

PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN AEK TAPA DI RANTAU PRAPAT

Ir. Fatmawati Oemar, S.T, M.T¹, Brema Risky Karo Karo²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Jayabaya, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

Email¹: bremarisky1@gmail.com

Abstrak

Jembatan Aek Tapa yang terletak di perbatasan kabupaten asahan dan kota labuhan batu dibangun pada tahun 1994. Jembatan ini memiliki peran penting dalam mendukung konektivitas jaringan transportasi antara provinsi Sumatera Utara dan Riau. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang struktur atas jembatan menggunakan metode beton bertulang, Jembatan dirancang dengan panjang bentang 15,9 meter dan lebar 9 meter, yang meliputi komponen-komponen seperti tiang sandaran, trotoar, pelat lantai kendaraan, gelagar, balok diafragma, serta penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Data atau informasi yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Kota Labuhan Batu dan data primer diperoleh dari Dinas PUPR Kota Lanbuan Batu. Metode pengolahan data menggunakan perhitungan secara manual sesuai dengan Perencanaan Struktur jembatan dengan mengacu pada Standar Nasional, Yaitu SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk struktur jembatan, SNI 2833:2019 tentang menggunakan metode analisis struktur yang sistematis. Berdasarkan hasil perencanaan trotoar dengan tebal 25 cm menggunakan tulangan pokok D13-150 dan tulangan inti D10-150. Pelat lantai kendaraan dengan tebal 25 cm menggunakan tulangan pokok D13-110, tulangan bagi D10-130 pada daerah lapangan dan menggunakan tulangan D13-110, tulangan bagi D10-130 pada daerah tumpuan. Gelagar dengan dimensi 50 cm x 110 cm menggunakan tulangan 23D32 pada balok interior dan menggunakan tulangan 17D32 pada balok eksterior. Balok diafragma dengan dimensi 35 cm x 60 cm menggunakan tulangan 8D16 dan RAB yang diperlukan untuk pembangunan struktur atas Jembatan Aek Tapa adalah sebesar Rp.3.057.416.172. Hasil ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya meningkatkan kualitas dan keberlanjutan infrastruktur di kawasan tersebut.

Kata kunci: Jembatan, Beton Bertulang, Struktur

Pendahuluan

Jembatan merupakan infrastruktur vital dalam mendukung mobilitas masyarakat dan perkembangan ekonomi, terutama di wilayah-wilayah yang memiliki medan geografis menantang. Pembangunan jembatan tidak hanya menjadi solusi atas keterbatasan akses transportasi, tetapi juga meningkatkan konektivitas antara daerah pedesaan dan perkotaan, yang pada gilirannya memberikan dampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan masyarakat. Salah satu contoh penting adalah Jembatan Aek Tapa di Rantau Prapat, yang memainkan peran kunci dalam menghubungkan berbagai wilayah strategis

di Sumatera Utara. Sebagai salah satu infrastruktur penghubung, Jembatan Aek Tapa tidak hanya berfungsi sebagai jalur transportasi darat bagi kendaraan dan pejalan kaki, tetapi juga merupakan elemen penting dalam mendukung kegiatan ekonomi masyarakat setempat. Kehadiran jembatan ini membantu memfasilitasi distribusi barang dan jasa, serta mempercepat aliran logistik yang esensial bagi pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Dengan meningkatnya kebutuhan aksesibilitas yang cepat dan aman, keberadaan jembatan yang kokoh dan sesuai standar perencanaan struktur bangunan

menjadi krusial.

Selain itu, dari sudut pandang perusahaan atau pemerintah, pembangunan jembatan juga memiliki nilai strategis yang signifikan. Jembatan yang dibangun dengan baik dapat menekan biaya perawatan dan memperpanjang umur infrastruktur, sehingga menghemat anggaran dalam jangka panjang. Untuk memastikan keamanan dan daya tahan jembatan, kajian perhitungan struktur atas menjadi aspek yang sangat penting dalam proses perencanaan. Perhitungan struktur atas meliputi analisis beban dan gaya yang bekerja pada jembatan, termasuk beban lalu lintas, angin serta pengaruh lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi stabilitas dan keselamatan jembatan

Identifikasi masalah adalah salah satu proses yang dilakukan untuk merencanakan desain jembatan dengan perbandingan dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2002 dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) 1725:206 sebagai acuan dalam analisis dan desain bangunan atas jembatan.

Metoda Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Jembatan Aek Tapa yang terletak di Rantau Prapat, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Kajian ini dilakukan pada tahun 2024. Setelah proses konstruksi Jembatan Aek Tapa Selesai Dilaksanakan. Tipe Pelat lantai yaitu Beton bertulang dan juga tipe Kepala jembatan ialah beton bertulang. Tipe perletakan tidak ada gelagar bertumpu langsung pada kepala jembatan, terdapat 1 jumlah bentang, panjang jembatan 15,9 m, lebar lajur kendaraan 7,30 m lebar trotoar 2 x 1,1 m dan tie jalur/lajur jalur/lajur kendaraan 1 jalur/2 Lajur.



Data Primer

Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari lokasi penelitian, seperti: Gambar denah, tampak, potongan, detail, dimensi struktur dan spesifikasi material.

Data sekunder

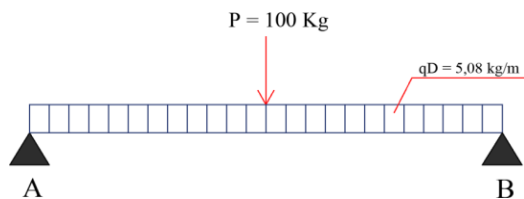
Data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan informasi proyek yang telah tersedia melalui konsultan perencanaan proyek, seperti dokumen gambar rencana Jembatan Aek Tapa. Data ini kemudian diolah lebih lanjut untuk keperluan analisis perhitungan struktur jembatan.

Pengolahan data dilakukan berdasarkan informasi yang dibutuhkan sesuai dengan standar yang tercantum dalam literatur. Data tersebut kemudian dikelompokkan sesuai dengan indentifikasi masalah yang ingin diselesaikan, agar pemecahan masalah dapat dilakukan dengan tepat dan efisien. Proses analisis pemecahan masalah dapat dilakukan dengan tepat dan efisien. Proses analisis yang dilakukan adalah analisis terkait konstruksi jembatan. Tahapan analisis ini disusun menggunakan kerangka acuan dasar yang membentuk alur dengan tujuan untuk memberikan pedoman yang jelas dalam pelaksanaan perencanaan dan analisis. Urutan analisis perhitungan jembatan akan disajikan pada Flowchart Sebagai Berikut :



Batang sandaran, Batang sandaran diperhitungkan terhadap beban sandaran 100kg/m yang bekerja pada ketinggian 1 meter di atas lantai trotoar.

Pembebanan pada batang sandaran



Kontrol terhadap bahan dan tegangan yang ada

$$\sigma \text{ ijin} = 1600 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$E = \text{baja} = 2,1 \times 10^6 \text{ Mpa}$$

Terhadap lendutan :

$$\frac{5ql^4}{384EI} + \frac{Pl^3}{48EI} < \frac{l}{300}$$

$$\frac{5.1,66096 \cdot \frac{kg}{m} \cdot (200 \text{ Cm}^4)}{384 \cdot 2,1 \times 10^6 \cdot 43,7 \text{ cm}^4} + \frac{100 \text{ Kg} \cdot (200 \text{ Cm}^3)}{48 \cdot 2,1 \times 10^6 \cdot 43,7 \text{ cm}^4}$$

$$< \frac{200 \text{ Cm}}{300}$$

$$0,55867 < 0,66667 \text{ cm (OK!)}$$

Terhadap momen

$$\sigma_u < \sigma \text{ ijin}$$

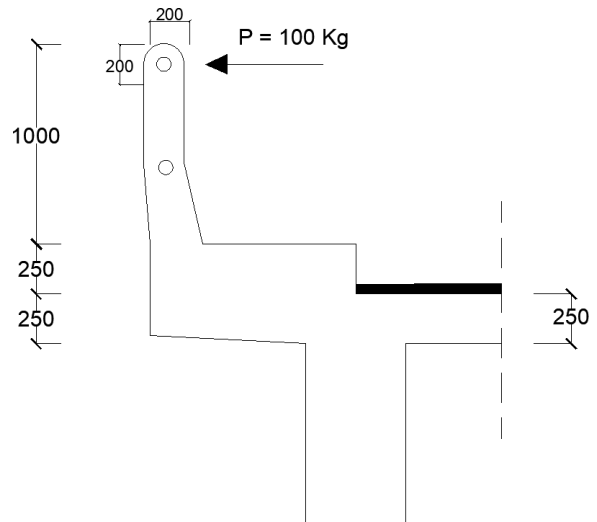
$$\frac{Mu}{W} = \sigma \text{ ijin}$$

$$\frac{13304,8 \text{ Kgcm}}{11,5 \text{ Cm}^3} = 1156,94 \frac{kg}{\text{cm}^2} < 1600$$

kg/cm²

Jadi, pipa dengan $\phi 7,63$ cm dapat digunakan sebagai pipa sandaran

Pembebanan pada sandaran



Perhitungan Gelagar Balok T

Data Stuktur atas pada balok interior

$$\text{Muatan horizontal } P = 100 \text{ Kg/m}$$

$$= 100 \text{ Kg/m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 200 \text{ Kg}$$

$$P_u = 1,6 (200 \text{ Kg}) = 320$$

Kg

Momen yang bekerja pada tiang sandaran

$$Mu = P_u \times t$$

$$= 320 \text{ Kg} \times 1 \text{ m}$$

$$= 320 \text{ Kgm}$$

Perencanaan tulangan tiang sandaran :

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{3.200.000 \text{ Nmm}}{0,9 \times (200 \times 147^2) \text{ mm}^3}$$

$$= 0,8227 \text{ Mpa}$$

Analisis Beban Slab Lantai Jembatan, ditinjau lantai selebar 1 Meter pada arah memanjang jembatan :

Berat Sendiri (MS)

Ditinjau slab lantai jembatan selebar, b

$$= 1,00 \text{ m}$$

Tebal slab lantai jembatan, h = ts = 0,25 m

Berat beton bertulang, Wc = 24

KN/m³

Berat sendiri,

$$QMS = b \times h \times Wc = 1,00 \times 0,25 \times 24 = 6 \text{ KN/m}$$

Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)

No	Jenis	Tebal (m)	Berat (KN/m ³)	Beban (KN/m ²)
1	Tebal lapisan aspal + overlay	0,15	22,00	3,3
2	Tebal genangan air hujan	0,05	9,80	0,49
QMA =				3,79

Beban Truk (TT)

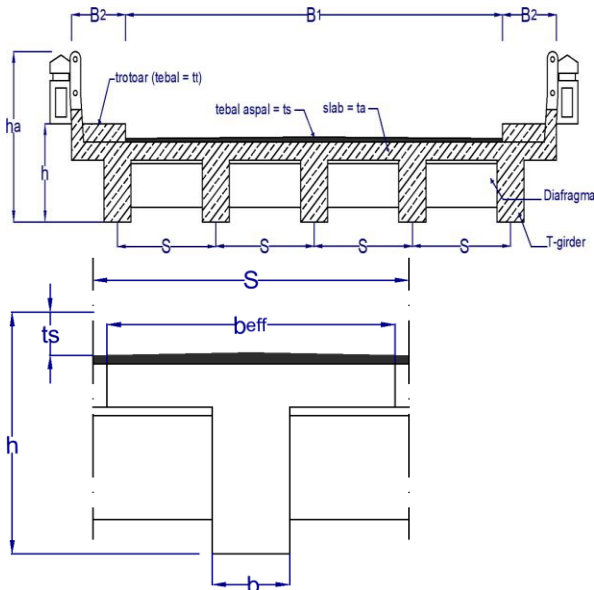
Beban hidup / bergerak pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T)

$$\text{Besarnya} = 112,5 \text{ KN}$$

$$\text{Panjang jembatan} = 15,90 \text{ KN}$$

$$\text{Faktor Beban Dinamis} = 30\%$$

$$\text{Beban Truk menjadi, PTT} = 112,5 (1 + 30\%) = 146,25 \text{ KN}$$



Berat Sendiri (MS)

$$\text{Faktor beban ultimit: Kms} = 1,3$$

$$\text{Panjang bentang gelagar,} = 15,9 \text{ m}$$

Berat satu balok diafragma,

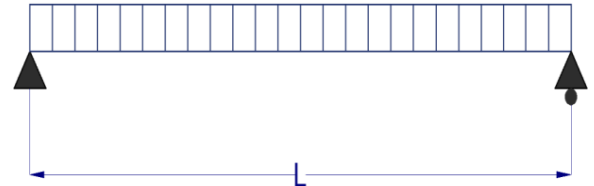
$$Wd = bd \times (hd - ts) \times s \times Wc = 1,325 \times (0,6 - 0,25) \times 1,825 \times 22 = 20,312$$

$$\text{Jumlah balok diafragma sepanjang bentang L, nd} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Beban diafragma pada gelagar,} \\ Qd = nd \times Wd/L = 4 \times 20,312/15,90 = 5,11 \text{ KN/m}$$

No	Jenis	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat (KN/m ³)	Beban (KN/m)
1	Plat lantai	1,825	0,25	24	10,950
2	Gelagar	0,5	0,850	24	10,200
3	Diafragma			Qd =	5,11
Qms =					26,260

Beban Berat Sendiri Pada Gelagar.
QMS



Pembebanan Balok Gelagar Interior Akibat Beban Sendiri

Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat beban sendiri (MS):

$$VMS = \frac{1}{2} \cdot (Qms \cdot L)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (26,260 \cdot 15,9)$$

$$= 208,767 \text{ KN}$$

$$MMS = \frac{1}{8} \cdot QMS \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 26,260 \cdot 15,9^2$$

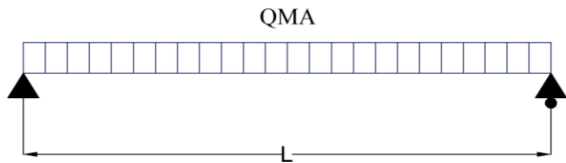
$$= 829,849 \text{ KNm}$$

Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Faktor beban ultimit; KMA} = 1,4$$

$$\text{Panjang bentang gelagar,} = 15,9 \text{ m}$$

No	Jenis	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat (KN/m ³)	Beban (KN/m)
1	Lap. Aspal + overlay	1,825	0,15	22	6,023
2	Air Hujan	1,825	0,05	9,8	0,894
QMA =					6,917



Pembebanan Balok Gelagar Interior Akibat Beban Mati Tambahan.

Gaya geser dan momen pada T-girder akibat beban mati tambahan (MA):

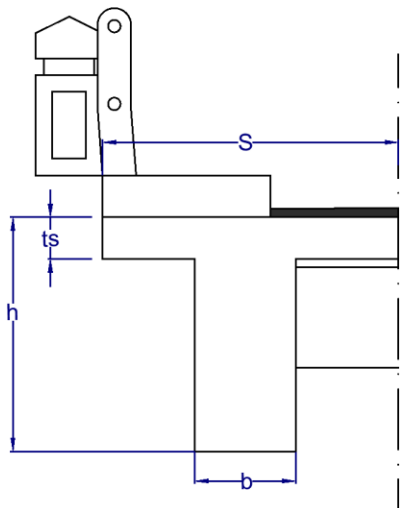
$$VMA = \frac{1}{2} \cdot QMA \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 6,917 \cdot 15,9$$

$$= 54,988 \text{ KN}$$

$$MMA = \frac{1}{8} \cdot QMA \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,917 \cdot$$

$$15,92 = 218,578 \text{ KNm}$$

Perhitungan Pada Balok Eksterior



- Bahan Struktur
- Mutu Beton: K-350
- Kuat tekan beton, $f'c = 0,83 \times$

$$= 0,83 \times 350/120 = 29,05 \text{ MPa}$$

- Modulus elastik, $E_c = 4700 \sqrt{f'c}$
- $= 4700 \sqrt{29,05} = 25332,084 \text{ MPa}$

- Angka poisson, $\nu = 0,2$

$$\text{Modulus geser, } G = \frac{E_c}{[2 \times (1 + \nu)]} = \frac{25332,084 \text{ MPa}}{[2 \times (1 + 0,2)]}$$

$$= 10555,035 \text{ MPa}$$

- Koefisien muai panjang untuk beton

$$\alpha = 0,000010 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Mutu Baja: Untuk baja tulangan

dengan $\phi > 12 \text{ mm}$: U-40 Tegangan leleh baja, $f_y = U \times 10 = 400 \text{ MPa}$

- Untuk baja tulangan dengan $\phi \leq 12 \text{ mm}$

= U-24

- Tegangan leleh baja, $f_y = U \times 10$

= 240 MPa

- Specific Gravity :

- Berat beton bertulang,

$$W_c = 24 \text{ KN/m}^3$$

- Berat beton tidak bertulang (beton rabat), $W'c = 22 \text{ KN/m}^3$

- Berat aspal padat,

$$W_a = 22 \text{ KN/m}^3$$

- Berat jenis air,

$$W_w = 9,8 \text{ KN/m}^3$$

1. Berat Sendiri (MS)

- Faktor beban ultimit: $Kms = 1,3$

- Panjang bentang gelagar, = 15,9 m

- Berat satu balok diafragma,

$$W_d = b_d \times (h_d - t_s) \times s \times W_c$$

$$= 0,6625 \times (0,6 - 0,25) \times 1,825 \times 22 = 9,808$$

- Jumlah balok diafragma sepanjang bentang L, $n_d = 4 \text{ B}$

- Beban diafragma pada gelagar,

$$Q_d = n_d \times W_d / L = 4 \times 9,808 / 15,90 = 2,4675 \text{ KN/m}$$

QMS



Pembebanan Balok Gelagar Eksterior Akibat Beban Sendiri

Gaya geser dan momen pada T-Girder

akibat beban sendiri (MS):

$$V_{MS} = \frac{1}{2} \cdot (Q_{MS} \cdot L + P_{MS})$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (26,775 \cdot 15,9 + 22,740)$$

$$= 224,231 \text{ KN}$$

$$M_{MS} = \frac{1}{8} \cdot Q_{MS} \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_{Diaf} \cdot L$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 26,775 \cdot 15,9^2 + \frac{1}{4} \cdot 22,740$$

$$= 15,9$$

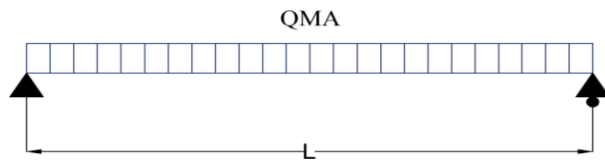
$$= 936,516 \text{ KNm}$$

Beban Mati Tambahan (MA)

Faktor beban ultimit: $K_{MA} = 1,4$

Panjang bentang gelagar, $= 15,9 \text{ m}$

No	Jenis	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat (KN/M ³)	Beban (KN/m)
1	Lap. Aspal + <i>overlay</i>	0,765	0,15	22	2,516
2	Air Hujan	0,765	0,05	9,8	0,374
				$Q_{MA} =$	2,890



- Gaya geser dan momen pada T-Girder akibat beban mati tambahan (MA):
- $V_{MA} = \frac{1}{2} \cdot Q_{MA} \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 2,890 \cdot 15,9$
 $= 22,975 \text{ KN}$
- $M_{MA} = \frac{1}{8} \cdot Q_{MA} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,890 \cdot 15,9^2$
 $= 91,324 \text{ KNm}$

Kesimpulan

1. Tiang sandara jembatan dirancang dengan ukuran 0,2 m x 0,2 m dan tinggi 1,0 m. Untuk penulangan pada tiang penopang, diperlukan tulangan ulir D10 sebanyak 4 buah serta sengkang dengan diameter Ø8-70 mm.
2. Trotoar di sisi kiri dan kanan direncanakan identik, dengan lebar masing-masing 1 meter dan ketebalan 0,25 m. Untuk penulangan pada trotoar, diperlukan tulangan utama D13 dengan

jarak 150 mm dan tulangan pembantu D10 dengan jarak 150 mm.

3. Pelat lantai jembatan dirancang dengan dimensi 15,90 m x 9 m dan ketebalan slab lantai sebesar 0,25 m. Pada area lapangan, penulangan yang dibutuhkan adalah tulangan utama D13 dengan jarak 110 mm dan tulangan pembantu D10 dengan jarak 130 mm. Sementara itu, untuk penulangan di area tumpuan, diperlukan tulangan utama D13 dengan jarak 110 mm dan tulangan pembantu D10 dengan jarak 130 mm.
4. Balok gelagar T dirancang dengan dimensi 0,5 m x 1,1 m. Untuk perencanaan penulangan pada balok gelagar eksternal, diperlukan 12 batang tulangan ulir D32 pada bagian bawah, 4 batang tulangan ulir D32 pada bagian atas, dan 2 batang tulangan ulir D22 pada bagian badan balok. Sementara itu, untuk penulangan pada balok gelagar internal, diperlukan 17 batang tulangan ulir D32 pada bagian bawah, 6 batang tulangan ulir D32 pada bagian atas, dan 2 batang tulangan ulir D22 pada bagian badan balok.
5. Diafragma dirancang dengan dimensi 0,35 m x 0,6 m. Untuk perhitungan penulangan pada diafragma, diperlukan 4 batang tulangan ulir D16 pada bagian atas dan 4 batang tulangan ulir D16 pada bagian bawah.
6. Total biaya untuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) struktur atas jembatan tercatat sebesar Rp 3.057.416.172 (Tiga Miliar Lima Puluh Tujuh Juta Empat Ratus Enam Belas Ribu Seratus Tujuh Puluh Dua Rupiah).

Saran

1. Sebelum memulai perhitungan, disarankan untuk menyiapkan semua data yang diperlukan agar perhitungan yang dilakukan sesuai dengan kondisi lapangan atau data yang telah diuji coba di

- laboratorium.
2. Dalam perhitungan perencanaan jembatan, sangat penting untuk mengikuti pedoman dan peraturan yang telah ditetapkan dalam SNI agar hasil perencanaan sesuai dengan standar yang berlaku.
 3. Agar mencapai perencanaan yang akurat dan optimal, diperlukan studi kelayakan yang mendalam serta referensi yang komprehensif.

Daftar Pustaka

- Asroni, Ali. 2010. Balok Pelat Beton Bertulang. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. SNI No. 2833:2016. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Pembebanan untuk Jembatan. SNI No.1725:2016. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan.Gedung. SNI No. 2847:2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Fauzi, Ilham. 2014. Perhitungan Struktur Jembatan Beton Bertulang Sungai Muara Tersan di Desa Jongkang Kec. Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara.Laporan Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Longa, Nikolaus. 2015. Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur. Laporan Skripsi.Universitas Narotama.
- McCormac, Jack. 2000. Desain Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.
- Nawy Edward G, Dr. P. E., 1990. Beton Bertulang. Penerbit Eresco, Bandung.
- Supriyadi Bambang, CES., DEA. DR. IR. 2007. Jembatan. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Setiawan, Agus. 2017. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI2847:2013. Penerbit Erlangga, Jakarta.