
**Perencanaan Pembangunan *Underpass* Di Persimpangan Jalan Dr. Cipto Mangunkusumo
– Jalan Dr. Wahidin Cirebon
Guna Mengurangi Kepadatan Lalu Lintas**

Baban Sobana*, 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

Pertumbuhkendaraannya yang semakin pesat tiap tahun dan tidak diimbangi dengan peningkatan prasarana jalan akan menimbulkan kemacetan terutama pada jam-jam sibuk. Kemacetan yang terjadi terutama pada persimpangan-persimpangan yang ada di kota Cirebon. Diantara beberapa persimpangan yang ada, persimpangan jalan Dr. Cipto Mangunkusumo - jalan Dr. Wahidin sebagai salah satu simpang yang padat. Untuk mengurai kemacetan dan mengurangi kepadatan volume lalu lintas di persimpangan jalan tersebut maka diperlukan suatu perencanaan persimpangan tidak sebidang dengan *underpass*. Selain itu dengan adanya persimpangan tak sebidang pula, arus lalu lintas menjadi lancar serta titik konflik dapat berkurang sehingga meminimalisir terjadinya kecelakaan. Dalam perencanaan *underpass* ini digunakan *software* SAP2000 (*Structure Analisis Program*) untuk menghitung pembebanan dan momen yang bekerja pada struktur. Dimensi *Box Culvert* yang digunakan tinggi 7,1 meter panjang 15 meter dan lebarnya 7,9 meter. Hasil analisis yang didapat pada perencanaan *underpass* ini menghasilkan momen terbesar pada plat lantai kendaraan sebesar -3116,15 kNm dengan momen sebesar itu dipakai tulangan 2D32-100 pada tumpuan dan 2D32-140 pada bagian lapangan dengan tebal plat 0,85 meter. Untuk plat dinding momen terbesarnya yaitu 242.78 kNm memakai tulangan D19 – 110 pada tumpuan dan D16 – 110 pada bagian lapangan dengan tebal plat 0,40 meter. Sedangkan plat pondasi menggunakan tulangan 2D40 – 100 dengan tebal plat 0,98 meter. Pada reaksi tumpuan reaksi yang terjadi sebesar 3829.05 kN.

Kata kunci : persimpangan, *underpass*, *box culvert*, dimensi, momen, tulangan.

ABSTRACT

Growth vehicles is rapidly increasing every year and is not offset by an increase in road infrastructure will cause congestion, especially at peak hours. Congestion that occurs primarily in the intersections in the city of Cirebon. Among some existing intersections, crossroads Dr. Cipto Mangunkusumo - Dr. Wahidin road as one of the intersections are congested. To unravel congestion and reduce the density of traffic volume at the intersection of these roads, we need a plan is not a piece of the underpass junction. In addition to the plot of the intersection is not well, a smooth flow of traffic and the point of conflict can be reduced so as to minimize the occurrence of accidents. In planning this underpass used software SAP2000 (Structure Analysis Program) for calculated loading and moments acting on the structure. Dimensions Box Culvert used height 15 meters 7.1 meters long and 7.9 meters wide. The analysis results obtained in this underpass planning resulted in the greatest moments in the floor plate of the vehicle amounted to 3116.15 kNm at the moment it is used on a pedestal 2D32-100 and reinforcing 2D32-140 on the pitch with plate thickness of 0.85 meters. The biggest moment for wall plate is 242.78 kNm wear reinforcement D19 - 110 on the pedestal and D16 - 110 on the ground with a plate thickness of 0.40 meters. While the foundation plate using reinforcement 2D40 - 100 with plate thickness of 0.98 meters. On the support reactions reactions that occur at 3829.05 kN.

Keywords : crossing, *underpass* , *box culvert* , dimensions, moments ,reinforcement .

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana yang mempunyai peran penting dalam sistem transportasi guna mendukung pembangunan nasional maupun daerah. Hal tersebut berkaitan erat dengan distribusi penduduk atau barang dalam rangka mendukung kelancaran kegiatan pemerintahan, pembangunan ekonomi, dan pengembangan wilayah. Pesatnya pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan pelayanan jasa transportasi menuntut adanya peningkatan infrastruktur jalan raya sebagai penopang kegiatan transportasi.

Dengan banyaknya aktivitas warga membuat transportasi di kota Cirebon menjadi padat terutama pada jam-jam berangkat kerja / sekolah maupun pada jam pulang kerja. Hal tersebut juga terjadi dipersimpangan jalan Dr. Cipto Mangunkusumo – jalan Dr. Wahidin dan jalan Tuparev – jalan R.A Kartini, Cirebon. Dipersimpangan tersebut seringkali terjadi kemacetan yang cukup panjang.

Ketidaktertiban dan tidakpatuhan 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. Selain itu, 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.

Kemacetan yang terjadi terus menerus akan menghambat mobilitas masyarakat kota Cirebon untuk beraktifitas. Untuk mengatasi kemacetan yang terus berlangsung, perlu dilakukan berbagai alternatif pembenahan. Salah satu upaya untuk mengurangi masalah kemacetan adalah dengan rekayasa lalu lintas, rekayasa transportasi, atau pembuatan infrastruktur lain yang dapat menanggulangi masalah kemacetan. Pembuatan infrastruktur lain yang bisa dilakukan adalah membuat persimpangan tidak sebidang yang berada dibawah jalan lain seperti *underpass*.

Berdasarkan uraian-uraian di atas, maka dipersimpangan jalan Dr. Cipto

Mangunkusumo – Dr. Wahidin Cirebon perlu dibangun persimpangan tidak sebidang yang nantinya diharapkan bisa mengurangi masalah kemacetan dipersimpangan tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Analisis adalah uraian atau usaha mengetahui arti suatu keadaan, data atau bahan keterangan mengenai suatu keadaan diurai dan diselidiki hubungannya satu sama lain. (Suwardjoko Warpani, 1980 : 1)

Pekerjaan analisis akan menghadapi berbagai masalah yang kompleks, yaitu permasalahan data, definisi, penentuan batas daerah perencanaan, ketersediaan data dan lain-lain. Data yang dibutuhkan dalam analisis tidak selalu tersedia secara lengkap. Keadaan ini sering terjadi di negara berkembang seperti di Indonesia. Mekanisme pengumpulan data antar wilayah yang tidak seragam menyebabkan ada banyak varian untuk satu jenis data.

Analisis diperlukan dalam melakukan perencanaan khususnya untuk perencanaan pengembangan baik suatu wilayah maupun suatu konstruksi bangunan. Sehingga perencanaan pengembangan tersebut dapat dilakukan secara optimal.

2.1 ASPEK LALU LINTAS

Tinjauan dari aspek lalu lintas diperlukan untuk menganalisis volume kendaraan dan derajat kejenuhan pada ruas jalan khususnya pada persimpangan jalan. Disamping itu, diperlukan juga suatu analisis *density* / kepadatan pada tiap – tiap ruas jalan. Analisis ini dipergunakan untuk menilai kemampuan Simpang dalam melayani lalu lintas yang ada serta analisis mengenai kemungkinan penggunaan *underpass* sebagai penyelesaian permasalahan yang timbul.

Sedangkan tinjauan dari aspek alinyemen jalan, baik alinyemen vertikal maupun horizontal selain digunakan dalam analisis kelayakan eksisting jalan, juga digunakan untuk desain *underpass*. Dengan memperhatikan aspek alinyemen nantinya

akan diperoleh suatu desain *underpass* yang aman, nyaman, serta efektif.

2.1.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang aman dan dapat dipertahankan disepanjang bagian tertentu pada bagian tertentu pada jalan raya. Kecepatan rencana ini didasarkan pada kondisi cuaca cerah, lalu lintas lenggang dan pengaruh hambatan samping jalan yang tidak berarti. Kecepatan rencana untuk jalan antar kota dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak boleh lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana ini didasarkan pada fungsi jalan dan kondisi medan jalan.

Tabel 2.1 Kecepatan Rencana Berdasarkan Klasifikasi Fungsi

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana, V_R (Km/jam)
Arteri Primer	50 – 100
Kolektor Primer	40 – 80
Arteri Sekunder	50 – 80
Kolektor Sekunder	30 – 50
Lokal Sekunder	30 - 50

Sum
ber :
RSN

I - Geometri Jalan Perkotaan, 2004

2.1.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan banyaknya jumlah kendaraan yang melewati suatu titik di ruas jalan tertentu pada interval waktu tertentu. Pada dasarnya volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar agar aman dan nyaman. Sebaliknya jalan dibuat terlalu lebar namun volume lalu lintasnya rendah cenderung membahayakan.

2.1.2.1 Kepadatan

Kepadatan lalu lintas adalah merupakan jumlah kendaraan yang bergerak pada suatu panjang ruas jalan tertentu. Satuan kepadatan adalah kendaraan per km atau kendaraan-km per jam.

Kepadatan lalu lintas dapat juga dikaitkan dengan penyediaan jumlah lajur jalan. Semakin tinggi kepadatan lalu lintas, semakin penting juga jalan tersebut didalam jaringan jalan.

2.1.2.2 Kapasitas

Yaitu arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.

Tabel 2.2 Kapasitas Dasar, C_0

Tipe Jalan	C_0 (skr/jam)	Catatan
4/2T atau jalan satu arah	1650	Per Lajur (satu arah)
2/2 TT	2900	Per Jalur (dua arah)

Sumber : *Kapasitas Jalan Perkotaan, 2014*

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas terkait ukuran kota, FC_{UK}

Ukuran Kota (Jutaan Penduduk)	Fakor Peyesuaian Untuk ukuran Kota , (FC_{UK})
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : *Kapasitas Jalan Perkotaan, 2014*

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berbahu, FC_{HS}

Tipe Jalan	KHS	FC_{HS}			
		Lebar Bahu Efektif L_{Be} , m			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2T	SR	0,96	0,98	1,01	1,03
	R	0,94	0,97	1,00	1,02
	S	0,92	0,95	0,98	1,00
	T	0,88	0,92	0,95	0,98
	ST	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2 Atau Jalan Satu Arah	SR	0,94	0,96	0,99	1,01
	R	0,92	0,94	0,97	1,00
	S	0,89	0,92	0,95	0,98
	T	0,82	0,86	0,90	0,95
	ST	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Kapasitas Jalan Perkotaan, 2014

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas, FC_{LJ}

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas efektif (m)	FC_{LJ}
4/2T atau Jalan satu arah	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08
2/2 TT	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,00	1,29
	11,00	1,34

Sumber : Kapasitas Jalan Perkotaan, 2014

2.1.2.3 Derajat Kejenuhan

Degree of Saturation (Derajat Kejenuhan / DS), DS yaitu perbandingan antara volume dengan kapasitas. Perbandingan tersebut menunjukkan kepadatan lalu lintas dan kebebasan bagi kendaraan.

Bila $DS < 0.75$ maka jalan tersebut masih layak, dan

Bila $DS > 0.75$ maka jalan sudah tidak layak dan memerlukan pelebaran pada ruas jalan tersebut.

Hubungan antar tingkat pelayanan dan kapasitas ditunjukkan berdasarkan persamaan berikut :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$Q = \frac{\text{LHR}(\text{umur rencana}) + \text{LHR}(\text{masa pelaksanaan})}{2}$$

Dimana : Q = Volume lalu lintas

2.1.3 Lajur dan Jalur

Jalur adalah suatu bagian dari lajur lalu lintas yang ditempuh oleh kendaraan dalam satu jurusan. Jalur jalan dapat terdiri dari satu atau lebih lajur. Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan dan memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan.

Jumlah lajur jalan pada suatu jalur sangat ditentukan oleh perkiraan kebutuhan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang akan melalui jalan tersebut. Jumlah jalur jalan harus ditentukan oleh perbandingan antara volume kendaraan untuk perencanaan dengan standar perencanaan LHR perjalur.

2.1.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis garis vertikal yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal merupakan bentuk geometri jalan dalam arah vertikal. Profil ini menggambarkan perencanaan terhadap adanya jalan naik dan turun untuk memberikan pertimbangan akan kemampuan penuh melalui jalan tersebut.

2.1.4.1 Jarak Pandang Henti

a. Jarak Reaksi

Jarak reaksi merupakan panjang bagian jalan yang dibutuhkan oleh pengemudi selama waktu persepsi. Menurut AASHTO 1990, ditetapkan waktu PIEV adalah 1,5 detik.

Waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan ini disebut waktu reaksi yang besarnya adalah 0,5 – 1,0 detik.

Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk waktu persepsi dan waktu

reaksi adalah:

$$\begin{aligned} \text{Waktu reaksi} &= \text{waktu PIEV} + 1,0 \text{ detik} \\ &= 1,5 + 1,0 \text{ detik} \\ &= 2,5 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi jarak reaksi (dp) adalah :

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

b. Jarak Pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya, diukur dari saat menginjak rem sampai dengan kendaraan berhenti (db).

$$db = 0.039 \frac{v^2}{a}$$

Dimana :

- db = Jarak horizontal selama pengereman sampai dengan berhenti (m)
- V = Kecepatan kendaraan saat pengereman
- a = Tingkat Perlambatan, ditetapkan 3,4 m/s²

$$JPH = \text{Jarak reaksi} + \text{jarak pengereman}$$

Tabel 2.6Jarak Pandang Henti Minimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)
120	250
100	175
80	120
60	75
50	55
40	40
30	27
20	16

Sumber : Geometri Jalan Perkotaan, RSNI T-14 – 2004

c. Kelandaian

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Untuk jalan antar kota, kelandaian

maksimum berdasarkan kecepatan rencana adalah :

Tabel 2.7Kelandaian Maksimum

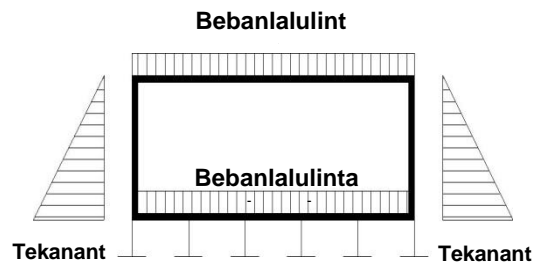
Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian Maksimum i (%)
100	5
90	5
80	5
70	6
60	7
50	8

Sumber : Geometri Jalan Perkotaan, RSNI T-14 – 2004

2.2 Aspek Konstruksi

2.2.1 Pemodelan Reayasa Struktur

Apabila konstruksi *underpass* memakai suatu *box culvert*, maka *box culvert* dimodelkan sebagai struktur portal diatas tumpuan jepit. Portal ini merupakan jenis portal tak bergoyang karena akibat pembebanan terjadi perubahan panjang bentang



Gambar 2.1 Permodelan Struktur *Box Culvert*

2.2.2 Pembebanan

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

1. Beban Hidup
 - a. Beban Lajur “D”
 - b. Beban Truk “T”
2. Beban Mati
 - a. Berat Sendiri
 - b. Beban Mati Tambahan

3. Gaya Rem
4. Tekanan Tanah
5. Beban Angin
6. Pengaruh Temperatur
7. Beban Gempa
 - a. Beban Gempa Statik Ekuivalen
 - b. Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Table 2.8 Kombinasi Beban Ultimit

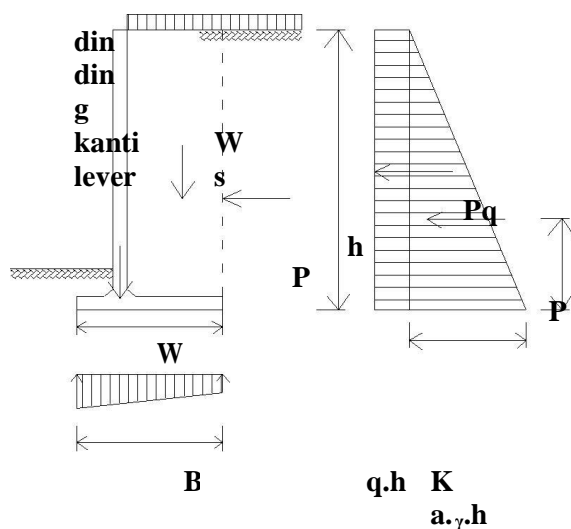
No	Jenis Beban	Fakto r	KO MP	KOM P. 2	KO MP
1	Berat sendiri	K_{MC}	1.30	1.30	1.30
2	Beban mati	K_{MA}	2.00	2.00	2.00
3	Tekanan tanah	K_{TA}	1.25	1.25	1.25
4	Beban Lajur	K_{TL}	1.80	1.00	
5	Beban Truk	K_{TT}	1.80	1.00	
6	Gaya rem	K_{TR}	1.80	1.00	
7	Beban angin	K_{EW}	1.00	1.20	
8	Pengaruh	K_{ET}	1.00	1.20	
9	Beban gempa	K_{EG}			1.00
10	Tekanan tanah	K_{EO}			1.00

Sumber : Pembebanan Untuk Jembatan, RSNI T-02-2005

2.3 Aspek Tanah

2.3.1 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.



distribusi tekanan pada

dasar

B

Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah

$$K_a = \tan^2 45^\circ - \frac{\phi}{2}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

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

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

2.3.2 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 untuk pondasi menerus :

$$q_{ult} = c \cdot N_c + D_y \cdot \gamma_0 \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma$$

2.4 Aspek Hidrologi

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

a. Mencari besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu dengan rumus Gumbel :

$$X_{TR} = X + [0,78 \cdot \{-\ln(-\ln(1-1/TR))\} - 0,45] S_x$$

Dimana :

X_{TR} = Besarnya curah hujan untuk periode ulang tertentu (mm)

X = Curah hujan maksimum rata – rata selama tahun pengamatan (mm)

S_x = Standar deviasi

T_R = Periode ulang (tahun)

$[0,78 \cdot \{-\ln(-\ln(1-1/TR))\} - 0,45]$: Faktor frekuensi Gumbel

b. Mencari debit banjir (Q)

Besarnya debit (Q) yang ditentukan dengan

menggunakan rumus:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot I \cdot A$$

Dimana :

Q = Besar debit (m³/detik)

A = Koefisien pengaliran

B = Koefisien penyebaran hujan

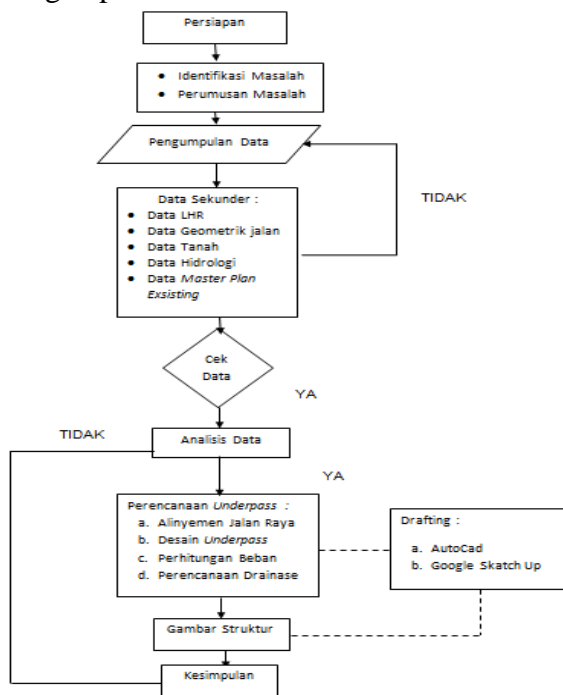
I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (Ha)

3. METODE DAN OBJEK PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif yaitu dengan cara survey dan mengamati langsung ke objek penelitian yaitu di Persimpangan Jalan Dr. Cipto Mangunkusumo – Jalan Dr. Wahidin Cirebon. Sedangkan Metode Kuantitatif dengan mempelajari literatur yang berkaitan dengan penelitian.



Gambar 3.1 Metode Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini berada di jalan Dr. Cipto Mangunkusumo – jalan Dr. Wahidin Kota Cirebon.



Gambar 3.2 Lokasi penelitian

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 4.1 LHR jalan kota Cirebon

Jalan	LHR
Dr. Cipto MK	4236
Dr. Wahidin	1789
R.A Kartini	2732
Tuparev	2556

Sumber : Dinas Bina Marga Kota Cirebon, 2015

a. Perhitungan Kapasitas Jalan

Perhitungan Kapasitas jalan dapat dihitung melalui rumus :

$$C = C_0 \times FC_{UK} \times FC_{HS} \times FC_{LJ}$$

Untuk perhitungan kapasitas jalan Dr. Cipto MK dengan tipe Jalan 4/2T kapasitas dasarnya yaitu 1650/lajur

Faktor Penyesuaian Kapasitas terkait ukuran kota, $FC_{UK} = 0,90$

Faktor penyesuaian kapasitas akibat KHS pada jalan berbahu, $FC_{HS} = 0,95$

Faktor penyesuaian kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas, $FC_{LJ} = 1,00$

Maka kapasitasnya adalah

$$C = (4 \times 1650) \times 0,90 \times 0,92 \times 1,00 = 5465 \text{ skr/jam}$$

Tabel 4.2 Kapasitas jalan kota Cirebon

Jalan	Kapasitas
Dr. Cipto MK	5465
Dr. Wahidin	5192
R.A Kartini	5356
Tuparev	2556

b. Perhitungan Derajat Kejenuhan (Degree of Saturation)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan dari volume (nilai arus) lalu lintas terhadap kapasitasnya. Perhitungan Derajat kejenuhan Jalan Dr. Cipto Mangunkusumo

$$DS = Q/C \dots (D)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Q_{max} = 4236 smp/jam

C = 5465 smp/jam

Sehingga:

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{4236}{5465} DS = 0,78$$

Tabel 4.3 Derajat Kejenuhan

No	Ruas Jalan	Derajat Kejenuhan
1	Dr. Cipto Mangunkusumo	0,78
2	Dr. Wahidin	0,38
3	R.A Kartini	0,58
4	Tuparev	0,98

Berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan di persimpangan Jalan Dr.Cipto Mangunkusumo – Jalan Wahidin- Jalan R.A Kartini – Jalan Tuperev mempunyai kinerja yang buruk, sudah mendekati jenuh. Hal ini telah mengindikasikan bahwa kondisi lalu lintas yang terjadi saat ini di Jalan Dr.Cipto Mangunkusumo khususnya di persimpangan jalan Dr.Cipto Mangunkusumo – jalan Dr. Wahidin Cirebon sudah perlu ditingkatkan melalui perencanaan pembangunan simpang tak sebidang.

c. Perhitungan alinyemen Jalan

Perhitungan Jarak reaksi :

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

$$dp = 0,278 \times 50 \times 2,5 \text{ s}$$

$$dp = 34,75 \text{ m}$$

Perhitungan Jarak Pengereman :

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

$$db = 0,039 \times \frac{50^2}{3,4}$$

$$db = 28,68 \text{ m}$$

Perhitungan Jarak Pandang Henti :

JPH = Jarak reaksi + Jarak Pengereman

$$= 34,75 \text{ m} + 28,68 \text{ m}$$

$$= 63,43 \text{ m}$$

Karena jarak Pandang henti minimal untuk kecepatan 50 km/jam yaitu 65 m, maka diambil yang 65 m.

Perhitungan Lengkung Vertikal :

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

$$L = \frac{8 \times 65^2}{120 + 3,5 \times 65} = 97,3 \text{ m}$$

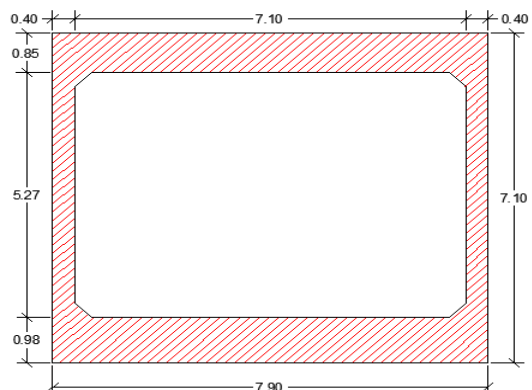
Jadi, jarak panjang lengkung vertikal adalah 98 m.

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Desain Struktur

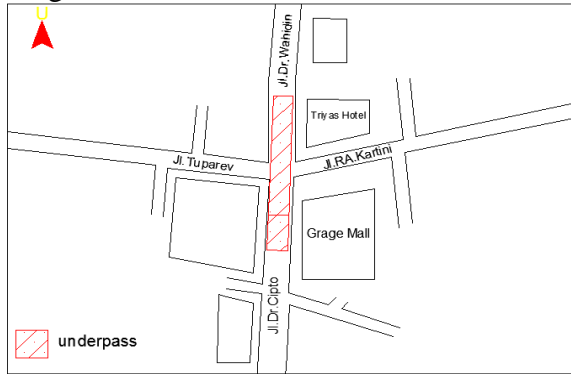
Penulis memilih desain *underpass* dengan *single cell box culvert* berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain bentang yang tidak terlalu panjang untuk menghindari dimensi yang besar, dan menghindari pemborosan biaya.

Dimensi *Underpass* yang direncanakan yaitu dengan tinggi total 7,1 meter sedangkan untuk tinggi sisi dalamnya yaitu 5,25 meter. Bentang yang direncanakan sebesar 7,9 meter dengan lebar sisi dalam 7,1 meter. Adapun bentuk gambar desain struktur *underpass* yang direncanakan terdapat dalam gambar di bawah ini.

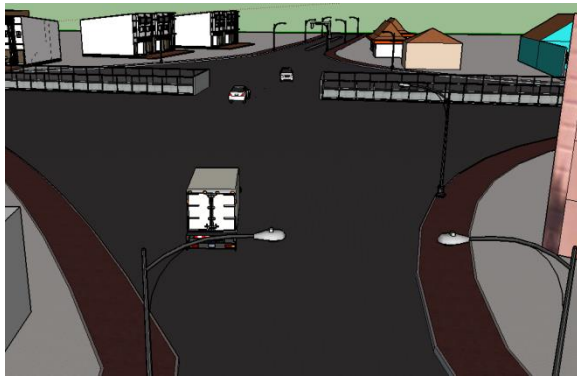


Gambar 4.1 Desain Dimensi Box Culvert

Penulis menggunakan *software Autocad* dan *Google Sketch-Up* dalam melakukan proses desain struktur *underpass* dengan metode *box culvert*.



Gambar 4.2 Site Plan Underpass



Gambar 4.3 Visualisasi 3D

4.2.2 Data Perencanaan

a. Konstruksi Bangunan

- Tipe konstruksi : *Single Box Culvert*
- Panjang total : 15 m
- Lebar bentang : 7,9 m
- Tinggi : 7.1 m
- Lebar jalur kendaraan : 6,5 m

b. Data Tanah

Tabel 4.4 Data Tanah

	Eksisting	satuan
Berat jenis tanah (γ_t)	17,2	kN/m ³
Sudut geser tanah (ϕ_s)	35	°

Sumber : *Skripsi Deis Ismail Ramadhan, 2014*

c. Data Material

- Lantai kendaraan & Plat pondasi : $F_c' = 30$ Mpa
- Dinding: $F_c' = 27$ MPa
- Berat Jenis Beton Bertulang: $w_c = 25$ kN/m³
- Modulus elastis beton : $E_c = 25742,96$ Mpa
- Berat aspal : $w_a = 22.00$ kN/m³
- Berat jenis air : $w_w = 9.80$ kN/m³
- Berat tanah : $w_s = 17.20$ kN/m³
- Mutu Tulangan tulangan dengan $\phi > 12$ mm: $f_y = 400$ Mpa
- tulangan dengan $\phi \leq 12$ mm : $f_y = 240$ Mpa

d. Dimensi Rencana

- Lebar *Box Culvert*(L) : 7,90 m
- Tinggi *Box Culvert*(H) : 7,10 m
- Lebar *box* sisi dalam (w) : 7,10 m
- Tinggi *box* sisi dalam (h) : 5,27 m
- Tebal pelat atas (h_1) : 0,85 m
- Tebal dinding (h_2) : 0,40 m
- Tebal pelat bawah(h_3) : 0,98 m

4.2.3 Perhitungan Pembebanan

a. Beban Hiup

1. Beban Lajur

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

$$q = 9.0 \text{ kPa} \text{ untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9.0 \times (0.5 + 15 / L) \text{ kPa} \text{ untuk } L > 30 \text{ m}$$

Besarnya beban lajur untuk panjang bentang,

$$L = 7,9 \text{ m} \quad q = 9,00 \text{ kPa}$$

KEL mempunyai intensitas, $p = 49,0$ kN/m

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

$$DLA = 0,4 \text{ untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

Untuk harga, $L = 7,90$ DLA = 0,4

Maka, perhitungannya sebagai berikut :

$$Q_{TD} = q \times L = 9.00 \times 7,9 = 71,1 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = (1 + DLA) \times p \times L$$

$$= (1+0,4) 49 \times 7,9$$

$$= 541,95 \text{ kN}$$

2. Beban Truk

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

Faktor beban dinamis untuk pembebanantruk diambil, $DLA = 0.4$
 Beban truk "T" : $P_{TT} = (1 + DLA) \times T = 157.50 \text{ kN}$.

b. Beban Mati

1. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri box culvert dihitung dengan meninjau selebar 1 m sebagai berikut :

Berat sendiri plat lantai, $Q_{MS} = h_1 \times w_c = 21,25 \text{ kN/m}$

Berat sendiri plat dinding, $P_{MS} = H \times h_2 \times w_c = 71 \text{ kN}$

2. Beban mati tambahan

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

- Penambahan lapisan aspal (overlay) di kemudian hari,
- Genangan air hujan jika sistim drainase tidak bekerja dengan baik
- Beban Pagar *Underpass*

Table 4.5 Berat Beban Tambahan

N O	JENIS	TEBAL (m)	BERA T (kN/m)	BEBA N (kN/m)
1	Lapisan aspal	0.05	22.00	1.10
2	Air hujan	0.05	9.80	0.49
3	Pagar <i>Underpass</i>	0.20	25	10,00

Beban mati tambahan : $Q_{MA} = 11,59 \text{ kN/m}$

c. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman lalu-lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang jembatan 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 :

$$T_{TB} = 5\% \times (q \times L + p) = 6,00 \text{ kN}$$

d. Tekanan Tanah

Pada bagian tanah di belakang dinding abutment yang dibebani lalu-lintas, harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0.60 m yang berupa beban merata ekuivalen beban kendaraan pada bagian tersebut.

$$w_s' = w_s$$

$$\phi' = \tan^{-1} (K_{\phi}^R \times \tan \phi)$$
 dengan faktor reduksi untuk ϕ' , $K_{\phi}^R = 0.7$

$$c' = K_c^R \times c$$
 dengan faktor reduksi untuk c' , $K_c^R = 1.0$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif,}$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2)$$

$$\text{Berat tanah dipadatkan, } w_s = 17.20$$

$$\text{kN/m}^3$$

$$\text{Sudut gesek dalam, } \phi = 35^\circ$$

$$\text{Koheksi, } C = 0 \text{ kPa}$$

$$\text{Faktor reduksi untuk sudut gesek dalam,}$$

$$K_{\phi}^R = 0.7$$

$$\phi' = \tan^{-1} (K_{\phi}^R \times \tan \phi) = 0.45573 \text{ rad} = 26.1^\circ$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif,}$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2) = 0.388773$$

$$\text{Beban tekanan tanah pd plat dinding,}$$

$$Q_{TA1} = 0.60 \times w_s \times K_a = 4.01 \text{ kN/m}$$

$$Q_{TA2} = Q_{TA1} + H \times w_s \times K_a = 51.49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif,}$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi' / 2) = 0.388773$$

$$\text{Beban tekanan tanah pd plat dinding,}$$

$$Q_{TA1} = 0.60 \times w_s \times K_a = 4.01 \text{ kN/m}$$

$$Q_{TA2} = Q_{TA1} + H \times w_s \times K_a = 51.49 \text{ kN/m}$$

e. Beban Angin

Gaya angin tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \text{ kN/m}^2$$
 dengan, $C_w = 1.2$

$$\text{Kecepatan angin rencana, } V_w = 35 \text{ m/det}$$

Beban angin tambahan yang meniup bidang samping kendaraan :

$$T_{EW} = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 = 1.764 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2.00 m di atas lantai jembatan.
 $h = 2.00 \text{ m}$

Jarak antara roda kendaraan $x = 1.75 \text{ m}$
 Beban akibat transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$Q_{EW} = \frac{1}{2} \times h / x \times T_{EW} = 1.008 \text{ kN/m}$$

f. Pengaruh Temperatur

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Temperatur maksimum rata-rata, $T_{max} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatur minimum rata-rata, $T_{min} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Koefisien muai panjang untuk beton,

No	Jenis Beban	Momen Tumpuan (kNm)	Momen Lapangan (kNm)
1	Kombinasi	-3116.149	+2252.476
2	Kombinasi	-1962.268	+1385.731
3	Kombinasi	-501.486	+290.86

$$\alpha = 1.0\text{E-}05 / \text{ }^\circ\text{C}$$

Modulus elastis beton, $E_c = 24484 \text{ kPa}$

Perbedaan temperatur pada plat lantai,

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min}) / 2 = 12.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

g. Beban Gempa

1. Beban Gempa Statis Ekivalen

Gaya gempa, $T_{EQ} = K_h \times I \times W_t = 0.2115 \times W_t$

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

$$W_t = \frac{1}{2} \times (Q_{MS} + Q_{MA}) \times L + \frac{1}{2} \times P_{MS} = 44.998 \text{ kN}$$

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_t = 9.52 \text{ kN}$$

2. Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

Perhitungan beban gempanya sebagai berikut :

Tekanan tanah dinamis,

$$p = H_w \times w_s \times \Delta K_{aG} \text{ kN/m}^2$$

$$H = 6,30 \text{ m} \quad K_a = 0,388773$$

$$K_h = 0,2115 \quad w_s = 17,20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 0,456 \text{ rad} \quad \theta = \tan^{-1} (K_h) = 11,94 \text{ }^\circ$$

$$\cos^2 (\phi' - \theta) = 0.99077$$

$$\cos^2 \theta \times \{ 1 + \sqrt{(\sin \phi' \times \sin (\phi' - \theta))} / \cos \theta \} = 1.278313$$

$$K_{aG} = \cos^2(\phi' - \theta) / [\cos^2 \theta \times \{ 1 + \sqrt{(\sin \phi' \times \sin (\phi' - \theta))} / \cos \theta \}] = 0,735404$$

$$\Delta K_{aG} = K_{aG} - K_a = 0,346632$$

Beban gempa lateral, $Q_{EQ} = H \times w_s \times \Delta K_{aG} = 42,33 \text{ kN/m}$

4.2.4 Perhitungan Struktur

Untuk membantu analisa pembebanan yang terjadi pada struktur *Underpass Box Culvert*, maka perencana menggunakan *software* SAP (*structure Analysis Program*) yang akan menghasilkan nilai momen dan gaya-gaya lain yang terjadi pada struktur.

4.2.5 Rekapitulasi Perhitungan Momen

Table 4.6 Kombinasi Momen Plat Lantai Atap Box Culvert

No	Jenis Beban	Momen Tumpuan (kNm)	Momen Lapangan (kNm)
1	Kombinasi 1	-3116.149	+2252.476
2	Kombinasi 2	-1962.268	+1385.731
3	Kombinasi 3	-501.486	+290.86

Table 4.7 Kombinasi Momen Plat Dinding Box Culvert

No	Jenis Beban	Momen Tumpuan (kNm)	Momen Lapangan (kNm)
1	Kombinasi	+163.922	-70.045
2	Kombinasi	+165.895	-71.145
3	Kombinasi	+242.781	-117.045

Table 4.8 Reaksi Tumpuan

Jadi, momen ultimit yang digunakan pada plat lantai atap yaitu momen ultimit terbesar (kombinasi 1) dengan momen sebesar $M_u = -3116.149$ kN (momen ultimit tumpuan) dan $M_u = +2252.476$ kN (momen ultimit lapangan). Untuk momen Ultimit plat dinding digunakan momen ultimit kombinasi 3 dengan momen sebesar $M_u = +242.781$ kN (momen ultimit tumpuan) dan $M_u = -117.045$ kN (momen ultimit lapangan). Sedangkan untuk reaksi tumpuan digunakan reaksi tumpuan kombinasi 1 dengan nilai yang sama sebesar $M_u = +3829.05$ kN untuk reaksi tumpuan 1 dan 2.

4.2.6 Perencanaan Pemesian

Perhitungan pemesian dilakukan agar dapat mengetahui jenis dan ukuran baja tulangan yang akan digunakan untuk dalam memikul momen dan gaya-gaya lain yang terjadi pada struktur *underpass*. Berikut adalah hasil perhitungan pemesian :

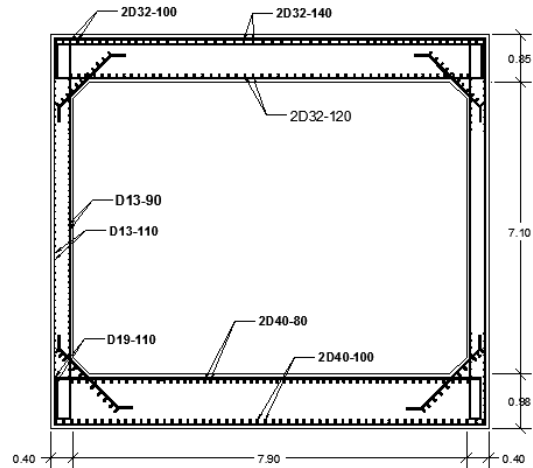
Tabel 4.9 Resume Perhitungan Tulangan Pelat dan Dinding Underpass

JENIS	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Pelat Lantai Atap	2D32-100	2D32-140
Pelat Dinding	D19-110	D13-110
Pelat Pondasi	2D40-100	2D40-100

Untuk plat lantai atap menggunakan atap dua rangkap tulangan berdiameter 32 mm dengan jarak 100mm. untuk plat

dinding menggunakan tulangan berdiameter 19 dengan jarak antar tulangan 110mm, sedangkan untuk plat pondasi menggunakan dua rangkap tulangan berdiameter 40mm dengan jarak antar tulangan 100mm.

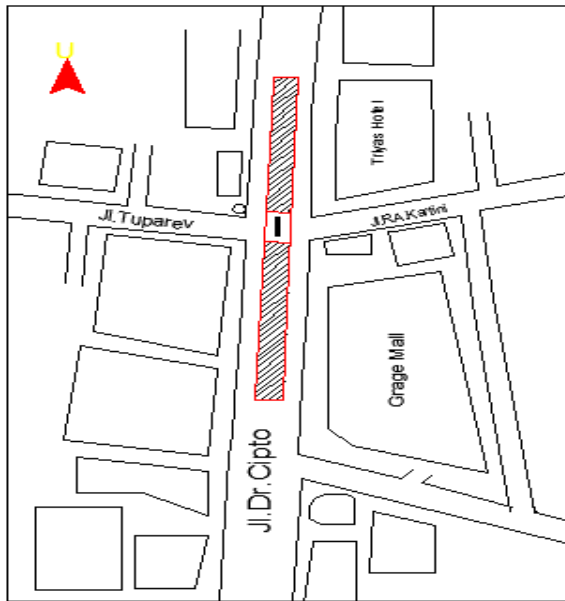
Dan berikut adalah gambar penulangan *Box Culvert* :



Gambar 4.4 Penulangan Box Culvert

4.2.7 Perencanaan Drainase

1. Panjang satu sisi turunan *underpass* m, 98 bila dua sisi ditambah *box culvert* 15 m, jadi keseluruhannya 211 m.
2. Lebar turunan *underpass* 6,5 m
3. Direncanakan penampungan air hujan (*reservoir*) *underpass* menggunakan system pompa.
4. Direncanakan aliran pembuangan pompa ke saluran drainase terdekat pada jalan Dr. Wahidin.



Gambar 4.5 Site Plan Daerah Tangkap Curah Hujan

5. Kondisi Perencanaan

Kondisi jalan aspal. Aspal = I1 koefisien $C1 = 0,70$

Luas daerah tangkap hujan. $A1 = P \times L = 6,5 \times 211 = 1371,5 \text{ m}^2$

Koefisien pengaliran rata-rata

$$C = \frac{C1 \times A1}{A1} = \frac{0,70 \times 1371,5}{1371,5} = 0,7$$

6. Data Curah Hujan

Tabel 4.10 Data Curah Hujan

No.	Tahun	Bulan												Rata-rata (mm)
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
1	2003	625,00	602,00	186,00	175,00	98,00	78,00	0,00	0,00	0,00	43,00	163,00	119,00	163,25
2	2004	667,00	487,00	464,00	125,00	172,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,00	362,00	199,68
3	2005	0,00	481,00	464,00	125,00	172,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,00	362,00	143,92
4	2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2007	238,50	199,60	172,50	162,00	26,80	40,00	31,00	0,00	0,00	66,00	71,00	261,00	103,08
6	2008	394,00	139,00	200,00	177,00	63,00	40,00	0,00	0,00	0,00	30,00	175,00	224,00	120,17
7	2009	69,00	144,00	32,00	33,00	36,00	16,00	0,00	0,00	0,00	5,00	94,00	67,00	41,33
8	2010	69,00	144,00	32,00	33,00	173,00	74,00	42,00	79,00	109,00	118,00	174,00	160,00	96,75
9	2011	191,00	135,00	280,00	303,00	55,00	91,00	9,00	0,00	0,00	27,00	77,00	275,00	120,25
10	2012	68,00	263,00	166,00	60,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	200,00	69,50	69,50
11	2013	343,00	269,00	272,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,83
Rata-rata bulanan (mm)		241,32	260,32	203,60	106,64	77,77	33,64	7,45	7,18	9,91	25,27	92,82	180,91	

Sumber : Curah Hujan Stasiun Cangkol Kota Cirebon. BBWS Cimanuk – Cisanggarung 2015

Didapat data curah hujan terbesar $I = 199,58 \text{ mm}$

Hitung besarnya debit (Q), Diketahui :

$$A = 1371,5 \text{ m}^2 = 0,00137 \text{ km}^2$$

$$C = 0,70$$

$$I = 199,58 \text{ mm}$$

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

$$Q = 1 / 3,6 \times 0,70 \times 199,58 \times 0,00137 = 0,053 \text{ m}^3/\text{detik}$$

7. Perencanaan dimensi tampungan

Menggunakan 2 tampungan dengan dimensi :

$$P \times L \times T = 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m (Tinggi Jagaan)} = 9 \text{ m}^3$$

$$2 \text{ Tampungan} = 2 \times 9 = 18 \text{ m}^3$$

Jadi bila curah hujan $0,053 \text{ m}^3 / \text{Detik} = 3,18 \text{ m}^3 / \text{menit}$

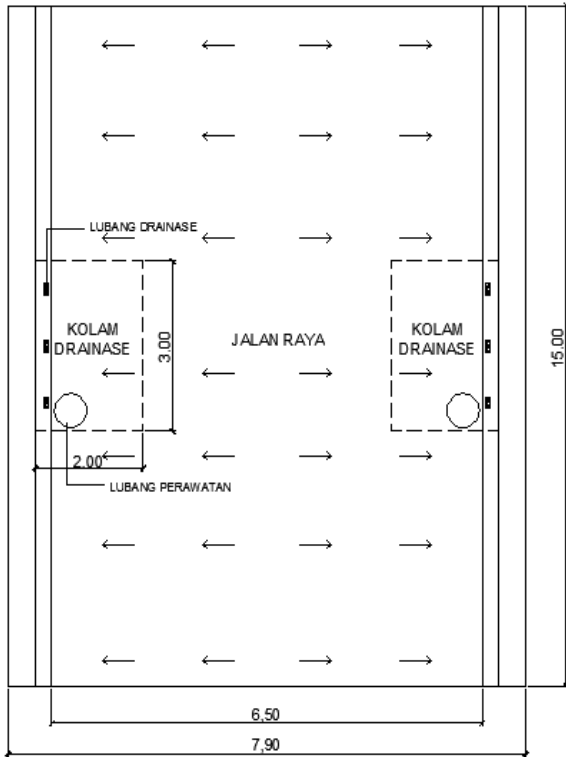
Dalam 1 menit hujan, tampungan dalam keadaan aman. Tampungan tidak aman dalam waktu 5 menit. Karena tampungan sudah mencapai 16 m^3 .

8. Penggunaan Pompa Air

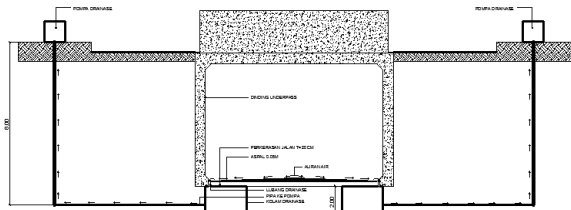
Menggunakan 2 pompa air dengan sistem otomatis. Dipasang *toosenclap* pada ujung pipa di bagian kolam penampungan. Agar pada saat pompa tidak berfungsi tetap menyimpan cadangan air. Agar pada saat hujan tiba pompa langsung beroperasi.

Tinggi angkatan air vertical setinggi 8 m. masih aman karena max tinggi tarikan pompa pada umumnya adalah 9 m.

Berikut adalah sekema perencanaan drainase *Underpass* jalan Dr. Cipto Mangunkusumo – jalan Dr. Wahidin Cirebon.

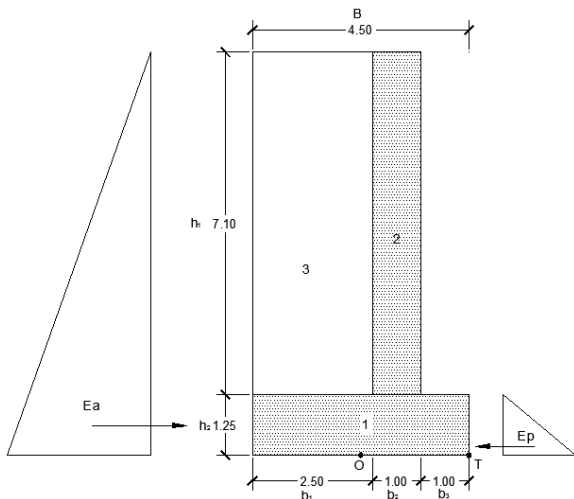


Gambar 4.6 Denah Perencanaan Drainase



Gambar 4.7 Potongan Perencanaan Drainas

4.2.8 Perencanaan Dinding Penahan Tanah



Gambar 4.7 Dimensi Dinding Penahan Tanah

Ketentuan :

Sudut geser : 26°

Faktor Keamanan (SF) : 1,5

$K_a = \tan^2 (45 - \theta/2)$ $K_p = \tan^2 (45 + \theta/2)$

$K_a = 0.39$ $K_p = 1.26$

Tabel 4.11 Perhitungan Momen

Gaya	Besar	Lengan terhadap T	Lengan terhadap O	Momen terhadap T	Momen terhadap O
1	140.625	2.25	0	316.41	0
2	122.12	1.5	0.75	183.18	91.59
3	177.5	3.25	1	576.88	177.50
	440.245				
Ep	27.026	0.417	0.417	11.26	11.26
				1087.72	280.35
Ea	56.012	2.783	2.783	155.90	155.90
				931.82	124.45

Perhitungan tegangan :

$$\sigma_1 = \frac{P}{A} + \frac{M_0 X}{I}$$

$$\sigma_1 = \frac{440.25}{4.5 \times 1} + \frac{124.45 \times 2.25}{\frac{1}{12} \times 1 \times 4.5^3}$$

$$\sigma_1 = 134,71 \text{ kN/m}^2$$

$$SF \text{ Guling} = \frac{1087.72}{155.90}$$

$$SF \text{ Guling} = 6,97$$

SF Guling > SF Aman terhadap bahaya Guling

$$SF \text{ Geser} = \frac{440.25 \times 0.15 + 27.026}{56.012}$$

$$SF \text{ Geser} = 1,66$$

SF Geser > SF Aman terhadap bahaya Geser

Kontrol Stabilitas Daya Dukung Tanah :

$$q = C \times N_c + \gamma \times D \times N_q + 0.4 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

Dengan rumus interpolasi (tabel Terzaghi) :

$$N_c = 27,52$$

$$N_q = 14,66$$

$$N_\gamma = 11,7$$

$$q = 0 \times 27.52 + 17.2 \times 1.25 \times 14.66 + 0.4 \times 17.2$$

$$\times 4.5 \times 11.7$$

$$q = 677,42 \text{ kN/m}^2$$

Maka diperoleh tegangan ijin :

$$(q_a) = 677.422 / 3 = 225.807 \text{ kN/m}^2$$

Karena, $\sigma_1 < q_a$ **OKE !!!**

Daya Dukung Tanah Aman

Pembesian Dinding Penahan Tanah :

Bagian 1

$$Mu = 620,28 \text{ kNm} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$F_c' = 30 \quad f_y = 400$$

$$D = 25\text{mm}$$

$$pb = \beta_1 \times 0.85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,0325$$

$$R_{max} = 0.75 \times pb \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0.75 \times pb \times$$

$$f_y / (0.85 \times f_c')] = 7,889$$

$$\text{Momen Nominal } Mn = Mu / \phi = 775,35 \text{ kNm}$$

$$\text{Tahanan Momen } Rn = Mn \times 10^6 / (b \times d^2) = 0,5498$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$p = 0.85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times Rn / (0.85 \times f_c')}] =$$

$$P = 0,0014$$

Rasio tulangan maksimum :

$$P_{max} = 0.75 \times pb = 0,0244$$

Rasio tulangan minimum :

$$P_{min} = 1,4 / f_y = 0,0035$$

Digunakan $p = 0,0035$

$$As = p \times b \times d = 4156,3 \text{ mm}$$

Jarak tulangan pokok yang digunakan :

$$S < 250 \pi \times D^2 / As = 118,05 \text{ mm}$$

Digunakan jarak : 100mm

Maka tulangan pokok yang digunakan :

D25 – 100

Luas tuangan bagi :

$$As_b = 20\% \times As = 831,25\text{mm}$$

$$As_b = 0.0018 \times b \times h = 2250 \text{ mm}$$

Digunakan yang paling besar 2250 mm

Diameter tul. Bagi yang digunakan D19

Jarak tulangan yang diperlukan :

$$S < 250 \pi \times D^2 / As = 125,90 \text{ mm}$$

Jarak tulangan bagi yang digunakan =

120mm

Maka tulangan bagi yang digunakan :

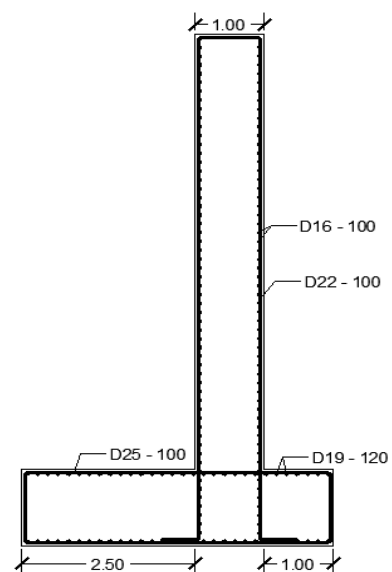
D19 – 120

Dengan perhitungan yang sama didapat

tulangan pada bagian 2 yaitu :

Tul pokok : **D22 – 100**

Tul bagi : **D16 – 100**



Gambar 4.8 Dimensi Dinding Penahan Tanah

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dengan permasalahan seperti kemacetan, penumpukan volume kendaraan dan banyaknya titik konflik maka pembangunan *Underpass* dipersimpangan jalan Dr. Cipto

- Mangunkusumo – Jalan Dr. Wahidin dirasa perlu perhatian.
2. Setelah adanya *Underpass* dipersimpangan jalan Dr. Cipto Mangunkusumo – Jalan Dr. Wahidin diharapkan tidak lagi terjadi kepadatan volume kendaraan dipersimpangan tersebut baik disaat jam sibuk atau normal.
 3. Arus kendaraan semakin lancar dikarenakan pergerakan kendaraan dari arah jalan Dr. Cipto Mangunkusumo menuju jalan Dr. Wahidin maupun sebaliknya tidak harus menunggu tundaandi persimpangan.
 4. Dengan adanya *Underpass* di persimpangan jalan Dr. Cipto Mangunkusumo - jalan Dr. Wahidin titik konflik kendaraan di persimpangan tersebut menjadi berkurang, sehingga meminimalisir terjadinya kecelakaan.
 5. Perencanaan menggunakan *single box culvert*, dengan Analisis struktur menghitung *box culvert* menggunakan perhitungan *software* SAP 2000.
 6. Dimensi *underpass* dengan menggunakan bentang 7,9 meter, tebal pelat atas 0,85 meter dan pelat bawah 0,98 meter, tebal dinding 0,40 meter. Tinggi 7,1 meter dan panjang 15 meter.
 7. Penulangan *underpass* pelat atas bagian tumpuan menggunakan 2 rangkap tulangan ulir diameter 32 mm dengan jarak 100 mm sedangkan untuk bagian lapangan tekan menggunakan 2 rangkap tulangan ulir diameter 32 mm jarak 140 mm dan bagaian tariknya menggunakan 2 rangkap tulangan yang sama dengan jarak 120 mm. Untuk pelat bawah bagian tumpuan dan lapangan tekan menggunakan 2 rangkap tulangan ulir diameter 40 mm jarak 100 mm, sedangkan bagian tariknya menggunakan 2 rangkap tulangan ulir diameter 40 mm jarak 80 mm. Untuk pelat dinding dibagian tumpuan menggunakan tulangan ulir diameter 19 mm jarak 110 mm dan dibagaian lapangan tekan menggunakan tulangan 13 mm jarak 110 mm, sedangkan dibagaian tariknya menggunakan tulangan ulir diameter 13 mm dengan jarak 90 mm.

5.2 Saran

1. Dalam melakukan pendimensian *Underpass* baik tinggi ataupun lebar haruslah sesuai dengan standar yang berlaku.
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut untuk merealisasikan pembangunan *underpass* agar pada saat pelaksanaannya tidak begitu berdampak pada aktivitas transportasi.
3. Pada pemilihan metode pembangunan harus memperhatikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Buku – Buku

- Adiyatna Inggun. 2014. “*Analisis Pengembangan Jalan Tidak Sebidang (underpass) Di Jalan P. Drajat Kota Cirebon*”. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon. Cirebon.
- Anwar, saihul. 2013. “*Rekayasa Pondasi*”. Yogyakarta. Deepublish.
- Arifin M.Z., Wibisono, F. 2008. “*Perencanaan Underpass Simpang Tujuh Joglo Surakarta*”. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Deis I. R.. 2014. “*Analisis Pengembangan Jalan Tidak Sebidang (underpass) Di Jalan Kesambi Kota Cirebon*”. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon. Cirebon.
- Pramono, K. 2015. “*Analisis Pengembangan Jalan Tidak Sebidang (Underpass) Di Jalan R.A Kartini Kota Cirebon*”. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon. Cirebon.

2. Lain-lain.

- Anonim (2004), RSNI T-14-2004 *Tentang Geometri Jalan Perkotaan*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2008), SNI 2833:2008 *Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2015. *Pedoman Penulisan Usulan Skripsi & Skripsi*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Cirebon: Universitas Swadaya Gunung Jati.
- <http://www.google.co.id/jenis-dan-sumber-data>. Diakses tanggal 3 Oktober 2015.
- <http://www.google.co.id/pengertian-analiasis-data>. Diakses tanggal 3 Oktober 2015.
- Ilham M Noer. 2008. *Perhitungan Struktur Box Culvert*. [online] Diunduh dari : <http://dokumen.tips/dokumen/desain-box-culvertpdf.html>. [14 Oktober 2015]