

JUDUL TESIS

**KAPASITAS LENTUR BOX CULVERT LINTASAN KERETA API
TIPE 2000 X 2000 X 1000**

TESIS

KAPASITAS LENTUR BOX CULVERT LINTASAN KERETA API TIPE 2000 X 2000 X 1000

Disusun Oleh:

**ZAIN PATONGLOAN
D0121181036**



PROGRAM STUDI PASCASARJANA

TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS HASANUDDIN

TESIS

KAPASITAS LENTUR BOX CULVERT LITASAN KERETA API
TIPE 2000 X 2000 X 1000 MM

Ditusun dan diajukan oleh :

ZAIN PATONGLOAN

Nomor Pokok D012181036

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 10 Desember 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat


Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT,
Ketua


Ir. H. Achmad Bakri Mahiddin, M.Sc., Ph.D.
Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil


Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Zain Patongloan

Nomor Mahasiswa : D012181036

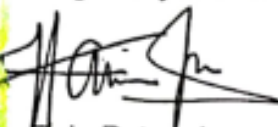
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan yang saya lakukan.

Makassar, Desember 2020



Yang Menyatakan


Zain Patongloan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkatNya dan perkenaanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “KAPASITAS LENTUR BOX CULVERT LINTASAN KERETA API TIPE 2000 X 2000 X 1000 MM”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Tesis ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan pada Laboratorium Struktur pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat dibuat dengan baik berkat bantuan dari para ibu dan bapak dosen selaku pembimbing, baik itu pembimbing I dan pembimbing II. Dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu dan seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan baik.
2. Bapak Prof.DR.Ir.H.Muhammad Arsyad Thaha,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu DR.Eng.Hj.Rita Irmawati,ST,MT selaku Pembimbing I sekaligus sebagai Ketua program Studi S2 pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang selalu membimbing dan memberikan arahan serta meluangkan waktunya dalam penyusunan tesis ini.

4. Bapak IR.H.Achmad Bakri Muhiddin, MS.c, Ph.D selaku Pembimbing II juga yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyelesaian tesis ini.
5. Bapak DR.Eng. Fakhruddin , ST, M.Eng selaku dosen yang selalu membantu dalam memberikan masukan untuk menyelesaikan tesis ini.
6. Seluruh dosen, staf dan dosen Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin yang selalu membantu penulis.
7. Penulis juga mengucapkan terimakasih buat teman-teman angkatan dan juga seluruh mahasiswa Teknik Sipil yang selalu membantu baik pada saat penelitian sampai pada penulisan tesis.
8. Terimakasih buat istri dan anak-anak tercinta yang selalu mendoakan, mendukung dan selalu memberi semangat selama menempuh pendidikan perkuliahan di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

Akhir kata penulis mengucapkan semoga Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberkati kehidupan setiap orang yang sudah membantu dalam penulisan tesis ini, dan penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi setiap orang yang membutuhkannya.

Makassar, Desember 2020

Penulis

Abstract.

ZainPatongloan, Dr.Eng.Ir.Hj.Rita Irmawati,ST,MT, Ir.H.Achmad Bakri Muhiddin,M.Sc,Ph.D

The Trans-Sulawesi railway is a system of railway that was built to reach important areas in the Sulawesi island. In the construction of the Makassar-Parepare segment II railroad line between Barru-Palanro along a 45 km long many complementary buildings will be built, one of that is 26 underpass units/box culvert. Those box culvert were chosen because the area between Makassar to Pare-pare often floods that can make the railway track will be disturbed. In addition, box culvert also functions as a crossing building. This paper aims to evaluate the bending capacity of the box culvert under railway track. Two box culvert precast concrete specimens with dimensions of 2000 mm x 2000 mm x 1000 mm with a wall thickness of 250 mm, were given a monotonic static load. The bending test obtained initial crack load of 102 kN and 119.7 kN on BC-1 and BC-2 specimens, respectively. This initial crack load was greater than the crack load design (P_{crack}) which is 76.8 kN. The loading was stopped at a load of 420 kN even though the specimen has not yet reached the ultimate load, due to device limitations. Nevertheless, the maximum load achieved by the two specimens exceeds the design ultimate load (P_{ult}) of 227.2 kN.

Keywords : Box culvert, bending capacity

Abstrak.

Zain Patongloan, Dr.Eng.Ir. Hj.Rita Irmawati, ST,MT, Ir.H.Achmad Bakri Muhiddin,M.Sc,Ph.D

Kereta api Trans-Sulawesi merupakan sistem perkeretaapian yang dibangun untuk menjangkau wilayah-wilayah penting di pulau Sulawesi. Dalam pembangunan jalur kereta api ruas Makassar-Parepare segmen II antara Barru-Palanro sepanjang 45 km akan banyak dibangun bangunan pelengkap, salah satunya adalah 26 unit underpass / box culvert. Dipilihnya gorong-gorong kotak ini karena kawasan antara Makassar hingga Pare-pare sering terjadi banjir yang dapat membuat jalur kereta api akan terganggu. Selain itu, gorong-gorong kotak juga berfungsi sebagai bangunan penyeberangan. Makalah ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas tekuk box culvert di bawah rel kereta api. Benda uji beton pracetak gorong-gorong dua kotak dengan dimensi 2000 mm x 2000 mm x 1000 mm dengan tebal dinding 250 mm, dan diberi beban statis monotonik. Hasil uji tekuk diperoleh beban retak awal 102 kN dan 119,7 kN pada spesimen BC-1 dan BC-2. Beban retak awal ini lebih besar dari pada beban retak rancangan (P_{crack}) yaitu 76,8 kN. Pembebanan dihentikan pada beban 420 kN meskipun spesimen belum mencapai beban ultimit, karena keterbatasan alat. Namun demikian, beban maksimum yang dicapai kedua spesimen tersebut melebihi beban ultimit rencana (P_{ult}) sebesar 227,2 kN.

Kata kunci : Box culvert, kapasitas lentur

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	I
KATA PENGANTAR	II
ABSTRAK	IV
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL	X
NOTASI	XI
I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Struktur Beton Pracetak	5
B. Saluran Pracetak Box Culvert	8
C. Pembebanan	13

III	METODE PENELITIAN	
	A. Kerangka Prosedur Penelitian	19
	B. Kerangka Penelitian	20
	C. Waktu Dan Tempat Penelitian	21
	D. Benda Uji	21
	E. Setup Pengujian	22
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	A. Hubungan Beban Lendutan	33
	B. Hubungan Beban Regangan	37
	C. Pola Retak	40
	D. Hasil Eksperimen Dan Analisis	42
	E. Perhitungan Momen Nominal Tulangan Rangkap	51
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
	DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arch Culvert	11
Gambar 2.2. Box Culvert (RCBC)	12
Gambar 2.3. Box Culvert Di Bawah Lintasan Kendaraan	13
Gambar 2.4. Berat sendiri	15
Gambar 2.5. Beban mati tambahan	16
Gambar 2.6. Gandar Kereta	17
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian	20
Gambar 3.2. Dimensi Box Culvert	21
Gambar 3.3. Setup pengujian	22
Gambar 3.4. Lokasi penempatan LVDT dan strain gauge	23
Gambar 3.5. Portal uji statik dengan jack hidrolik	24
Gambar 3.6 Panel kontrol pembebanan	25
Gambar 3.7 Load- Cell Kapasitas 500	26
Gambar 3.8 Data Logger TDS-530	26
Gambar 3.9. Satu Set Komputer	27
Gambar 3.10 LVDT CDP- 50M	27
Gambar 3.11 Penulangan Box Culvert	28
Gambar 3.12 Tulangan Slab Atas	29

Gambar 3.13 Gambar Tulangan Dinding	30
Gambar 3.14 Tulangan Slab Bawah	31
Gambar 3.15 Kombinasi Penulangan	31
Gambar 3.16 Gambar Tebel Bending	32
Gambar 4.1 hubungan beban dan lendutan	34
Gambar 4.2 Perubahan kekakuan	34
Gambar 4.3 Hubungan beban dan lendutan pada dinding samping	36
Gambar 4.4 Hubungan beban dan lendutan pada dinding bawah	37
Gambar 4.5 Hubungan beban-regangan beton dinding atas BC-1	38
Gambar 4.6 Hubungan beban-regangan beton dinding atas BC-2	38
Gambar 4.7 Hubungan beban-regangan beton dinding samping	39
Gambar 4.8 Pola retak BC-1	40
Gambar 4.9 Pola retak BC-2	41
Gambar 4.10. Perbandingan lendutan pada dinding atas BC-1	42
Gambar 4.11. Perbandingan lendutan pada dinding atas BC-2	43
Gambar 4.12. Perbandingan lendutan pada dinding samping BC-1	44
Gambar 4.13. Perbandingan lendutan pada dinding samping BC-2	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Lendutan hasil eksperimen dan analisis dinding atas pada BC-1 dan BC-2	42
Tabel 4.2 Lendutan eksperimen dan analisis dinding samping BC-1 dan BC-2	43
Tabel 4.3 Perbandingan Nilai Momen eksperimen dan analisis	52

NOTASI

Lambang / singkatan	Arti dan keterangan
A_s	Luas tulangan
D	Tinggi efektif tulangan
E_c	Modulus elastisitas beton (Mpa)
E_s	Modulus elastisitas baja tulangan
f_c'	Kuat tekan beton (Mpa)
f'_{cu}	Kuat tekan beton maksimum (Mpa)
f_{ct}	Kuat tarik beton (Mpa)
f_t	tegangan tarik beton (Mpa)
f_y	Kuat tarik baja tulangan (Mpa)
W_c	Berat beton normal (kg/m ³)
Y_c	Berat jenis beton
ε	Regangan
ε_c	Regangan pada sisi tarik beton
ε'_c	Regangan pada sisi tekan beton
ε_{cu}	Regangan beton maksimum
ε_y	Regangan baja tulangan saat leleh

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Saat ini pembangunan infrastruktur di berbagai bidang konstruksi semakin mendapat perhatian, karena infrastruktur merupakan komponen penting dalam kemajuan masyarakat. Salah satu infrastruktur yang sangat memegang peranan penting dalam pembangunan di masyarakat adalah saluran drainase. Dalam sistem jaringan drainase ada dua jenis jaringan drainase yaitu sistem drainase mayor dan sistem drainase minor.

Dengan perkembangan pembangunan yang sangat pesat itu baik di kota maupun di daerah pedesaan, khusus untuk infrastruktur jalan, perkembangannya sangat pesat, sehingga banyak jalan yang melintasi saluran –saluran air, tak terkecuali lintasan kereta api. Juga sudah ada yang melintas diatas saluran air. Permintaan akan transportasi massal meningkat setiap tahun seiring dengan pertumbuhan populasi dan meningkatnya aktivitas masyarakat di luar rumah. Kereta adalah transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus untuk mengangkut penumpang dan barang secara besar-besaran.

Kereta api dianggap sebagai transportasi dengan karakteristik khusus dan utama untuk mengangkut penumpang dan barang secara massal, menghemat energi, menghemat penggunaan ruang, memiliki faktor keamanan

yang tinggi, tingkat polusi yang rendah dan lebih efisien daripada transportasi jalan. Jalur kereta api Trans-Sulawesi adalah jaringan jalur kereta api yang dibangun untuk menjangkau daerah-daerah penting di Pulau Sulawesi. Jaringan jalur kereta api ini dibangun mulai pada tahun 2015 yang dimulai dari tahap I, yaitu jalur kereta api dari Makassar hingga Parepare sepanjang 145 km. Proyek perkeretaapian Trans-Sulawesi ditargetkan mencapai panjang 2.000 kilometer dari Makassar ke Manado (Bayu Galih, 2015). Pada pembangunan jalur KA Makassar-Parepare segmen II antara Barru-Palanro sepanjang 45 km banyak pelengkap penunjang akan dibangun, salah satu dari bangunan itu adalah 26 unit *underpass/Box Culvert* (Ditjen perkereta apian, 2018). Dibuatnya Box Culvert ini karena daerah antara Makassar ke Pare-pare sering terjadi banjir yang bisa membuat lintasan kereta api akan terganggu. Selain itu Box Culvert juga berfungsi sebagai bangunan pelintas.

Hal lain yang harus diperhatikan pada bangunan box culvert adalah beban-beban yang bekerja, karena Box Culvert ini berada dibawah lintasan kereta api maka beban yang di perhitungkan berupa beban roda kereta. Kekuatan bangunan box culvert sangat menentukan kemampuan didalam memikul atau menahan beban yang ditimbulkan baik oleh kereta api, ataupun akibat beban gempa.

Untuk mendapatkan aspek keamanan lintasan kereta api yang melintasi Box Culvert maka harus memenuhi standarisasi bangunan yg dilintasi oleh kereta api (DBPJ PUPR Box culvert type single atau double). Berdasarkan hal

tersebut diatas, maka penulis akan menganalisis kapasitas lentur Box Culvert dibawah lintasan kereta api.

B.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas , maka dirumuskan bahwa yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kapasitas lentur yang terjadi pada bangunan box culvert akibat beban roda kereta.
2. Bagaimana pola retak yang terjadi pada box culvert akibat beban roda kereta.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masala diatas , maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kapasitas lentur yang terjadi pada bangunan box culvert akibat beban roda kereta.
2. Menganalisis pola retak yang terjadi pada box culvert akibat beban roda kereta.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan tidak meluas, maka perlu dilakukan pembatasan masalah, sebagai berikut :

1. Benda uji berupa Box Culvert beton pracetak dimensi 2000 mm x 2000 mm x 1000 mm dengan tebal dinding 250 mm

2. Pembebanan yang dilakukan terhadap beton pra cetak box culvert adalah pembebanan statik monotonik.
3. Tidak memperhitungkan beban akibat tekanan tanah.

E. Manfaat Penelitian

Dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi kapasitas box culvert dimensi 2000 mm x 2000 mm x 1000 mm dengan tebal dinding 250 mm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Beton Pracetak

Perlu diketahui bahwa beton telah digunakan berabad abad silam dan masih menjadi bahan favorit untuk digunakan sebagai bahan atau elemen konstruksi. Beton memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik, namun harga masih dapat terjangkau sehingga masih menjadi favorit untuk dunia konstruksi. Selain itu beton dapat digunakan pada berbagai kebutuhan konstruksi seperti struktur bangunan, jalan, jembatan, bangunan air termasuk Box Culvert.

Pembuatan beton semakin berkembang seiring dengan berjalannya waktu dan teknologi pada bidang konstruksi. Yang awalnya beton hanya dapat dibuat atau dicor di tempat atau beton konvensional, hingga kemudian ditemukan beton pracetak. Sesuai dengan namanya beton pracetak atau beton precast adalah sebuah produk beton yang terbuat dari material beton yang pembuatannya dikerjakan di pabrik, atau tempat khusus yang jauh dari lokasi konstruksi. Beton dibuat berdasarkan cetakan dan ukuran tertentu yang telah menyesuaikan dengan kebutuhan yang ada di lapangan. Bukan hanya itu beton ini dijaga dan dirawat dengan baik sesuai dengan standar yang berlaku hingga mencapai umur perawatan. Proses perawatan yang dilakukan bertujuan untuk menjaga kadar air dalam beton supaya kualitasnya tetap terjaga dan mutunya terjamin dengan baik. Proses ini dilakukan dengan

berbagai cara mulai dari penyiraman permukaan beton, pembungkusan dengan kain basah, steam curing.

A.1. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Beton Pracetak

Walaupun penggunaan beton pracetak tergolong baru dibanding dengan beton konvensional, tetapi beton pracetak memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah :

- a. Dapat menghemat waktu dalam pengerjaan konstruksi karena dibuat terpisah.
- b. Kualitas dapat terjamin dengan mutu yang sesuai dengan standar
- c. Praktis dan efisien dalam penggunaannya karena beton ini tinggal dipasang pada bagian konstruksi yang diperlukan,
- d. Ramah lingkungan karena tidak menimbulkan limbah pada lokasi konstruksi.
- e. Tidak menggunakan lahan proyek yang luas.

Namun demikian, selain memiliki kelebihan beton pracetak juga memiliki kelemahan atau kekurangan yaitu antara lain :

- a. Tidak ekonomis bagi produksi tipe beton yang jumlahnya sedikit.

- b. Memerlukan ketelitian yang tinggi agar tidak terjadi deviasi yang besar antara elemen yang satu dengan elemen yang lainnya, sehingga tidak menimbulkan kesulitan dalam pemasangan di lapangan.
- c. Dimensi atau bentuk beton pracetak yang terbatas harus sesuai dengan kapasitas alat angkut.
- d. pengangkutan yang harus dilakukan atau diangkut oleh truk yang sesuai dengan ukuran betonnya.
- e. Hanya dapat dilaksanakan didaerah yang sudah tersedia peralatan untuk handling dan erection.
- f. Diperlukan ruang yang cukup untuk pekerja dalam mengerjakan sambungan pada beton pracetak.
- g. Memerlukan lahan yang besar untuk pabriksi dan penyimpanan (stock yard).

A. 2. Permasalahan Yang Dialami Seputar Beton Pracetak.

Yang menjadi permasalahan utama didalam perencanaan beton pracetak adalah masalah pada sambungan. Hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam pemilihan komponen beton pracetak adalah :

- a. Kekuatan (strength)
- b. Daktalitas (ductility)
- c. Perubahan volume (volume change)
- d. Ketahanan (durability)
- e. Tahan kebakaran (fire resistant)

B. Saluran Pracetak Box Culvert

Berdasarkan SNI 7832-2012 beton pracetak merupakan konstruksi yang pembentukannya dicetak atau dipabrikasi. Pengolahannya baik dilahan produksi (bengkel) ataupun di lapangan yang kemudian dipasang di lapangan sehingga membentuk suatu bangunan. Sementara pada SNI 03-2847-2002 beton pracetak merupakan pencampuran semen portland atau semen hidraulik lainnya. Agregat halus (ukuran ≤ 5 mm), agregat kasar (ukuran 5 mm – 40 mm), dan air serta ditambah dengan bahan tambahan yang dapat membentuk masa padat. Box Culvert merupakan salah satu produk beton bertulang (*Reinforced concrete*) pracetak yang berbentuk box atau kotak. Secara umum berfungsi sebagai gorong-gorong. Untuk box culvert para praktisi konstruksi sering menyebutnya dengan BC (Box Culvert) atau RCBC (*Reinforced Concrete Box Culvert*).

B.1. Manfaat Box culvert

Dari banyaknya penggunaan box culvert dalam dunia konstruksi beberapa manfaat dari box culvert diantaranya adalah

1. Mengaplikasikan box culvert bisa ditempatkan pada area bawah tanah, biasanya untuk saluran air, akan tetapi box culvert tidak tepat digunakan pada jembatan panjang karena ukuran box culvert yang pendek.
2. Box culvert beresiko rendah dalam mengalami pergeseran tanah, hal ini disebabkan karena sambungan antara spigot dan soket yang dimiliki mengakibatkan box culvert menyatu dengan sempurna.
3. Penggunaan box culvert dapat membantu pekerjaan konstruksi lebih mudah dan efisien dibanding dengan penggunaan cor blok manual sehingga dapat menghemat waktu dalam pelaksanaan konstruksi.

B.2. Fungsi Box Culvert

1. Box culvert untuk saluran pembuang saniter / drainase

Box culvert jenis ini adalah perangkat yang berupa saluran yang didalamnya mengalir limbah saniter ataupun limbah air kotor yang di salurkan ke sungai terdekat. Dalam merancang Box culvert ini hal yang sangat diperhatikan adalah topografi setempat untuk mendapatkan kemiringan optimum sehingga jalannya limbah tidak tersendat

2. Box Culvert untuk Terowongan Utilitas

Box Culvert Jenis ini fungsinya untuk melindungi berbagai macam utilitas, seperti utilitas saluran air bersih, utilitas kabel PLN, utilitas kabel Telepon dan utilitas kabel Telkom. Box Culvert jenis ini biasanya terletak di bawah tanah dan fungsinya untuk melindungi berbagai utilitas tersebut, sehingga pada umumnya Box Culvert jenis ini berukuran kecil dan menggunakan Box Culvert precast. Box Culvert jenis ini harus memiliki ketahanan yang baik terhadap air, serangan binatang pengerat.

3. Box Culvert Cekungan Penangkap Air

Box Culvert jenis ini biasanya digunakan sebagai perangkat untuk menyalurkan air yang mengalir untuk melewati sebuah jalan raya, jalan kereta api atau bendungan. Sehingga bagian atasnya sering dimanfaatkan sebagai jembatan atau jalan raya. Selain bentuk kotak ada bentuk lain yaitu Arch Culvert (Gambar 2.1) yang menggabungkan kekuatan struktur dan estetika (keindahan). Arch Culvert menjadi alternatif pilihan bentuk gorong-gorong atau mengganti struktur jembatan konvensional.



Gambar 2.1 Arch Culvert

4. Box Culvert untuk Lorong Bawah Tanah (akses lalu lintas)

Box Culvert yang digunakan sebagai akses lalu lintas adalah lorong yang fungsinya menghubungkan jalan lama yang telah dibuat namun jalan tersebut terhalang oleh struktur lainnya yang berada di atas jalan tersebut, biasanya status jalan tersebut adalah jalan kolektor yang dilalui kendaraan dengan jumlah yang besar, selain sebagai penghubung box culvert juga sebagai jalur alternatif untuk mengurangi kemacetan. Box culvert dapat juga digunakan sebagai Jembatan.

Produk ini dirancang dan digunakan untuk segala jenis pembebanan, baik beban berat maupun ringan. Box Culvert ini terdiri dari 2 komponen yaitu Top component dan Bottom component .

Box Culvert di rancang dengan berbagai fungsi dan kegunaan, yang memiliki beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan jumlah cellnya, seperti Box Culver 1 cell, 2 cell, dan 3 cell, terlihat pada (Gambar 2.2). Cell di sini

merupakan lorong atau saluran yang terbentuk melalui keempat sisinya dan diberi penguat di setiap sudut sisinya dengan struktur berbentuk segi empat, seperti tipikal dibawah ini.



Gambar 2.2 Box Culvert (RCBC)

5. Box Culvert yang Melintasi Jalan Raya.

Box Culvert jenis ini mempunyai standarisasi, dimana standarisasi ini bertujuan mempermudah para perencana dan pelaksana box culvert persegi sedemikian rupa, sehingga tercapainya kelancaran pembangunan. Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-gaya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut. Konstruksi Box Culvert persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang box culvert persegi adalah bebas.



Gambar 2.3 Box Culvert Di Bawah Lintasan Kendaraan

C. Pembebanan

Untuk pembebanan box culvert persegi dijelaskan dalam SNI 1725 2016. Pada SNI 1725 2016 di jelaskan bahwa beban dikelompokkan ke dalam 2 kelompok yaitu beban yang bersifat tetap (beban mati) dan beban transien yang bersifat tidak tetap (beban hidup).

C.1. Analisis Pembebanan

Perhitungan struktur dibuat dengan mempertimbangkan beban yang bekerja, sebagai berikut :

a. Top slab :

- Berat sendiri Box Culvert

- Beban roda ganda (*dual wheeload*) 10 ton atau muatan rencana sumbu 22.5 ton.
 - Berat tanah timbunan diatas plat Box culvert
 - Beban dinamik
- b. *side wall* : beban tekanan tanah

C.1.1. Beban Sendiri

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian atas box culvert yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri box culvert dihitung dengan meninjau selebar 1 m (tegak lurus bidang gambar) dapat dilihat pada Gambar 2.4.

- a. Berat sendiri plat lantai (Q_{ms})

$$Q_{ms} = h_1 \times W_c \quad (\text{kN/m}) \quad (2.1)$$

Dimana :

Q_{ms} = Berat sendiri plat lantai (kN/m)

h_1 = Tebal plat lantai (m)

W_c = Berat beton bertulang (kN/m³)

b. Berat sendiri plat dinding(P_{ms})

$$P_{ms} = H \times h_2 \times W_c \quad (\text{kN}) \quad (2.2)$$

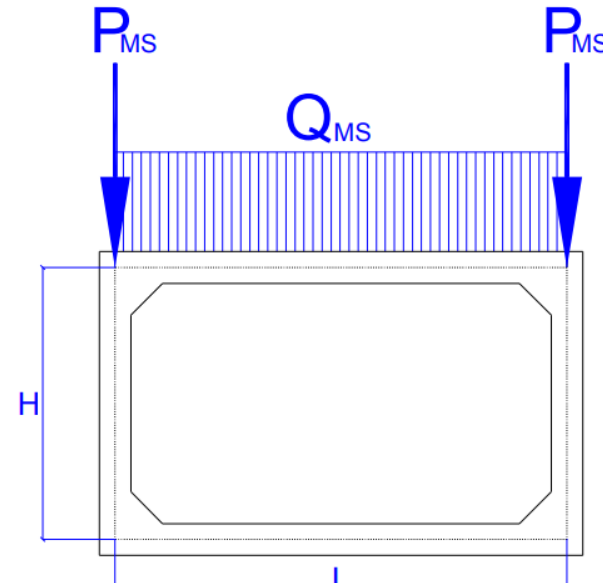
Dimana :

P_{ms} = Berat sendiri plat dinding (kN)

H = Tinggi box culvert (m)

h_2 = Tebal plat dinding (m)

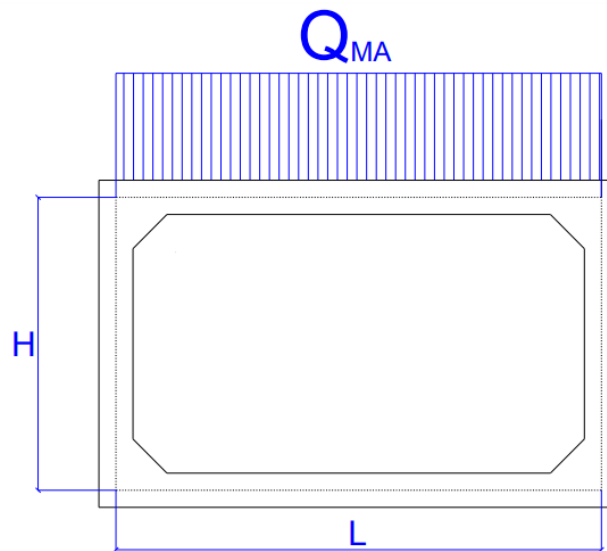
W_c = Berat jenis beton bertulang (kN/m^3)



Gambar 2.4 Berat sendiri

C.1.2. Beban Mati

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada box culvert yang merupakan elemen non-struktural. Box Culvert dianalisis harus mampu memikul beban tambahan seperti beban Tanah timbunan, beban lapisan batu pecah (*sub base*), dan beban bantalan rel yang berada diatas Box Culvert, dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :

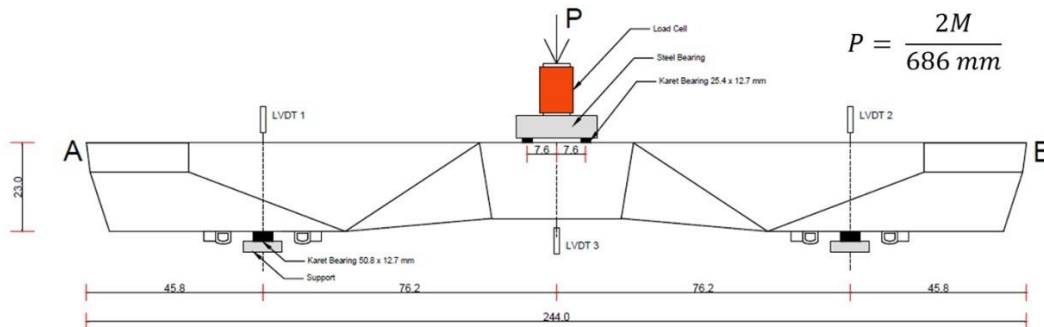


Gambar 2.5 Beban mati

C.1.3. Beban Roda

Beban roda adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari suatu roda. Sesuai dengan spesifikasi kereta api yang akan digunakan untuk lintasan kereta di Sulawesi Selatan, beban roda kereta api adalah 25 ton. Bantalan rel

kereta yg digunakan di Barru adalah Bantalan rel tipe S35 dengan beban roda 25 ton dan jarak roda/rel = $2 \times 76,2 \text{ cm} = 152,4 \text{ cm}$



Gambar 2.6 Bantalan Kereta

C.2. BETON BERTULANG

Beton bertulang atau *Reinforced Concrete* merupakan gabungan dari campuran beton dan besi, dimana campuran beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas beton yang relatif rendah tetapi memiliki kekuatan tekan yang tinggi, sementara untuk tulangan besi memiliki kekuatan tarik yang tinggi tetapi memiliki kekuatan tekan yang rendah. Sehingga beton bertulang sangat cocok digunakan di berbagai bangunan konstruksi.

Berdasarkan kuat tekan karakteistik beton pada umur 28 hari sesuai dengan K-350 (kekuatan beton yang diizinkan) untuk dinding dan pelat telah mencapai 30 MPa. Density (kepadatan) beton sebesar 2500 kg/m^3 , poisson

ratio 0.14, semua material yang dipakai dalam campuran beton disyaratkan sebagai berikut :

- a. Semen memenuhi ketentuan dan syarat yang ditentukan.
- b. Agregat halus (pasir dan batu) agregat harus berupa butiran halus keras tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca. Agregat halus tersebut tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 57% (ditentukan terhadap berat kering) dan bahan-bahan organis.
- c. Agregat kasar (kerikil dan batu pecah) harus berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran tidak lebih besar dari 20 mm. Agregat kasar ini harus bersifat keras dan tidak berpori serta tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca.
- d. Air tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan.
- e. Bahan pembantu untuk memperbaiki mutu beton, sifat-sifat pengerjaan, waktu pengikatan dan pengerasan ataupun untuk maksud-maksud lain.