times 8000 / 18.636,8$
 $= 163.1 \text{ mm}$

Jarak Tulangan Minimum,

$$S_{min} = 25 \text{ mm (PBI 1971 N.1.-2 ps, 8.16.2.(b))}$$

Jarak Tulangan Maksimal,

$$S_{max} = 150 \text{ mm (SNI 03-2847-2002 ps.9.6.1)}$$

Digunakan Tulangan, $D \ 22 - 150$

b. Perhitungan Tulangan pada Plat Dinding Box Culvert

Momen rencana ultimit plat	$M_u = 9.03 \text{ kNm}$
Mutu Beton	$K = 350 \text{ kg/cm}^2$
Mutu Baja	$U = 420B$
Kuat Tekan Beton,	$F_c' = 31.2 \text{ MPa}$
Tegangan Leleh Baja,	$F_y = 420 \text{ Mpa}$
Tebal Plat beton	$h = 300 \text{ mm}$
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton	$d' = 40 \text{ mm}$
Modulus Elastis Baja	$E_s = 200000$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton $\beta_1 = 0.85$

- Rasio Tulangan Beton

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) \\ &= 0.85 \times 0.85 \times 31.2 / 420 \times 600 / (600 + 420) \\ &= 0.0316 \end{aligned}$$

- Batas Momen Maksimum

$$\begin{aligned} R_{max} &= 0.75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times \rho_b \times f_y / (0.85 \times f_c')] \\ &= 0.75 \times 0.0337 \times 420 \times [1 - \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.0337 \times 420 / (0.85 \times 31.2)] \\ &= 6.21 \end{aligned}$$

- Faktor reduksi kekuatan lentur

$$\phi = 0.8$$

- Momen rencana ultimit

$$M_u = 9.03 \text{ kNm}$$

- Tebal efektif plat beton

$$\begin{aligned} d &= h - d \\ &= 300 - 40 \\ &= 260 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Ditinjau plat beton selebar,

$$b = 8000 \text{ mm}$$

- Momen nominal rencana

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 9.03 / 0.8 \\ &= 11.30 \end{aligned}$$

- Faktor tahanan momen

$$\begin{aligned} R_n &= M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2) \\ &= 11.30 \times 10^{-6} / (8000 \times 260^2) \\ &= 2.09 \end{aligned}$$

$$2.09 < 6.21 \rightarrow R_n < R_{max} \text{ (OK)}$$

- Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \rho &= (0.85 \times f_c' / f_y) \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0.85 \times f_c')}] \\ &= 0.85 \times 31.02 \times / 420 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 2.09 / (0.85 \times 31.2)}] \\ &= 0.00521 \end{aligned}$$

- Rasio tulangan minimum,

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 0.5 / f_y \\ &= 0.5 / 400 \\ &= 0.00119 \end{aligned}$$

- Rasio tulangan yang digunakan

$$\rho = 0.00521$$

- Luas tulangan yang diperlukan,

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00521 \times 8000 \times 260 \\ &= 10.837 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Diameter tulangan yang digunakan

$$D = 22 \text{ mm}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

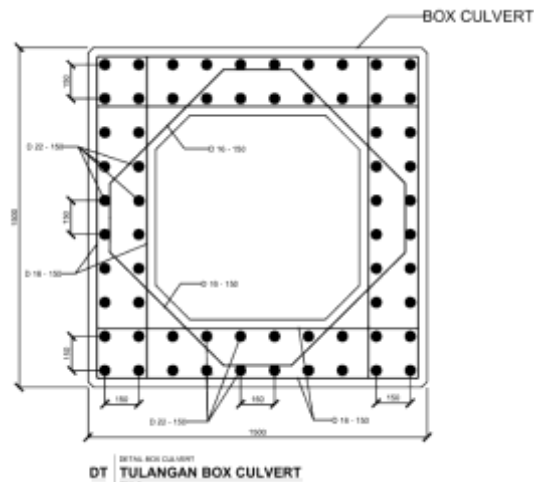
$$\begin{aligned} s &= n / 4 \times D^2 \times b / A_s \\ &= 3.14 / 4 \times 22^2 \times 8000 / 10.837 \\ &= 280.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Minimum

$$S_{min} = 25 \text{ mm (PBI 1971 N.1.-2 ps, 8.16.2.(b))}$$

Jarak Tulangan Maksimal

$S_{\max} = 150 \text{ mm}$ (SNI 03-2847-2002 ps.9.6.1)
Digunakan Tulangan, D 22 – 150



Gambar 3. Detail Penulangan *Box Culvert*

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis permasalahan dan penyelesaian masalah yang telah dikaji, dapat disimpulkan bahwa perencanaan *box culvert* dengan dimensi 8000 x 1500 x 1500 mm menggunakan mutu beton K = 350 serta tulangan baja BJTS 420B dengan selimut beton 40 mm telah memenuhi standar dalam menampung debit air berdasarkan curah hujan dan mampu menahan beban sesuai ketentuan. Dari perhitungan yang dilakukan, kebutuhan tulangan pada plat lantai dan dinding sudah dirancang dengan spesifikasi yang sesuai. Pemakaian tulangan harus mengacu pada kondisi di lapangan dan gambar kerja yang telah ditetapkan, sementara perbedaan dalam perencanaan dapat terjadi akibat variasi dalam faktor beban, kuat tekan beton, berat jenis material, atau metode perhitungan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinta, R., & Wijaya, U. F. (2015). Manajemen Proyek Pembangunan Box Culvert Saluran Drainase Primer Gunungsari Kota Surabaya P. 104+ 00-P. 108+ 35 (Doctoral dissertation). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ardi Yansyah, R., Indriana Kusumastuti, D., & Tugiono, S. (2015). Analisa Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 3(1), 486920. <https://www.neliti.com/publications/486920/>
- Aris, A., & M., Syaifudin. (2021). Perencanaan Jembatan Kaligawe Kota Semarang. (Skripsi). Universitas Semarang, Semarang.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang (BPS). (2024). Publikasi Kabupaten Ketapang dalam angka 2024. Ketapang.
- Budiono, B. (2024). Analisa Struktur Box Underpass Jalan Danau Bogor Raya (Katulampa–Kecamatan Bogor Timur) Kota Bogor. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 9(8), 4516-4535.
- Deo, P., P., & Ruzardi. (2018). "Redesain Saluran Drainase Pada Bandara Radin Inten II Lampung". Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII 2018, Desember 2018, ISSN 9-772477-5B3159.

- Departemen Bina Marga. (2006). Perencanaan Sistem Drainase Jalan Pd T-02-2006-B. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2. Direktorat Penyelidikan Masalah bangunan, Direktorat Jenderal Cipta karya, Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). Standar Gorong – Gorong Persegi Beton Bertulang (*Box Culvert*) Tipe Single. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Evandri, P., S. (2024). Analisa Peningkatan Keselamatan Operasi Penerbangan Pada Shoulder Taxiway Strip Di Bandar Udara Internasional Kualanamu. (Skrpsi). Politeknik Penerbangan Palembang, Palembang.
- Fishaumi, K. (2019). Evaluasi Pekerjaan Perencanaan Drainase Box Culvert di KM 13 pada Proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 3(2), 120-127.
- Hartono, J., & Santoso, H. T. (2021). Kajian Kerusakan Wet Lean concrete & Concrete Pavement Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 17(2), 134-145.
- Hendriansyah. (2022). Pekerjaan Jalan Rigid Proyek Peningkatan Jalan Keselamatan-Skodi. (Skrpsi). Politeknik Negeri Bengkalis, Riau.
- Hidayat, A., & Afrina, Y. (2024). Pendampingan kegiatan infrastruktur desa Di kecamatan bangun purba. *JPMAT: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Aplikasi Teknologi*, 47, 47-52.
- Internasional Civil Aviation Organization (ICAO) (2013). Annex 14, Aerodrome, Sixth Edition, Montreal, Canada.
- Irvan, T., P. (2016). Tinjauan Kekuatan Struktur Beton dan Kapasitas Aliran Box Culvert Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Solo Seksi 3 : Paket 3.3D Sidorejo – Tenganan (STA. 36+100 – STA. 40+409). (Skrpsi). Universitas Negeri Diponegoro, Semarang.
- Kartiko, N. (Ndaru), Suprpto, B. (Bambang), & Rokhmawati, A. (Azizah). (2021). Studi Evaluasi Sistem Drainase Sisi Udara (Air Side) Bandar Udara Internasional Banyuwangi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(4), 342–348. <https://www.neliti.com/publications/483121/>
- Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual Of Standard Casr Part 139) Volume 1 Aerodrome Daratan (2023).
- Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Kajian Sistim Drainse pada Pengembangan Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, 1(6), 55-62.
- Nugroho, B. W., Rochman, T., & Suryadi, A. (2022). Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang Dan RAB Gedung Rusunawa Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(1), 169-174.
- Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, SE Menteri PUPR Nomor : 14/SE/M/2019 Tanggal : 11 September 2019 Tentang "Perancangan dan pelaksanaan campuran beraspal panas bergradasi menerus (laston) menggunakan slag" Jakarta
- Peraturan Bupati Ketapang Nomor 41 Tahun 2023 Tentang Standar Harga Satuan Barang Kebutuhan Pemerintah Kabupaten Ketapang Tahun Anggaran 2024.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 14 Tahun 2021 Tentang "Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara", Jakarta.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 362 Tahun 2019 Tanggal 12 Desember 2019 Tentang "Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR – Part 139) Volume 1 Bandar (Aerodrome)". Jakarta
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan

- Putra, T., E., & Tico, J. H. (2018). Perencanaan pembangunan box culvert pada Citra Land Baru dengan aplikasi Staad Pro. *Jurnal Sipil Statik*, 6(12), 783–790.
- Rachmat, P., Tavio., Iswandi, I. & I G., P., Raka. (2007). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penielasan (5-2002)*. ITS Press, Surabaya.
- Rangan, P., Allo, B. A., Kiflin, S., & Yogi, Y. (2022). Tinjauan Perencanaan Box Culvert Pada Landasan Pacu (Run Way) Toraja Airport. *Konperensi Nasional Teknik Sipil (KONTEKS)* 16, 16.
- Rivaldo, Y., T. (2019). Perencanaan Box Culvert Pada Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Manado-Bitung STA. 14+900 s/d Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Manado-Bitung STA. 14+900 s/d STA. 39+900. PT PP (Persero) Tbk, Manado.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2002). *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. Badan Standar Nasional, Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2005). *Standar Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2016). *Pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2017). *Baja tulangan beton (SNI 2052:2017)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Thomas, S., A. (2019). *Kurikulum Dan Modul Pelatihan Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Bidang Jalan Dan Jembatan*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Bandung.
- Umum, D. P. Badan Pembinaan Konstruksi Dan Sumber Daya Manusia. 2005. *Modul RDE – 07 : Dasar-Dasar Perencanaan Drainase Jalan*. Pusat Pembinaan Kompetensi Dan Pelatihan Konstruksi (Pusbin-Kpk).
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
- Yuni, V., & Rizka D., N. (2022). *Reduksi Kapasitas Pompa Kalibaru Dengan Pipa Resapan (Studi Kasus: Kelurahan Bandarharjo Kecamatan Semarang Utara)*. (Skripsi). Universitas Semarang, Semarang