

Perhitungan Struktur Pada *Box Culvert* STA. 0+050 Proyek Bendungan Bener Paket 3, Purworejo

Ahmad Ryandika¹⁾, Eri Setia Romadhon¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Jayabaya, Jakarta, Indonesia

*Email: ahmadryandika23@gmail.com

ABSTRACT

In order to fulfill the requirement for andesite rock in the construction of the dam body, it is necessary to provide an access road to the quarry site. Accordingly, a box culvert structure is designed to facilitate this access road as it traverses a tributary, thereby ensuring that the construction activities do not disrupt the function of the existing river flow. This study aims to calculate the structural strength of a box culvert for the Bener Dam Project using a quantitative approach. The research began with initial stages including data collection, determination of the planned loads acting on the structure, and the development of a preliminary design for the structural dimensions. The collected data were then analyzed using SAP2000 software, allowing for the structural behavior to be evaluated in detail. The results of the analysis were used to determine the required reinforcement so that the final conclusion could be made regarding the safety and feasibility of the designed structure. The outcome of this research is expected to serve as a reference for ensuring that the planned box culvert structure can adequately support the intended loads and maintain safety standards during the construction of the access road for the quarry at the Bener Dam Project. The calculation results show that the cross-sectional dimensions of the box culvert are 4.5 meters by 4.5 meters. For flexural reinforcement, the ultimate moment (M_u) is less than the nominal moment capacity (M_n), and for shear reinforcement, the ultimate shear force (V_u) is less than the nominal shear capacity (V_n), indicating that the structural design is safe to withstand the applied loads. The maximum deflection for the floor slab is 1.046 mm and for the wall slab is 8.626 mm, both of which are below the allowable limit of $L/250$. Therefore, it can be concluded that the designed structure is safe and sufficiently strong to carry the intended loads.

Keywords: Bener Dam, Box Culvert, Structural Design, SAP2000

Pendahuluan

Bendungan Bener merupakan Proyek Strategis Nasional bagian dari pembangunan 61 bendungan dari 2015 hingga 2025 yang dibangun oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan ketahanan air dan pangan di Jawa Tengah. Bendungan ini berlokasi di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Bendungan Bener direncanakan dengan tipe bendungan *Concrete Faced Rockfill Dam* yang menggunakan urugan batu andesit pada tubuh bendung nya. Kebutuhan batuan andesit diperkirakan mencapai 8-12

juta m³. Dibutuhkan akses dari tubuh bendung menuju Lokasi *quarry* andesit yang berada di Desa Wadas (10 km).

Pada pekerjaan jalan akses tersebut melewati anak sungai yang akan dibangun struktur *box culvert* dibawah jalan pada STA.0+50. Nantinya, jalan akses tersebut akan di lewati oleh kendaraan truk besar pengangkut batuan andesit dari *quarry* menuju proyek bendungan. Kendaraan truk besar dan alat berat yang memiliki berat yang cukup besar dan diperlukan perencanaan kekuatan struktur agar *box*

culvert STA. 0+050 tersebut dapat memikul beban dari jalan dan lalu lintas kendaraan berat yang berada di atas nya serta dilakukan perhitungan penulangan yang aman pada struktur *box culvert*.

Dalam pelaksanaan pemasangan material *box culvert*, terdapat beberapa tahapan kerja yang harus dilakukan secara berurutan. Sebelum pekerjaan dimulai, langkah pertama adalah melakukan perencanaan yang disesuaikan dengan kondisi dan lokasi saluran yang akan dibangun.

Beton cor di tempat atau cast in situ merupakan metode pengecoran beton yang dilakukan langsung pada lokasi konstruksi. Teknik ini umumnya diterapkan pada elemen struktur berukuran besar, seperti pondasi, kolom, balok, pelat lantai, dinding beton, maupun jembatan. Untuk kasus *box culvert* ini akan menggunakan metode cor insitu. Dimana proses nya diawali dengan *dewatering* dan pengalihan aliran air sungai agar bisa dilakukan tahap pekerjaan selanjutnya, seperti: lantai kerja, pembersian, bekisting, pengecoran, dan sampai dengan perawatan beton struktur nya (Romadhon 2021).

Landasan Teori

Dalam perencanaan struktur *box culvert*, perhitungan pembebanan harus dilakukan secara cermat untuk menjamin stabilitas dan keamanan struktur selama masa layan. Beban dapat bersumber dari berat struktur itu sendiri, aktivitas pengguna, serta kondisi lingkungan seperti angin kencang maupun gempa bumi. Berdasarkan SNI 1725:2016, pembebanan pada *box culvert* dikategorikan menjadi beban permanen yang bersifat tetap sepanjang umur struktur, dan beban transien yang sifatnya berubah-ubah sesuai kondisi operasional maupun pengaruh eksternal. Beban yang terjadi akan dilakukan kombinasi beban pada beberapa keadaan tertentu.

Tabel 1. Jenis Beban pada Struktur *Box Culvert*

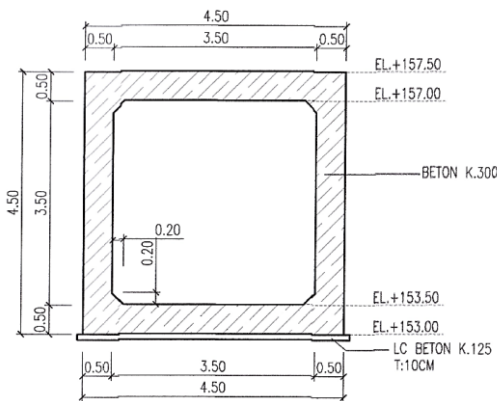
No.	Beban struktur	Kode	Jenis Beban
1	Beban Mati	MS	Permanen
2	Beban Mati Tambahan	MA	Permanen
3	Tekanan Tanah	TA	Permanen
4	Beban Lajur	TD	Transien
5	Beban Truk	TT	Transien
6	Gaya Gempa	EQ	Transien

Metodologi

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Metode ini memanfaatkan data berupa angka yang diolah dan dianalisis sebagai dasar untuk melakukan kajian penelitian yang dimulai dari tahap awal berupa pengumpulan data, penentuan rencana beban yang akan bekerja pada struktur, penyusunan *preliminary design* untuk mendapatkan dimensi struktur beton bertulang yang sesuai dengan standar. Besarnya pembebanan dihitung berdasarkan hasil kombinasi beban yang menghasilkan nilai maksimum, yang meliputi beban mati, beban hidup, tekanan tanah aktif, dan beban gempa.

Hasil akhir dari pembebanan tersebut di analisa menggunakan *software* SAP2000 untuk menentukan besarnya gaya-gaya dalam dan momen yang terjadi pada struktur *box culvert*. Untuk tahapan akhir digunakan data yang sudah diperoleh sebagai dasar penentuan dimensi dan tulangan untuk struktur beton bertulang *box culvert* yang efektif, efisien dan dinyatakan aman.

Hasil dan Pembahasan



Gambar 1. Preliminary Design Box Culvert

Mutu Beton yang digunakan adalah K-300 dan Baja tulangan BJTS40. Setelah *Preliminary Design* telah ditentukan maka akan dilakukan perhitungan manual untuk mencari besaran nilai beban dan gaya yang terjadi pada struktur *box culvert*. Didapat nilai beban seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2. Nilai Beban, Hasil Perhitungan Manual

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	BTR (kN/m)	BT (kN)
1	Berat Sendiri (MS)	1,30	12,50	50,00
2	Beban Mati Tambahan (MA)	2,00	322,14	0
3	Beban Lalu Lintas (TD)	1,80	9,00	61,60
4	Beban Truk (TT)	1,30	0,00	70,00
5	Tekanan Tanah (TA)	1,25	43,74	0,00
6	Beban Gempa Statik (T_{EQ})	1,20	0,00	221,48
7	Beban Gempa Dinamis (Q_{EQ})	1,20	319,20	0,00

Tahap selanjutnya, *input* data nilai beban menggunakan *software* SAP2000 dengan pemodelan Frame 2D dan dilakukan *load combination* untuk memperoleh nilai momen, gaya aksial, dan gaya geser. Setelah proses *Run Analysis* pada *software* SAP2000 sukses, maka didapat beban yang terjadi pada pelat lantai dan pelat dinding struktur *box culvert*.

Tabel 3. Beban Terjadi pada Pelat Lantai

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	M	Mu
			(kNm)	(kNm)
1	Berat Sendiri (MS)	1,30	21,05	27,36
2	Beban Mati Tambahan (MA)	2,00	361,62	723,23
4	Beban Hidup (TT)	1,30	51,43	66,86
			ΣMu	817,46
No.	Jenis Beban	Faktor Beban	V	Vu
			(kNm)	(kNm)
1	Berat Sendiri (MS)	1,30	37,50	48,75
2	Beban Mati Tambahan (MA)	2,00	644,28	1288,56
4	Beban Hidup (TT)	1,30	48,80	63,44
			ΣVu	1400,75

Tabel 4. Beban Terjadi pada Pelat Dinding

No.	Jenis Beban	Faktor Beban	M	Mu
			(kNm)	(kNm)
1	Tekanan Tanah Lateral	1,25	41,62	52,02
No.	Jenis Beban	Faktor Beban	V	Vu
			(kNm)	(kNm)
1	Tekanan Tanah Lateral	1,25	63,27	79,08

Setelah didapat nilai beban yang terjadi pada pelat lantai dan dinding struktur *box culvert*, dilanjutkan ke perhitungan manual tulangan yang akan dipakai dalam struktur. untuk setiap bagian struktur akan digunakan nilai Momen Ultimit (M_u) dan Gaya Geser Ultimit (V_u) dalam perhitungan penulangan.

- Tulangan Lentur (Pelat Lantai)

Dia. tul yang digunakan D22-250 mm

Cek kekuatan didapat bahwa,

$$M_u < \phi M_n \rightarrow 817,46 < 3331,29 \text{ kNm}$$

Dinyatakan, AMAN.

- Tulangan Geser (Pelat Lantai)

Dia. tul yang digunakan D16-250 mm

Cek kekuatan didapat bahwa,

$$V_u < \phi V_n \rightarrow 1400,75 < 3331,29 \text{ kNm}$$

Dinyatakan, AMAN.

- Tulangan Lentur (Pelat Dinding)
Dia. tul yang digunakan D22-250 mm
Cek kekuatan didapat bahwa,
 $M_u < \phi M_n \rightarrow 52,02 < 3331,29 \text{ kNm}$
Dinyatakan, **AMAN**.
- Tulangan Geser (Pelat Dinding)
Nilai ϕV_c didapat 1288,35 kN
Syarat: $V_u \leq \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser.

Pada hasil analisa struktur dapat dilihat nilai *displacement* yang terjadi pada struktur setelah di lakukan *run analysis*. Nilai lendutan (Δ) diambil dari nilai yang paling besar untuk dilakukan cek lendutan pada pelat lantai dan pelat dinding. Perhitungan manual menggunakan nilai batas lendutan berdasarkan SNI 2847:2019 untuk pelat beton, yaitu $\Delta_{max} \leq L/250 \rightarrow 4500/250 = 18 \text{ mm}$. Hasil cek lendutan didapat:

- Cek Lendutan Pelat Lantai
 $|\Delta| = 1,046 < 18 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$
- Cek Lendutan Pelat Dinding
 $|\Delta| = 8,626 < 18 \text{ mm} \rightarrow \text{AMAN}$

Kesimpulan

1. Dimensi *box culvert* direncanakan dengan panjang 41,19 m, lebar 4,5 m, dan tinggi 4,5 m dengan menggunakan beton K300 atau $F_c' = 24,9 \text{ Mpa}$ dan baja BJTS40.
2. Dilakukan perhitungan manual pada pembebanan yang terjadi pada struktur box culvert. Didapat hasil perhitungan beban terbagi rata: QMS sebesar 12,5 kN/m, QMA sebesar 322,14 kN/m, QLL sebesar 9,0 kN/m, QTA sebesar 43,74 kN/m, dan QEQ sebesar 319,20

kN/m. Adapun dalam perhitungan terjadi beban terpusat: PMS sebesar 50,0 kN, PTD sebesar 61,6 kN, PTT sebesar 70,0 kN, TEQ sebesar 221,48 kN.

3. Setelah didapat besaran pembebanan yang terjadi pada box culvert dengan perhitungan manual, data pembebanan akan di input ke dalam pemodelan 2D dan analisa Struktur dengan menggunakan software SAP2000. Dari hasil analisa struktur dengan SAP2000 didapat data pada pelat lantai berupa M_u sebesar 817,46 kNm dan V_u sebesar 1400,75 kN. Pada pelat dinding didapat data M_u sebesar 52,02 kNm dan V_u sebesar 79,08 kN.
4. Data yang didapat dari analisa struktur SAP2000 berupa momen ultimit (M_u) dan gaya geser ultimit (V_u) digunakan untuk perhitungan perencanaan tulangan yang dipakai untuk struktur box culvert secara manual. Pada perhitungan perencanaan tulangan didapat data perencanaan berupa penulangan pelat lantai berupa tulangan lentur menggunakan D22 – 250 dan tulangan geser D16 – 250, serta data penulangan untuk pelat dinding berupa tulangan lentur D22 – 250.
5. Data perencanaan penulangan dilakukan cek kekuatan secara manual. Untuk cek kekuatan dilakukan dengan syarat $M_u < \phi M_n$, penulangan lentur pelat lantai didapat hasil $M_u = 817,46 \text{ kNm} < \phi M_n = 3331,29 \text{ kNm}$ dan penulangan lentur pelat dinding didapat hasil $M_u = 52,02 \text{ kNm} < \phi M_n = 3331,29 \text{ kNm}$. Serta cek kekuatan dilakukan pada tulangan geser dengan syarat $V_u < \phi V_n$, penulangan geser pelat lantai didapat hasil $V_u = 1400,75 \text{ kN} < \phi V_n = 1505,43 \text{ kN}$. Dari hasil cek kekuatan

penulangan lentur dan geser pada pelat lantai dan pelat dinding dapat dinyatakan memenuhi semua persyaratan dan aman direncanakan pada struktur box culvert.

6. Cek lendutan dilakukan dengan menganalisa *displacement* yang terjadi pada struktur setelah di *Run Analysis* pada *software* SAP2000 untuk mendapatkan nilai lendutan (Δ) dan menggunakan persyaratan berdasarkan SNI 2847:2019 $|\Delta| < \Delta_{max}$ (batas lendutan $\Delta_{max} = 18$ mm). Pada pelat lantai didapat nilai $\Delta = 1,046 < 18$ mm; dan pada pelat dinding didapat nilai $\Delta = 8,626 < 18$ mm. Dari hasil cek lendutan pelat lantai dan pelat dinding dapat dinyatakan memenuhi semua persyaratan dan aman untuk direncanakan pada struktur *box culvert*.

Saran

1. Analisis Analisis struktur box culvert dapat dilengkapi dengan pemodelan interaksi tanah dan struktur secara lebih detail. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak geoteknik seperti PLAXIS atau MIDAS GTS, sehingga dapat memperhitungkan respon tanah terhadap beban struktur secara lebih realistis.
2. Mempertimbangkan metode konstruksi saat pelaksanaan, seperti metode pengecoran, pemasangan tulangan, dan tahapan pekerjaan. Perencanaan struktur harus disesuaikan dengan kondisi teknis di lapangan agar desain dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien.
3. Lakukan kajian terhadap efisiensi dan optimasi desain, misalnya melalui variasi dimensi penampang, penggunaan baja tulangan mutu tinggi, ataupun pendekatan teknologi

pracetak untuk mempercepat proses konstruksi.

Daftar Pustaka

- Adimas, Imam, W. S., & Prabowo, S. (2025). Perbandingan Pelaksanaan Precast Box Culvert dan Cast In Site Pada Saluran Irigasi (Studi Kasus pada Proyek Irigasi Rentang di Indramayu, Jawa Barat). *Journal of Social Science Research*, 5 (1), 3539-4246.
- Adimas, Imam, W. S., & Prabowo, S. (2025). Perbandingan Pelaksanaan Precast Box Culvert dan Cast In Site Pada Saluran Irigasi (Studi Kasus pada Proyek Irigasi Rentang di Indramayu, Jawa Barat). *Journal of Social Science Research*, 5 (1), 3539-4246.
- Agustapraja, H. R., & Kartikasari, D. (2017). Studi Evaluasi Pekerjaan Struktur Box Culvert Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kucing Ruas Sukodadi - Sumberwudi Kabupaten Lamongan. *UkaRst*, 1 (1), 45-54.
- Asnaning, A. R., & Zulkarnain, I. (2020). Evaluasi Dimensi Box Culvert pada Saluran Drainase Jalan Arteri Soekarno Hatta (Studi Kasus: Ruas Untung Surapati-Hajimena). *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, 1-64.
- Assem, S. A. (2023). Analisis Kapasitas Box Culvert Existing pada Pengembangan Bandar Udara Rendani Provinsi Papua Barat. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 160-165.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk*

- Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 03-1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). *RSNI 954:2024 Baja Tulangan Beton Dalam Bentuk Gulungan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Burhani, Y., Januwisesa, Y., Prabandiyani, S., & Muhrozi. (2017). Perencanaan Box Culvert dan Pintu Air Tambahan pada Pintu Air Manggarai, Jakarta Selatan. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 291-302.
- Karuru, R. S., Lioni, C. Z., & Mantong, T. M. (2024). Review Design Box Culvert Terhadap Banjir Sungai Cangak Di Kabupaten Candipuro Kabupaten Lumajang. *Jurnal Surya Teknika*, 1 (2), 15-20.
- Nanda, M. P., & Kurniawati, M. (2023). Metode Pekerjaan Box Culvert Untuk Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. *Jurnal Statika*, 9 (2), 1-11.
- Nurdiana, A., Susanti, R., Nurhidayatulloh, & Naufaldy, M. R. (2021). Perencanaan Jembatan Mlulon Dengan Box Culvert. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 24-32.
- Permadi, D., & Huda, M. (2018). Analisa Risiko Aspek Biaya Pekerjaan Saluran Box Culvert (Studi Kasus Jalan Kenjeran dan Tenggumung Kota Surabaya). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 53-68.
- Putri, A. P., Prasajo, R. S., Kuningsih, T. W., & Wulansari, D. N. (2018). Perencanaan Box Culvert di Kampung Nagrak Desa Cipeucang, Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor. *Jurnal BERDIKARI*, 1 (1), 30-39.
- Romadhon E S . (2021). Pengaruh lumpur pada pasir terhadap kekuatan beton: the effect of mud on sand on concrete strength. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 20(2), 25-34. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v20i2.77>
- Syahbana, M., & Fachri. (2019). Pengaruh Slab Bawah Pada Struktur Box Culvert Tipe Single Menggunakan Software SAP 2000. *Jurnal Teknik Sipil*, 8 (1), 13-22.