

JURNAL KONSTRUKSI

Perencanaan *Underpass* untuk Mengatasi Konflik di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya

Sulaiman Alizulfiqar*, Dr. Ir. H. Saihul Anwar, M.Eng., MM. **

*) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

***) Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

ABSTRAK

Skripsi perencanaan *underpass* untuk mengatasi konflik di jalan Metro Pondok Indah – jalan Lebak Bulus Raya di Jakarta Selatan bertujuan untuk menganalisis, mengatasi konflik, dan mengurangi kemacetan di persimpangan dengan membuat *underpass*. *Underpass* menggunakan *single box culvert* dengan panjang 10.5 m, lebar 7.8 m, dan tinggi 6.9 m. Perencanaan ini menggunakan 2 *single box culvert* dengan panjang lengkung vertikal 121.14 m dan kelandaian yang digunakan 7%. Struktur *box culvert* dipakai dengan tebal plat lantai atap 800 mm, tebal dinding 400 mm, dan tebal plat pondasi 950 mm. Bahan struktur yang digunakan adalah untuk plat lantai atap dan plat dinding menggunakan mutu beton $f_c' = 30$ MPa, untuk plat pondasi menggunakan mutu beton $f_c' = 55$ MPa, dan mutu baja yang digunakan adalah $f_y = 400$ MPa. Dalam skripsi ini, untuk analisis struktur menggunakan *software* sap2000 agar mendapatkan hasil perhitungan momen ultimit untuk mendapatkan tulangan yang digunakan. Pada plat lantai atap menggunakan tulangan lapangan 2D32-140 dan tulangan tumpuan 2D36-120, plat dinding menggunakan tulangan lapangan D16-150 dan tulangan tumpuan D22-150, dan plat pondasi menggunakan tulangan 2D40-100. Setelah menghitung struktur *box culvert* perencanaan *underpass* juga harus memperhatikan drainase. Perencanaan drainase menggunakan 4 pompa, dengan panjang saluran drainase 295.276 m, lebar saluran 0.5 m, tinggi saluran 0.5 m, dan tinggi jagaan 0.5 m. Drainase juga menggunakan sistem penampungan air dibawah plat pondasi dengan dimensi kolam 2 x 2 x 1,5 m. Dinding penahan tanah dibagi dalam 2 bidang, bidang 1 dan bidang 2 dengan tinggi 8,1 m dan lebar 7 m. Penulangan di bidang 1 menggunakan tulangan utama D25-120 dan tulangan sengkang D19-130, untuk bidang 2 menggunakan tulangan utama D25-100 dan tulangan sengkang D16-100.

Kata Kunci : *Underpass, Box Culvert, Penulangan, Drainase, Dinding Penahan Tanah*

ABSTRACT

A planning thesis underpasses to resolve conflicts in the way Metro Pondok Indah - Lebak Bulus Raya of South Jakarta aims to analyze, resolve conflicts, and reduce traffic congestion at the intersection with create underpasses. Using a single box culvert underpasses with a length of 10.5 m, width 8.5 m, and a height of 6.7 m. Planning uses 2 single box culvert with a long curved vertical 121.14 m and gradient used 7%. Box culvert structure worn with thick top plate of 800 mm, wall thickness of 400 mm, and thick foundation plate 950 mm. Materials structure is used for top plate and wall plate using concrete quality $f_c' = 30$ MPa, for the quality of the concrete foundation plate using $f_c' = 55$ MPa, and the quality of steel used is $f_y = 400$ MPa. In the thesis, for analysis of structures using sap2000 software in order to get the results of calculation of ultimate moment to get reinforcement is used. On the top plate using reinforcement field 2D32-140 and reinforcement object 2D36-120, wall plate using reinforcement of field D16-150 and reinforcement object D22-150, and the Foundation plate uses reinforcement 2D40-100. After calculating the structure of box culvert underpasses planning should also pay attention to drainage. Drainage using 4 pumps, drainage channels with a length of 295,276 m, the width of the channel is 0.5 m, channel height is 0.5 m and height protection of 0.5 m. Drainage system also using the shelter some water under the foundation plate with dimensions of the pool 2 x 2 x 1.5 m. Retaining wall is divided in 2 fields, field 1 and field 2 with a height of 8.1 m wide and 7 m for the reinforcement in the areas of 1 using main reinforcement D25-120 and support reinforcement for D19-130, for the field of 2 using main reinforcement D25-100 and support reinforcement for D16-100.

Keywords : *Underpasses, Box Culvert, Reinforcement, Drainage, Retaining Wall*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Setiap hari manusia yang berada di lingkungan ibu kota dari Bekasi, Bogor, Depok, Tangerang, dan Tangerang Selatan berbondong-bondong menuju ibu kota Jakarta untuk menjalankan aktivitas kesehariannya. Dengan banyaknya aktivitas warga membuat transportasi menuju Jakarta terutama pada jam-jam sibuk menjadi padat. Pemandangan macet sudah menjadi pemandangan yang biasa dan masyarakat harus dipaksa untuk terbiasa dengan keadaan ini. Penyebab kemacetan bermacam-macam. Pertama, inilah yang paling utama, jumlah kendaraan di Jakarta jauh melampaui kapasitas jalan yang tersedia. Pertambahan panjang jalan sudah tidak mengikuti dengan jumlah kendaraan. Pertambahan panjang jalan ada batasnya, sedangkan jumlah kendaraan makin bertambah. Apalagi dengan adanya kebijakan pemerintah mengenai program LCGC (*Low Cost Green Car*), ini membuat masyarakat ingin memiliki mobil lebih dari satu. Kedua, ketidaktertiban dan ketidakpatuhan pengguna jalan terhadap rambu-rambu lalu lintas menjadi penyebab kemacetan. Misalnya supir-supir kendaraan umum yang berhenti menunggu penumpang di daerah yang padat dan rawan kemacetan. Ketiga, akibat adanya hambatan samping seperti : masuk atau keluar kendaraan dari aktivitas di sisi jalan, kendaraan henti, para pejalan kaki, parkir di badan jalan dan seringkali pengendara kendaraan bermotor melakukan pelanggaran rambu lalu lintas. Permasalahan kemacetan ini juga terjadi di persimpangan Jalan Metro Pondok Indah, Jalan Lebak Bulus Raya, Jalan RA Kartini di Jakarta Selatan. Untuk meminimalisir permasalahan kemacetan yang ada di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan lebak Bulus Raya maka pemerintah perlu untuk memikirkan pembangunan *underpass* mengingat pengaturan dengan model simpang bersinyal maupun bundaran sudah tidak efektif lagi, hal ini dikarenakan volume lalu lintas yang ada sudah terlalu padat.

B. Fokus Masalah

Dalam usulan skripsi dengan judul “PERENCANAAN *UNDERPASS* UNTUK MENGATASI KONFLIK DI JALAN METRO PONDOK INDAH – JALAN LEBAK BULUS RAYA” akan menjelaskan permasalahan yang ada, sehingga dicarikan solusi pada permasalahan tersebut. Maka dari itu perlu adanya fokus masalah yang bertujuan untuk penyusunan skripsi, fokus masalah yang di angkat sebagai berikut :

1. Hanya merencanakan dan mendesain konstruksi jalan *Underpass*.
2. Mengvisualisasikan melalui penggambaran 2D dan 3D.
3. Untuk perhitungan momen menggunakan *software* SAP2000 v.15.
4. Merencanakan *drainase Underpass*.
5. Data yang digunakan hanya data sekunder dari instansi pemerintah.
6. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).

C. Rumusan Masalah dan Identifikasi Masalah

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana konflik lalu lintas yang terjadi di persimpangan Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya – Jalan RA. Kartini?
- b. Bagaimana dampak lalu lintas yang terjadi di persimpangan tersebut pada jam – jam sibuk?
- c. Bagaimana solusi untuk permasalahan tersebut?

2. Identifikasi Masalah

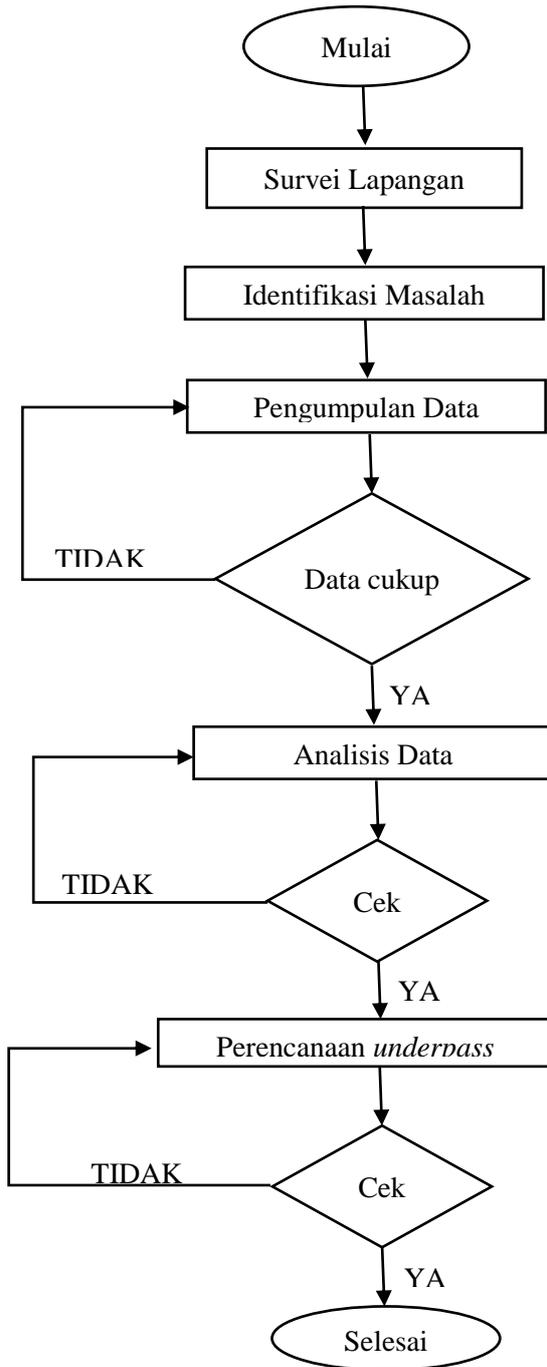
Berdasarkan uraian latar belakang maka dapat diidentifikasi permasalahan yang ada di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya dengan cara bagaimana mengatasi permasalahan lalu lintas pada persimpangan jalan yang sebidang.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dengan penyusunan tugas akhir ini adalah agar permasalahan yang timbul pada persimpangan tersebut dapat diatasi dengan efektif dan efisien berupa :

1. Analisis arus lalu lintas di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya.
2. Merencanakan jalan tak sebidang.

E. Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Aspek Tanah

Dari penyelidikan tanah maka dapat diidentifikasi jenis dan sifat tanah pada lokasi proyek tersebut. Hal ini berguna dalam perencanaan dinding penahan tanah dan pondasi dari struktur *undervpass*.

a. Aspek Tanah dengan Konstruksi Underpass

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada tiga kemungkinan yaitu tanah dalam keadaan diam, tanah dalam keadaan aktif dengan adanya tekanan tanah aktif dan tanah dalam keadaan pasif dengan tekanan tanah pasif.

Pada perencanaan dinding penahan tanah dibutuhkan data-data tanah seperti sudut geser, kohesi dan berat jenis tanah. Data-data tersebut digunakan untuk menghitung tekanan tanah horisontal. Besar tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$K_a = \text{tg}^2 \cdot 45^\circ - \frac{\Phi}{2}$$

$$K_p = \text{tg}^2 \cdot \left(45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right)$$

$$P = K_a \cdot \gamma \cdot h \cdot \frac{1}{2} \cdot h$$

Dimana :

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

P = Tekanan tanah

Φ = Sudut geser tanah

h = Tinggi dinding penahan tanah

Dinding kantilever (*cantilever wall*) yang terbuat dari beton bertulang lebih ekonomis karena urugan (*backfill*) dimanfaatkan untuk menahan berat sendiri yang diperlukan. Dinding penahan tanah harus memenuhi kondisi dasar sebagai berikut :

- Tekanan didasar pada ujung kaki (*toe*) dinding tidak boleh lebih besar dari daya dukung yang diijinkan pada tanah.
- Faktor keamanan terhadap gelinciran antara dasar dan lapisan tanah dibawahnya harus memadai. Biasanya ditentukan sebesar

- Analisis dinding penahan tanah ini nantinya diperlukan dalam pendimensian dinding *underpass*. Dinding ini selain menahan beban tekanan tanah aktif juga sebagai struktur untuk menahan beban lalu lintas dan beban perkerasan diatas *underpass*.

b. Aspek Tanah dengan Pondasi
Pemilihan bentuk dan tipe pondasi ditentukan oleh keadaan tanah dan pembebanan dimana bangunan tersebut akan didirikan. Tanah harus mampu menahan pondasi dan beban – beban yang dilimpahkan.

Daya dukung tanah menurut terzaghi :

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0,5 \times \gamma \times L \times N_\gamma$$

$$q_a = q_{ult} / SF$$

Dimana :

q_{ult} = Daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m²)

q_a = Daya dukung ijin tanah (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

L = Lebar pondasi (m)

Z = Kedalaman pondasi (m)

N_c = Faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah

N_q = Faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata

N_γ = Faktor daya dukung tanah akibat berat tanah

Φ = Sudut gesek dalam

SF = Faktor keamanan, diambil nilainya 3.

2. Aspek Hidrologi

Data _ data hidrologi diperlukan untuk perhitungan drainase, baik perhitungan besarnya debit drainase maupun perhitungan dimensi saluran drainase.

a. Mencari waktu konsentrasi (tc)

$$tc = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{is}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{P}{60 \times V}$$

Ket: l_0 : Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

nd : Koefisien hambatan

is : Kemiringan daerah pengairan

V : Kecepatan air rata – rata pada saluran (m/detik)

tc : Waktu konsentrasi dan P : Panjang saluran (m)

b. Intensitas Hujan Maksimum (I)

Intensitas hujan maksimum dihitung

berdasarkan rumus yang dijabarkan oleh Dr. Mononobe, yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

R_{24} = Curah hujan rata – rata dalam 24 jam (mm)

c. Menghitung Besarnya Debit

$$Q = 1/3,6 \times C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

A = Luas penampang basah (km²)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

d. Tentukan kecepatan saluran (V) < kecepatan ijin dan kemiringan saluran

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times is^{1/2} \quad R = \frac{A}{P}$$

Ket:

V = Kecepatan rata – rata dalam saluran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Radius hidrolis

is = Kemiringan saluran

A = Luas saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Maka, $R = A/P = (h \times b) / (2h + b)$

e. Tentukan tinggi jagaan saluran

$$w = \sqrt{0,5 \times h}$$

3. Aspek Konstruksi

- Pembebanan Pada Konstruksi

Pembebanan yang bekerja pada konstruksi *underpass* baik untuk konstruksi berbentuk gorong – gorong maupun untuk konstruksi berbentuk jembatan adalah sebagai berikut :

- Beban Sendiri (MS)

Beban sendiri adalah berat bahan dan bagian dari *underpass* yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri *box culvert* dihitung dengan meninjau selebar 1 m. Beban sendiri meliputi:

- Beban sendiri plat lantai
- Beban sendiri plat dinding

1) Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur *underpass*. *Underpass* dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti :

- Penambahan lapisan aspal (*overlay*) di kemudian hari
- Genangan air hujan jika sistem drainase tidak bekerja dengan baik

2) Beban Tekanan Tanah (TA)

Pada bagian tanah dibelakang dinding penahan tanah yang dibebani lalu lintas, harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tnh setebal 0,60 m yang berupa beban merata ekivalen beban kendaran pada bagian tersebut. Tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan berat tanah w_s , kohesi (c), dan sudut gesek dalam ϕ :

- $w_s' = w_s$
- $\phi' = \tan^{-1}(K_\phi^R \times \tan \phi)$,
- Koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi'}{2})$

3) Beban Hidup

Adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan – kendaraan bergerak atau lalu lintas dan lain – lain.

Beban hidup yang ditinjau adalah :

- Beban T (TT)

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya, $T = 112,5 \text{ kN}$

- Beban D (TD)

Beban kendaraan yang berupa beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (*Uniformly Distributed Load*), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*). UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani lalu lintas yang dinyatakan dengan rumus berikut:

$$q = 9,0 \text{ kPa} , \text{ untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \times (0,5 + 15 / L) \text{ kPa}, \text{ untuk } L > 30 \text{ m}$$

Dimana :

- q adalah intensitas beban terbagi rata (UDL)
- p adalah intensitas beban garis (KEL)
- L adalah panjang total *underpass* yang dibebani (m)

- $1 \text{ kPa} = 0,001 \text{ Mpa} = 1 \text{ kN/m}^2$

Faktor beban dinamis (*Dinamic Load Allowance*) untuk KEL diambil sebagai berikut :

- $DLA = 0,4$, untuk $L \leq 50 \text{ m}$
- $DLA = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$, untuk $50\text{m} < L < 90 \text{ m}$
- $DLA = 0,3$, untuk $L \geq 90 \text{ m}$

Gaya Rem (TB)

Pengaruh percepatan dan pengereman lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang *underpass* dan dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan. Besar gaya rem diperhitungkan sebesar 5 % dari beban "D" tanpa faktor beban dinamis.

Gaya rem per meter lebar (T_{TB}) :

$$T_{TB} = 5\% \times \{(q \times L) + p\}$$

Dimana :

- q adalah intensitas beban terbagi rata (UDL)
- p adalah intensitas beban garis (KEL)
- L adalah panjang total *underpass* yang dibebani (m)

4) Beban Angin (EW)

Gaya angin tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan diatas lantai jembatan dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2$$

5) Pengaruh Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata – rata pada lantai jembatan. Untuk temperatur minimum rata –rata dan maksimum rata – rata diambil yang lantai beton diatas gelagar atau boks beton.

Perbedaan temperatur pada plat lantai :

$$\Delta T = \frac{1}{2} (T_{\max} - T_{\min})$$

6) Beban Gempa (EQ)

- Beban Gempa Statik Ekivalen

Untuk jembatan besar, rumit, dan penting diperlukan analisa dinamis. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_t$$

$$K_h = C \times S$$

Dimana :

T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN).

K_h = Koefisien beban gempa horizontal.

I = Faktor kepentingan.

Wt = Berat total jembatan yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan.

C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah.

S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan.

Untuk struktur dengan daerah sendi plastis beton bertulang, maka faktor jenis struktur $S = 1,0 \times F$, dengan $F = 1,25 - 0,025 \times n$ dan F harus diambil ≥ 1 .

Dimana:

F = Faktor perangkaan

n = Jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral

Gaya inersia akibat beban gempa didistribusikan pada *joint* pertemuan plat lantai dan plat dinding sebagai berikut:

$$W_t = \left(\frac{Q_{MS} + Q_{MA}}{2} \times L \right) + \left(\frac{P_{MS}}{2} \right)$$

- Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan tanah dinamis dihitung dengan menggunakan koefisien tekanan tanah dinamis (R_{KaG}) sebagai berikut :

$$\phi = \tan^{-1} (Kh)$$

$$K_{aG} = \frac{\cos^2(\phi' - \phi)}{\cos^2\phi \times \left[\frac{1 + \sqrt{(\sin\phi' \times \sin(\phi' - \phi))}}{\cos\phi} \right]}$$

$$\Delta K_{aG} = K_{aG} - K_a$$

- Penulangan

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

Untuk < 30 MPa = (β_1) = 0,85

Untuk > 30 MPa = (β_1) = $0,85 - [(f_c' - 30) \times 0,05/7]$

Momen nominal :

$$M_n = M_u / \phi,$$

Dimana :

M_n = Momen nominal (kNm)

M_u = Momen ultimit (kNm)

Φ = Faktor reduksi kekuatan lentur = 0,80

Faktor tahanan momen,

$$R_{max} = 0,75 \times \rho b \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho b \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right)$$

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2}$$

Dimana :

R_{max} = Faktor tahanan momen maksimum

R_n = Faktor tahanan momen

ρb = Rasio tulangan *balance*

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

M_n = Momen nominal (kNm)

b = Lebar yang ditinjau = 1000mm

d = Tebal efektif plat = Tebal plat (h) – selimut beton (d') – $\frac{1}{2} \phi_{tul}$ (untuk satu lapis tulangan)

= Tebal plat (h) – selimut beton (d') – ϕ_{tul} (untuk dua lapis tulangan)

$R_n < R_{max}$ (OK), jika tidak OK maka perbesar tebal plat lantai atau perbesar kuat tekan beton.

Rasio tulangan :

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho b$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

Dimana :

ρ = Rasio tulangan yang diperlukan

ρ_{min} = Rasio tulangan minimum

ρ_{max} = Rasio tulangan maksimum

Mencari luas tulangan dan jarak tulangan:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$s < 250\pi \times D^2 / A_s \text{ (tulangan satu lapis)}$$

$$s < 250\pi \times 2 \times D^2 / A_s \text{ (tulangan dua lapis)}$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm²)

s = Jarak tulangan (mm)

D = Diameter tulangan (mm)

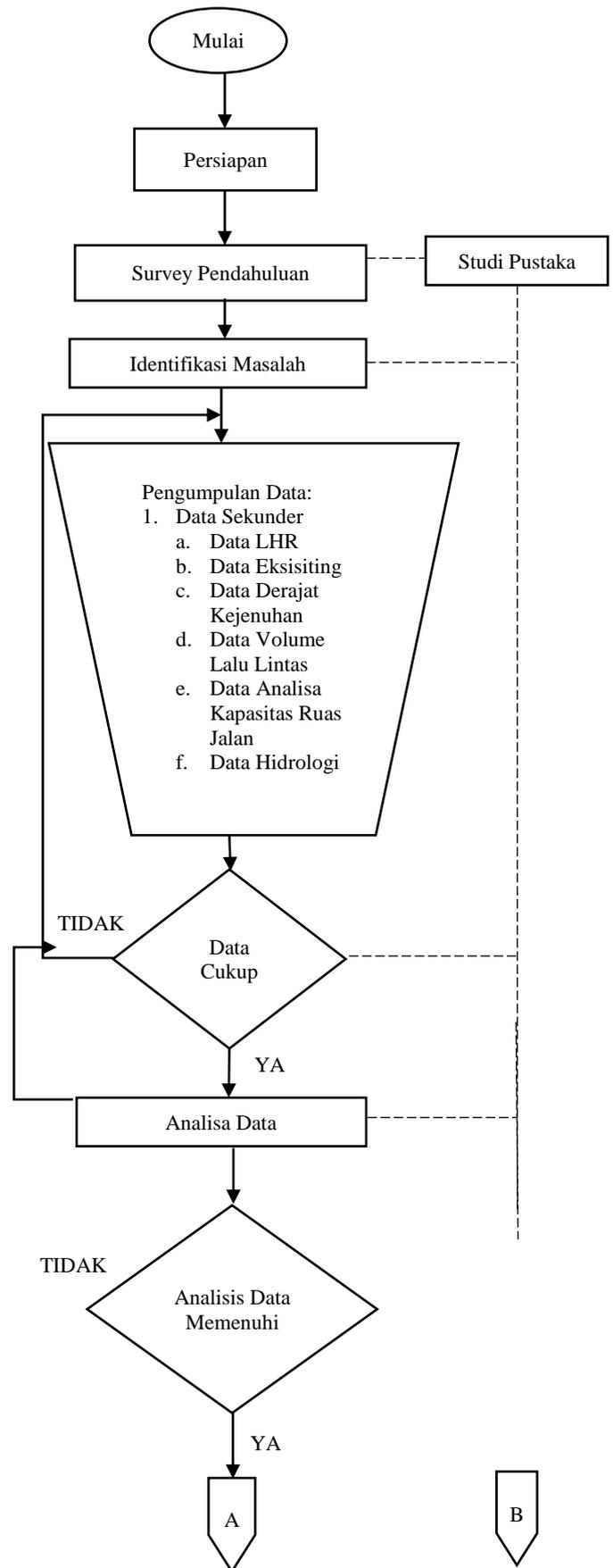
π = 3,14

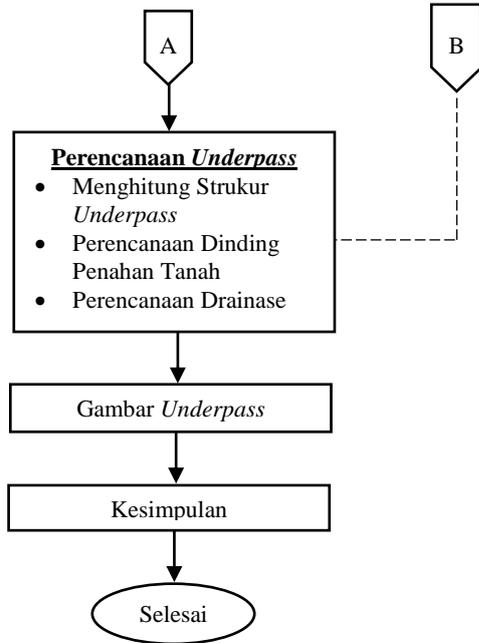
III. METODE DAN OBYEK PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Desain penelitian dimulai dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan perencanaan. Mengumpulkan data yang akan digunakan sebagai data dalam obyek. Desain yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mencari data-data berupa data LHR (Lalu lintas Harian Rata – rata), data eksisting, data derajat kejenuhan, data volume lalu lintas, data analisa kapasitas ruas jalan, data hidrologi dari instansi atau Dinas terkait yang diperlukan guna melengkapi data yang dibutuhkan dalam penyusunan.
2. Studi literatur dengan mengumpulkan referensi dan metode yang dibutuhkan sebagai tinjauan pustaka baik dari buku maupun media lain (internet).
3. Pengolahan dan analisa data-data yang didapat.
4. Perencanaan *underpass*
5. Pengambilan kesimpulan dan saran dari hasil kajian.





Gambar 3.1 Flowchart perencanaan underpass

B. Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan *underpass* ini berada di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya Kelurahan Pondok Pinang Kecamatan Kebayoran Lama Kota Jakarta Selatan Provinsi DKI Jakarta.



IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Kecepatan rencana (V_r) = 60 km/jam
 Kelandaian = 7%

1. Jarak Pandang Henti (JPH)
 Jarak awal reaksi (dp) :

Waktu reaksi = waktu PIEV + Waktu yang dibutuhkan untuk berhenti
 $= 1,5 \text{ detik} + 1,0 \text{ detik}$
 $= 2,5 \text{ detik}$

Jadi jarak reaksi (dp) adalah :

$$dp = 0,278 \times V \times t$$

Dimana :

dp : Jarak reaksi (m)

V : Kecepatan rencana (km/jam)

t : Waktu reaksi (detik)

$$dp = 0,278 \times 60 \text{ km/jam} \times 2,5 \text{ s}$$

$$dp = 41,7 \text{ m}$$

Jarak awal pengereman (db) :

$$db = 0,039 \times \frac{v^2}{a}$$

Diketahui :

$V = 60 \text{ km/jam}$

$a = \text{Tingkat perlambatan (m/s}^2\text{), ditetapkan } 3,4 \text{ m/s}^2$

$$db = 0,039 \times \frac{v^2}{a}$$

$$db = 0,039 \times \frac{60^2}{3,4}$$

$$db = 41,294 \text{ m}$$

Jadi, Jarak pandang henti (JPH) nya adalah :

$$\text{JPH} = \text{Jarak reaksi} + \text{Jarak Pengereman}$$

$$= 41,7 \text{ m} + 41,294 \text{ m}$$

$$\text{JPH} = 82,994 \text{ m}$$

Perhitungan panjang lengkung vertikal:

$$L = \frac{\Delta \times S^2}{120 + 3,5 \times S}$$

Dimana :

L : Panjang lengkung vertikal (m)

Δ : kelandaian 7 (%) dan kecepatan rencana 60 km/jam

S : Jarak pandang henti (m) = 85m

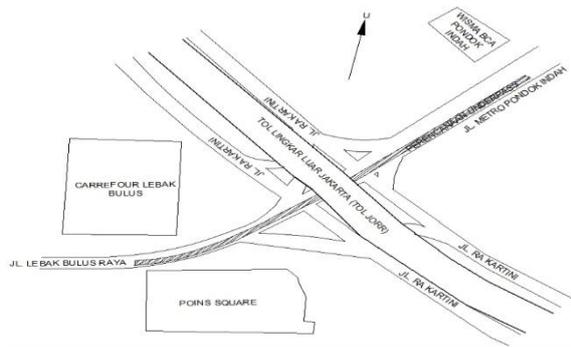
$$L = \frac{7 \times 85^2}{120 + 3,5 \times 85} = 121,138 \text{ m}$$

Jadi, panjang lengkung vertikal adalah **121,138 m**.

B. Pembahasan

Desain underpass :

Pada prinsipnya desain sebuah struktur harus saling mengikat agar tercipta suatu struktur yang kuat dan dapat dipertanggung jawabkan. Pada perencanaan underpass di Jalan Metro Pondok Indah – Jalan Lebak Bulus Raya terdapat struktur *single box culvert*, struktur dinding penahan tanah (*retaining wall*), dan struktur drainase sebagai penunjang perencanaan *underpass*.



Gambar 4.1 Site Plan Perencanaan Underpass

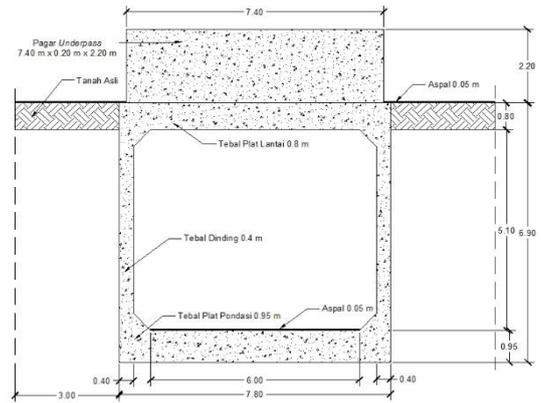


Gambar 4.2 3D Arah Box Culvert Arah Utara



Gambar 4.3 3D Arah Box Culvert Arah Selatan

Perhitungan Box Culvert :



Tabel 4.1 Dimensi Box Culvert

Tabel 4.2 Bahan Struktur

DIMENSI BOX CULVERT		
1.	Lebar box culvert	L = 7,8 m
2.	Tinggi box culvert	H = 6,9 m
3.	Lebar box culvert (sisi dalam)	l = 6 m
4.	Tinggi box culvert (sisi dalam)	h = 5,1 m
5.	Tebal plat lantai atap	h ₁ = 0,8 m
6.	Tebal plat dinding	h ₂ = 0,4 m
7.	Tebal plat pondasi	h ₃ = 0,95 m
8.	Tebal selimut beton	ts = 0,050 m
9.	Panjang pagar underpass	tp = 0,2 m
9.	Tebal lapisan aspal	ta = 0,05 m
10.	Tinggi genangan air hujan	th = 0,05 m

MUTU BETON		
1.	Kuat tekan beton (Plat Lantai Atap dan Dinding)	fc' = 30 MPa
	(Plat Pondasi)	fc' = 55 MPa
2.	Modulus elastik (Plat Lantai Atap dan Dinding)	Ec = 25743 MPa
	Ec = 4700 x √fc' (Plat Pondasi)	Ec = 34856 MPa
3.	Angka poisson	δ = 0,20
4.	Modulus geser (Plat Lantai Atap dan Dinding)	G = 10726,25 MPa
	G = Ec / [2 x (1 + δ)] (Plat Pondasi)	G = 14523,33 MPa
5.	Koefisien muai panjang untuk beton	α = 1,0 x 10 ⁻⁵ °C

MUTU BAJA		
1.	U-40	fy = 400 MPa

BERAT JENIS BAHAN		
1.	Berat beton bertulang	wc = 25 kN/m ³
2.	Berat beton tidak bertulang	w'c = 24 kN/m ³
3.	Berat aspal padat	wa = 22 kN/m ³
4.	Berat jenis air	ww = 9,8 kN/m ³
5.	Berat tanah dipadatkan	ws = 17,20 kN/m ³
6.	Berat tanah asli	ws = 18,00 kN/m ³

Setelah menghitung pembebanan dengan menggunakan *software* SAP2000 v.15 maka didapat momen sebagai berikut :

Tabel 4.3 Momen Plat Lantai Atap

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Momen Lapangan (kNm)	Momen Tumpuan (kNm)
1	Berat Sendiri (MS)	K _{MS}	+149,241	-245,716
2	Beban Mati Tambahan (MA)	K _{MA}	+86,003	-143,165
3	Tekanan Tanah (TA)	K _{TA}	-0,0476	-0,0476
4	Beban "D" (TD)	K _{TD}	+1042,869	-1388,602
5	Gaya Rem (TB)	K _{TB}	-0,0045	-0,0924
6	Beban Angin (EW)	K _{EW}	+5,499	-9,153
7	Pengaruh Temperatur (ET)	K _{ET}	-0,290	-0,290
8	Beban Gempa Statik (EQ)	K _{EQ}	+0,0256	+0,5278
9	Tekanan Tanah Dinamis (EQ)	K _{EQ}	-0,0426	-0,0426

Tabel 4.4 Momen Plat Dinding

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Momen Lapangan (kNm)	Momen Tumpuan (kNm)
1	Berat Sendiri (MS)	K _{MS}	-0,0627	-0,2461
2	Beban Mati Tambahan (MA)	K _{MA}	-0,037	-0,1448
3	Tekanan Tanah (TA)	K _{TA}	+62,908	-146,777
4	Beban "D" (TD)	K _{TD}	-0,363	-1,415
5	Gaya Rem (TB)	K _{TB}	+0,0197	+0,0819
6	Beban Angin (EW)	K _{EW}	-0,0024	-0,0093
7	Pengaruh Temperatur (ET)	K _{ET}	+0,164	+0,519
8	Beban Gempa Statik (EQ)	K _{EQ}	+0,084	+0,514
9	Tekanan Tanah Dinamis (EQ)	K _{EQ}	+39,824	-95,074

Tabel 4.5 Kombinasi Momen Ultimit Plat Lantai Atap

No	Jenis Beban	Momen Lapangan (kNm)	Momen Tumpuan (kNm)
1	Kombinasi 1	+2248,326	-3118,813
2	Kombinasi 2	+1415,076	-2009,746
3	Kombinasi 3	+365,944	-610,240

Tabel 4.6 Kombinasi Momen Ultimit Plat Dinding

No	Jenis Beban	Momen Lapangan (kNm)	Momen Tumpuan (kNm)
1	Kombinasi 1	+78,023	-181,259
2	Kombinasi 2	+78,330	-181,771
3	Kombinasi 3	+118,387	-246,736

No	Jenis Beban	Joint 1 (P ₁ = kN)	Joint 5 (P ₂ = kN)
1	Kombinasi 1	+4549,79	+4587,61
2	Kombinasi 2	+3197,32	+3218,33
3	Kombinasi 3	+1424,70	+1544,77

Tabel 4.7 Joint Reaction On Restraints

Perhitungan Daya Dukung Tanah :
 Lebar dasar pondasi *box culvert*, L = 7,80 m
 Kedalaman pondasi *box culvert*, Z = 1,20 m
 Berat volume tanah, $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Sudut gesek dalam, $\phi = 38^\circ$
 Kohesi tanah, c = 1,5 kN/m²
 Faktor aman, SF = 3

Daya dukung tanah menurut Terzaghi

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0,5 \times \gamma \times L \times N_\gamma$$

Dimana :

q_{ult} = Daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

L = Lebar pondasi (m)

Z = Kedalaman pondasi (m)

N_c = Faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah

N_q = Faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata

N_γ = Faktor daya dukung tanah akibat berat tanah

Dengan sudut gesek 38°, didapat N_c , N_q , N_γ dengan interpolasi dari tabel 4.22, yaitu :

$$N_c = 80,54$$

$$N_q = 65,34$$

$$N_\gamma = 77,20$$

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0,5 \times \gamma \times L \times N_\gamma$$

$$q_{ult} = 6951,594 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a = q_{ult}/SF$$

$$q_a = 2317,198 \text{ kN/m}^2$$

Faktor reduksi kekuatan, $\phi = 0,65$

Kapasitas dukung tanah, $\phi \times q_a = 1506,179 \text{ kN/m}^2$

Kontrol kapasitas daya dukung tanah :

Ditinjau plat dasar selebar, b = 1,00 m

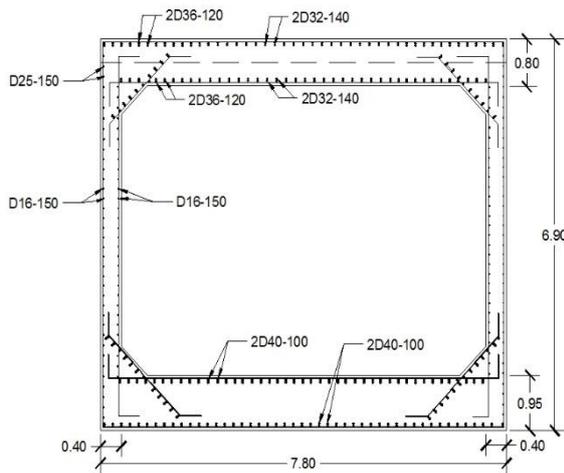
Panjang bentang *box culvert*, L = 7,80 m

Gaya reaksi masing – masing *joint* :

$P_1 = 4549,79$ kN dan $P_2 = 4587,61$ kN
 Beban ultimit pada tanah dasar :
 $P_u = P_1 + P_2 = P_u = 9137,4$ kN
 Luas dasar pondasi, $A = L \times b = A = 7,80$ m²
 Tegangan ultimit pada dasar pondasi :
 $Q_u = P_u / A = Q_u = 1171,46$ kN/m²
 $Q_u < q_a$Aman (OK)

Tabel 4.8 Rekap Pemesian Box Culver

	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan
Plat Lantai Atap	2D32-140	2D36-120
Plat Dinding	D16-150	D22-150
Plat Pondasi	2D40-100	



Perencanaan Drainase :

Panjang saluran drainase (P) = 295,276 m
 L : Perkerasan Jalan (aspal)= 7,80 m
 Tentukan luas daerah (A) = P x L = 2303,153 m²

Selanjutnya tentukan besar nya koefisien C :
 Aspal L₁, koefisien C = 0,70

Diketahui :

- V = 1,5 m/detik
- nd = 0,013
- is = 2% = 0,02
- l₀ = 7,80 m
- P = 295,276 m
- $t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 7,80 \times \frac{0,013}{0,02} \right)^{0,167}$
- = 1,494 menit
- $t_2 = \frac{295,276}{60 \times 1,5} = 3,281$ menit
- T_c = t₁ + t₂ = 1,678 + 3,281 = 4,775 menit

Selanjutnya menghitung intensitas hujan maksimum dan debit :

Dengan menggunakan metode Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)
 t_c = Waktu konsentrasi (jam) = 4,775 / 60 = 0,0796 jam

R₂₄ = Curah hujan maskimum selama 24 jam (mm) = 15,186 mm

$$I = \frac{15,186}{24} \times \left(\frac{24}{0,0796} \right)^{\frac{2}{3}} = 28,451$$

mm/jam

- Hitung Besarnya Debit
 Perhitungan menggunakan rumus berikut :
 $Q = 1/3,6 \times C \times I \times A$
 Ket :
 Q = Debit banjir rencana (m³/detik)
 C = Koefisien pengaliran = 0,70
 I = Intensitas curah hujan (mm/jam) = 28,451 mm/jam
 A = Luas daerah pengaliran (km²) = 2303,153 m² = 0,00230 km²
 $Q = 1/3,6 \times 0,7 \times 28,451 \times 0,00230 = 0,0127$ m³/detik

- Penentuan Dimensi Saluran
 Penentuan dimensi diawali dengan penentuan bahan
 Saluran direncanakan dibuat dari beton dengan kecepatan aliran yang diijinkan 1,50 m/detik
 Bentuk penampang : segi empat
 Kemiringan saluran yang diijinkan : sampai dengan 3%
 Angka kekasaran permukaan saluran Manning = n = 0,014

Tentukan kecepatan saluran (V) < kecepatan ijin dan kemiringan saluran

V = 1,3 m/detik (< V ijin = 1,50 m/detik)
 is = 2%

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times is^{1/2} \times R = \frac{A}{P}$$

Ket:

V = Kecepatan rata – rata dalam saluran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Radius hidrolis

is = Kemiringan saluran

A = Luas saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Dengan dimensi : h = 0,5 m

Maka, $R = A/P = (h \times b) / (2h + b) = 0,5b / (1 + b)$

Dari persamaan rumus didapat :

$$1,3 = \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{0,5b}{1+b}\right)^{2/3} \times 2\%^{1/2}$$

Maka, lebar saluran (b) = 0,5 m

- Tentukan tinggi jagaan saluran
 $w = \sqrt{0,5 \times h} = \sqrt{0,5 \times 0,5} = 0,5 \text{ m}$
 Perencanaan Dimensi Tampunguan

Karena ada 2 *single box* culvert, maka menggunakan 4 tumpungan dengan dimensi :
 $P \times L \times T = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 4 \text{ m}^3$
 4 tumpungan = $4 \times 4 = 16 \text{ m}^3$
 Jadi bila curah hujan $0,0127 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,762 \text{ m}^3/\text{menit}$

Dalam 15 menit hujan, tumpungan dalam keadaan aman, tumpungan tidak aman dalam waktu 20 menit karena debit sudah mencapai 15.24 m^3 .

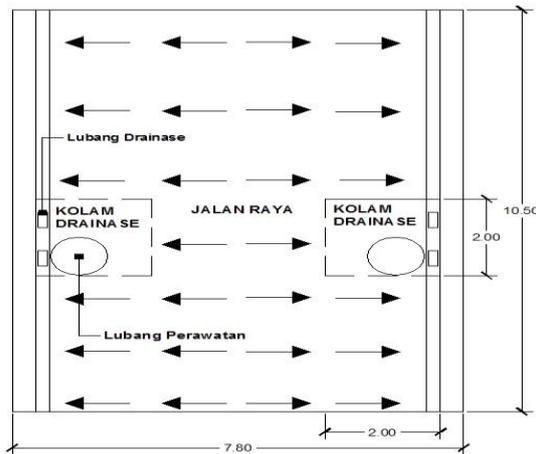
Keterangan :

H =	8.1 m
h1 =	1.2 m
h2 =	6.9 m
B =	7 m
b1 =	4.5 m
b2 =	1.5 m
b3 =	1 m

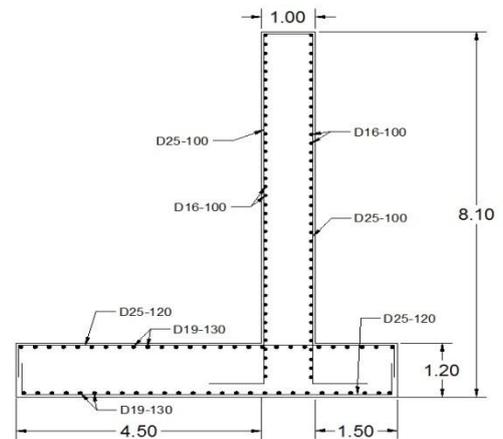
Tabel 4.9 Momen Dinding Penahan Tanah

Tabel 4.10 Rekap Pembesian Dinding Penahan Tanah

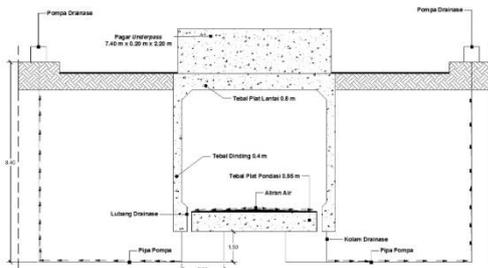
	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
Bidang 1	2D32-140	2D36-120
Bidang 2	D16-150	D22-150



Gambar 4.6 Tampak Atas Perencanaan Drainase



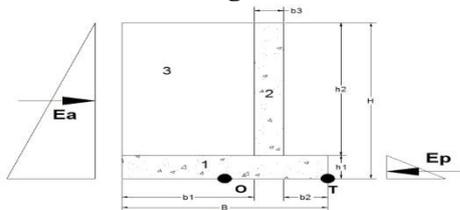
Gambar 4.9 Penulangan Dinding Penahan Tanah



Gambar 4.7 Tampak Depan Perencanaan Drainase

Bidang	Besar (kN/m)	Lengan Terhadap T (m)	Lengan Terhadap O (m)	Momen Terhadap T (kNm)	Momen Terhadap O (kNm)
1	210	3.5	0	735	0
2	172.5	2	1.50	345	258.750
3	534.1	3.5	1.25	1869	667.575
	916.6				
Ep	50.857	0.4	0.4	20.343	20.343
				2969.553	946.668
Ea	56.564	2.7	2.7	152.723	152.723
				2816.830	793.945

Perencanaan Dinding Penahan Tanah :



Gambar 4.8 Dinding Penahan Tanah

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perencanaan *underpass* tetap ada perlintasan sebidang dengan lebar jalan 3 m sebanyak 1 jalur 2 lajur 1 arah. Dan pada jalan *underpass* nya terdapat 1 jalur 2 lajur 1 arah dengan lebar masing – masing lajur 3 m dan tinggi kendaraan maksimum 5,1 m.
2. Panjang total struktur *underpass* di jalan Metro Pondok Indah – jalan Lebak Bulus Raya adalah 295,276 m, yang terdiri dari :
 - a. *Ramp Utara* = 121,138 m
 - b. *Ramp Selatan* = 121,138 m
 - c. Panjang *box culvert* utara = 10,5 m
 - d. Panjang *box culvert* selatan = 10,5 m
 - e. Panjang jalan antara *box culvert* utara dengan *box culvert* selatan = 32 m
3. Dari hasil analisis, kemacetan yang terjadi di persimpangan ini diakibatkan oleh kapasitas ruas jalan yang sudah mencapai titik jenuh yang cukup signifikan sehingga perlu dilakukan pembangunan simpang tak sebidang.
4. Titik konflik yang terjadi sebelum dibangunnya *underpass* yaitu sebanyak 8 titik konflik. Dengan dibangunnya *underpass* titik konflik menjadi 5 titik konflik.
5. Dari perhitungan struktur *box culvert* didapat hasil sebagai berikut :
 - a. Penulangan plat lantai atap yang mempunyai ketebalan 800 mm menggunakan tulangan 2D32-140 untuk tulangan dan tulangan 2D36-120 untuk tumpuan.
 - b. Penulangan plat dinding yang mempunyai ketebalan 400 mm menggunakan tulangan D16-150 untuk lapangan dan tulangan D22-150 untuk tumpuan.
 - c. Penulangan plat pondasi yang mempunyai ketebalan 950 mm menggunakan tulangan 2D40-100.
6. Perencanaan drainase menggunakan 4 pompa, dengan lebar saluran drainase 0,5 m, tinggi saluran 0,5 m, dan tinggi jagaan 0,5 m. Menggunakan sistem penampungan air di bawah plat pondasi dengan dimensi kolam 2 x 2 x 1,5 m.
7. Penulangan dinding penahan tanah (*retaining wall*) untuk bidang 1

menggunakan tulangan utama D25-120 dan tulangan sengkang D19-130, dan untuk bidang 2 menggunakan tulangan utama D25-100 dan tulangan sengkang D16-100.

B. Saran

1. Perencanaan *underpasses* harus memperhatikan kondisi eksisting yang ada terkait dengan tata guna lahan dan harus menghindari fasilitas umum.
2. Permodelan dan pembebanan sangat berpengaruh besar terhadap benar atau tidaknya hasil perhitungan yang akan diperoleh. Kesalahan pada kedua hal tersebut mengakibatkan kesalahan pada dimensi akhir.
3. Sebelum merencanakan struktur *underpass* hendaknya didahului dengan studi kelayakan agar pada perhitungan struktur nantinya dapat diperoleh hasil yang memuaskan baik dari segi mutu, biaya, maupun waktu.
4. Jika ingin direalisasikan perencanaan *underpass* di persimpangan ini, harus juga mempertimbangkan aspek biaya (RAB) dengan meminimalkan biaya dan waktu pelaksanaan serta mutu yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Buku - buku

- Anggraini, N. 2011. “*Underpasses Planning of The Main Street Gandaria City Using Soldier*”. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Gunadarma. Jakarta.
- Anwar, Saihul. 2013. “*Rekayasa Pondasi*”. Yogyakarta : Deepublish.
- Arifin, M.Z., Wibisono, F. 2008. “Perencanaan *Underpass* Simpang Tujuh Joglo Surakarta (*Design Of Simpang Tujuh Joglo Surakarta Underpass*)”. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Asroni, A. 2010. “*Kolom Pondasi & Balok T Beton Bertulang*”. Surakarta: Graha Ilmu.
- Dewi, A.I., Nurcahyo, C.B. 2014. “Analisa Resiko Pada Proyek Pembangunan *Underpass* Di Simpang Dewa Ruci Kuta Bali”. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Lantip, M._____.”Perencanaan Sistem Drainase”.Tugas Rekayasa

Lingkungan". Fakultas Teknik.
Universitas Mulawarman. Samarinda.

Pramono, K. (2015). "Analisis Pengembangan Jalan Tidak Sebidang (*Underpass*) Di Jalan RA KArtini Kota Cirebon". Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Swadaya Gunung Jati. Cirebon.

2. Lain – Lain

"Dampak Positif dan Negatif dari Kebijakan Mobil Murah", *Republika*, 24 September 2013. Diakses 2 September 2015, dari: www.republika.co.id.

"Joki 3 in 1 dan Drama Satir Kaum Urban", *Kompasnia*, 25 April 2011 Diakses 2 September 2015, dari: www.kompasnia.com.

Anonim (2004), RSNI T-14-2004 *Tentang Geometri Jalan Perkotaan*, Badan Standarisasi Nasional.

Anonim (2005), RSNI T-02-2005 *Tentang Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional.

Anonim (2008), SNI 2833:2008 *Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional.

BMKG. (2013). Data Jumlah Curah Hujan dan Jumlah Hari Hujan. Jakarta : BPS.

Departemen Pekerjaan Umum. (1997). *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*. Jakarta : Dirjen Bina Marga.

DPU. (2013). *Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) Dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL)*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum.

Ihham, M.N. (2008). *Perhitungan Struktur Box Culvert*. [Online]. Tersedia : <http://dokumen.tips/documents/desain-box-culvertpdf.html>. [22 Oktober 2015].

Kementrian Pekerjaan Umum. (2013). *Perancangan Drainase Jalan*. Jakarta : Puslitbang Jalan dan Jembatan.

Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat Mandiri Perkotaan. (2013). *Perhitungan Struktur Box Culvert*. Samarinda : PNPM-MP.

Wahyudi. (2015). *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang dengan SAP2000 v11.0*. [Online]. Tersedia : <http://docslide.nl/documents/modul-sap2000-v11-ok.html> [7 November 2015].