



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP *SETTING TIME* DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* PLTU NAGAN RAYA**
(Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal)
2. **PERENCANAAN *BOX GIRDER* PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH**
(Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar)
3. **RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT *REVIEW DESIGN* PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR**
(Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah)
4. **STABILISASI TANAH LEMPUNG *QUARRY COT TANOH MIRAH* KOTA LHOKEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM**
(Karrimuddin, Gusrizal, Miswar)
5. **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300**
(Megawati, Syamsul Bahri, Fajri)
6. **STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK**
(Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah)
7. **EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000)**
(Rio Maulana, Syarwan, Iskandar)
8. **ANALISIS UJI PARAMETER *MARSHALL LASTON AC-BC* DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE)**
(Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri)
9. **ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000)**
(Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif)
10. **DESAIN TEBAL PERKERASAN *RIGID PAVEMENT* DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan)**
(Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan)

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Lhokseumawe

Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

Dewan Editor:

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng. | (Universitas Syiah Kuala) |
| Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T. | (Politeknik Negeri Lhokseumawe) |
| Ir. Munardi, M.T. | (Politeknik Negeri Lhokseumawe) |
| Ir. Samsul Bahri, M.Si. | (Politeknik Negeri Lhokseumawe) |
| Muliadi, S.T., M.T. | (Universitas Negeri Malikussaleh) |
| Syarwan, S.T., M.T. | (Politeknik Negeri Lhokseumawe) |
| Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng. | (Universitas Negeri Malikussaleh) |

Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

Alamat:

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| Dewan Redaksi | i |
| Daftar Isi | ii |
| Pengantar Redaksi | iii |
| PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH PLTU NAGAN RAYA (Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal)..... | 1-9 |
| PERENCANAAN <i>BOX GIRDER</i> PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH (Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar)..... | 10-17 |
| RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT <i>REVIEW DESIGN</i> PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR (Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah)..... | 18-21 |
| STABILISASI TANAH LEMPUNG <i>QUARRY COT TANOH MIRAH</i> KOTA LHOKSEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM (Karrimuddin, Gusrizal, Miswar)..... | 22-28 |
| PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300 (Megawati, Syamsul Bahri, Fajri)..... | 29-35 |
| STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK (Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah)..... | 36-42 |
| EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000) (Rio Maulana, Syarwan, Iskandar)..... | 43-51 |
| ANALISIS UJI PARAMETER <i>MARSHALL LASTON AC-BC</i> DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE) (Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri)..... | 52-60 |
| ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000) (Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif)..... | 61-68 |
| DESAIN TEBAL PERKERASAN <i>RIGID PAVEMENT</i> DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan) (Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan)..... | 69-75 |
| Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah..... | 76 |

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

PENGANTAR REDAKSI

Assalamualaikum wr wb.

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Tugas Akhir dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi

PERENCANAAN BOX GIRDER PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH

Cut Chairiyah¹, Syukri², Khairul Miswar³

- ¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: cut.chairiyah86@gmail.com
²⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: syukri@pnl.ac.id
³⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: khairul@pnl.ac.id

ABSTRAK

Jembatan Krueng Cut yang terletak di Kota Banda Aceh adalah sebuah jembatan ganda dengan menggunakan gelagar sistem prategang. Jembatan ini memiliki panjang bentang total 309.8 m. Dalam skripsi ini akan direncanakan gelagar profil *box girder* dengan panjang bentangnya adalah 31.1 m dan lebar 10 m dengan pemberian prategang sistem pasca tarik (*post tensioning*). Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merencanakan dimensi *box girder* dan jumlah tendon yang aman dan mampu menahan beban bekerja. Perencanaan ini meliputi pendimensian, perhitungan beban, jumlah tendon, kehilangan gaya prategang, kontrol lendutan dan penggambaran. Pada tahap perencanaan digunakan SNI 1725 : 2016 untuk peraturan pembebanan dan SNI 2833 : 2008 untuk pembebanan gempa. Mutu beton gelagar $f_c' = 49.8$ MPa, kuat leleh baja tulangan $f_y = 390$ MPa dan mutu baja tulangan sengkang $f_y = 320$ MPa. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tinggi *box girder* jembatan yang mampu menahan beban bekerja yaitu 1.8 m dengan jumlah tendon sebanyak 29 buah tendon dan 580 *strand*, kehilangan gaya prategang sebesar 373.215 MPa atau 20.07 %, nilai lendutan terbesar yang timbul akibat pembebanan adalah 0.00848 m dan gelagar dinyatakan aman terhadap kehilangan tegangan dan lendutan yang timbul terhadap nilai batas yang diijinkan.

Kata kunci : jembatan, *box girder*, prategang

I. PENDAHULUAN

Jembatan Krueng Cut adalah jembatan ganda atau penambahan jembatan yang sudah ada. Jembatan lama (*existing*) yang dianggap sempit karena pengguna Jembatan Krueng Cut yang semakin hari semakin meningkat sehingga menimbulkan kemacetan pada jam-jam tertentu juga menjadi suatu permasalahan yang dapat mempengaruhi kegiatan perekonomian, maka diperlukanlah solusi yang tepat. Atas dasar ini perlu adanya peningkatan infrastruktur yaitu pembangunan jembatan baru (penggandaan). Jembatan baru yang di rencanakan bertujuan untuk meminimalisir kemacetan sehingga memperlancar pelayanan arus lalu lintas yang berada di kota Banda Aceh. Dengan adanya pembangunan jembatan baru (penggandaan) lalu lintas kendaraan di Jembatan Krueng Cut menjadi 2 jalur, jembatan *existing* adalah jalur dari arah Jl. Laksamana Malahayati menuju ke Jl. Teuku Nyak Arief sedangkan jembatan baru adalah sebaliknya dan dapat menghubungkan kota Banda Aceh dengan Kabupaten Aceh Besar. Konstruksi Jembatan Krueng Cut memiliki panjang bentang total 309,8 meter yang terbagi oleh 10 bentang, terdiri dari 2 buah abutment dan 9 buah pilar dengan lebar jembatan lama (*existing*) 7,0 meter dan lebar ruas jembatan baru 10 meter. Panjang bentang yang ditinjau 31,1 meter dan lebar 10 meter. Struktur girder pada Jembatan Krueng Cut awalnya menggunakan profil I girder. Dalam perencanaan ini akan dilakukan perancangan ulang profil girder jenis beton prategang dengan bentuk lain, yaitu *box girder* dari beton mutu tinggi K- 600 yang di cetak di pabrik (*precast*) dengan pemberian prategang sistem pasca tarik (*prestress post tensioning*).

A. Beton Prategang

Beton prategang merupakan beton hasil pabrikan (*precast*) yang didesain sedemikian rupa yang fungsinya sebagai komponen struktural yang langsung menerima beban-beban lalu

lintas setelah slab yang kemudian menyalurkan beban ke kolom dan diteruskan ke pondasi. Untuk asumsi awal menurut Podolny dan Jean (1982), desain dimensi untuk rasio tinggi terhadap bentang dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h = \frac{1}{15} \times L \text{ sampai dengan } h = \frac{1}{30} \times L \quad (1)$$

B. Baja Prategang

Baja prategang yang digunakan pada beton prategang adalah tendon. Menurut T.Y Lin (1996), jenis tendon yang digunakan dalam perencanaan balok prategang ada 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Kawat tunggal (*wire*)
Kawat tunggal ini biasanya dipergunakan dalam beton prategang dengan sistem pratarik (*pretension method*).
2. Untaian kawat (*strand*)
Untaian kawat ini biasanya dipergunakan dalam beton prategang dengan sistem pasca tarik (*posttension method*).
3. Kawat batangan (*bar*)
Kawat batangan ini biasanya digunakan untuk beton prategang dengan sistem pratarik (*pretension method*).

Selain baja prategang diatas, beton prategang masih memerlukan penulangan biasa yang tidak diberi gaya prategang, seperti tulangan memanjang, sengkang, tulangan untuk pengungkuran dan lain-lain.

Tabel 1. Jenis-jenis baja prategang

| Jenis Material | Nominal Diameter | Luas | Gaya Putus Minimum | Tegangan tarik minimum, fpu |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| | mm | Mm ² | kN | MPa |
| Kawat tunggal (<i>wire</i>) | 3 | 7.1 | 13.5 | 1900 |
| | 4 | 12.6 | 22.1 | 1750 |
| | 5 | 19.6 | 31.4 | 1600 |
| | 7 | 19.6 | 57.8 | 1500 |
| | 8 | 38.5 | 70.4 | 1400 |
| 7-wire strand <i>Super grade</i> | 9.3 | 54.7 | 102 | 1840 |
| | 12.7 | 100 | 184 | 1860 |
| | 15.2 | 143 | 250 | 1750 |
| Kawat batangan (<i>bar</i>) | 23 | 415 | 450 | 1080 |
| | 26 | 530 | 570 | 1080 |
| | 29 | 660 | 710 | 1080 |
| | 32 | 804 | 870 | 1080 |
| | 38 | 1140 | 1230 | 1080 |

Sumber : Soetoyo. (2000). *Konstruksi beton pratekan*.

C. Analisa Kehilangan Gaya Prategang Sistem Pasca Tarik

Menurut Nawy (2001), Kehilangan gaya prategang adalah suatu kenyataan yang jelas bahwa gaya prategang awal yang di berikan ke elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama waktu kurang lebih lima tahun.

1. Kehilangan gaya prategang akibat akibat perpendekan elastis (ES)
2. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (Δf_{pr})
3. Kehilangan gaya prategang akibat rangkai (CR)
4. Kehilangan gaya prategang akibat susut (SH)

5. Kehilangan karena dudukan angker (Δf_{pA})
6. Kehilangan yang diakibatkan friksi (Δf_{pF})

II. METODOLOGI

Adapun metode perencanaan gelagar prategang pada Jembatan Krueng Cut Banda Aceh dijelaskan sebagai berikut:

A. Dimensi Gelagar

Penentuan dimensi gelagar akan direncanakan dapat menahan beban-beban yang bekerja padanya. Untuk asumsi awal, dimensi gelagar akan digunakan rumus pendekatan pada persamaan 1.

B. Mutu Bahan

Untuk penentuan mutu beton digunakan $f_c' = 49,8$ MPa, mutu baja prategang $f_{py} = 1670$ MPa dan $f_{pu} = 1860$ MPa. Untuk mutu baja tulangan longitudinal $f_y = 390$ MPa dan mutu baja tulangan sengkang $f_y = 320$ MPa.

C. Pembebanan

1. Beban tetap

a) Berat sendiri

Besarnya berat sendiri adalah hasil kali antara nilai berat isi dengan volume bahan bangunan yang digunakan pada struktur.

b) Beban mati tambahan

Beban mati tambahan terdiri dari berat lapisan aspal dan berat air hujan di atas lantai kendaraan. Besarnya beban didapatkan setelah dikalikan.

2. Beban angin

Menurut SNI (1725 : 2016), jembatan harus diselidiki secara khusus akibat pengaruh beban angin, termasuk respon dinamis jembatan. Perhitungan beban angin sesuai dengan SNI (1725 : 2016), gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung pada kecepatan angin rencana seperti persamaan berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_b} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (2)$$

3. Beban gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan mengikuti aturan-aturan sesuai lokasi perencanaan dan jenis tanah pada lokasi perencanaan tersebut. Hal ini dikarenakan frekwensi gempa dan waktu getarnya berbeda-beda tergantung lokasi dan jenis tanahnya. Merujuk kepada SNI (2833 : 2008), beban rencana gempa minimum diperoleh dengan persamaan :

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R_d} \times Wt \quad (3)$$

4. Kombinasi pembebanan

Pengkombinasian gaya dan momen akibat pembebanan yang bekerja pada gelagar jembatan dilakukan untuk mengetahui besaran momen maksimum yang harus dipikul oleh gelagar. Sebelum dikombinasikan, masing-masing momen dikalikan terlebih dahulu dengan koefisien faktor beban merujuk kepada pada SNI (1725 : 2016).

5. Posisi tendon

Gaya prategang harus terletak di dalam batas-batas yang ditetapkan. Kabel- kabel dilengkungkan mengikuti suatu bentuk parabola menuju ke penampang di atas tumpuan. Sebelum gaya prategang diperhitungkan, tata letak tendon yang aman harus didesain terlebih dahulu.

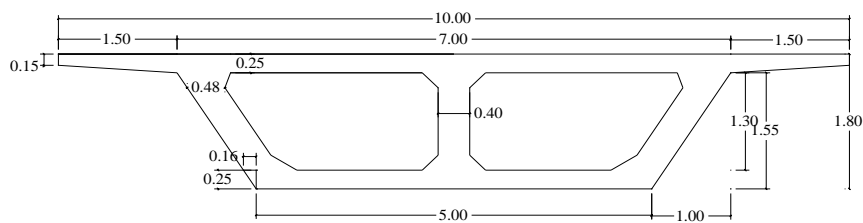
6. Kontrol lendutan

Menurut Raju (1988), pada waktu transfer prategang, balok akan mencembung ke atas akibat pengaruh prategang dan pada tahap ini, berat sendiri balok menimbulkan lendutan ke bawah. Lendutan ke bawah tersebut bertambah lagi akibat pengaruh beban-beban yang terpasang di atas balok seperti beban aspal. Menurut RSNI – T – 12 – 2004 lendutan oleh beban rencana untuk daya layan pada Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya adalah $\Delta < L/250$, dimana L adalah panjang bentang (m).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penampang box girder

Penampang direncanakan dengan ukuran yang aman dengan memeriksa kelendutan yang terjadi. Penampang box girder memiliki lebar sayap yaitu 1,5 meter, lebar badan atas 7 meter dan lebar badan bawah 5 meter. Lebar keseluruhan box girder yaitu 10 meter.



Gambar 1 : Penampang *box girder*

Tabel 2. Perhitungan statis momen

| NO | DIMENSI | | SHAPE FAKTOR | JUMLAH TAMPANG | LUAS TAMPANG A (M ²) | JARAK TERHADAP ALAS Y (M) | STATIS MOMEN A*Y (m ³) | INERSIA MOMEN A * Y ² (M ⁴) | INERSIA MOMEN IO (M ⁴) |
|----|-----------|-----------|--------------|----------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | LEBAR (M) | TEBAL (M) | | | | | | | |
| 1 | 7.00 | 0.25 | 1.000 | 1.000 | 1.750 | 1.675 | 2.931 | 4.910 | 0.009 |
| 2 | 1.50 | 0.15 | 1.000 | 2.000 | 0.450 | 1.725 | 0.776 | 1.339 | 0.001 |
| 3 | 1.50 | 0.10 | 0.500 | 2.000 | 0.150 | 1.617 | 0.243 | 0.392 | 0.00004 |
| 4 | 0.48 | 1.30 | 1.000 | 2.000 | 1.248 | 0.650 | 0.811 | 0.527 | 0.176 |
| 5 | 0.40 | 1.30 | 1.000 | 1.000 | 0.520 | 0.650 | 0.338 | 0.220 | 0.073 |
| 6 | 5.00 | 0.25 | 1.000 | 1.000 | 1.250 | 0.125 | 0.156 | 0.020 | 0.007 |
| 7a | 0.20 | 0.20 | 0.500 | 4.000 | 0.080 | 1.483 | 0.119 | 0.176 | 0.00009 |
| 7b | 0.20 | 0.20 | 0.500 | 4.000 | 0.080 | 0.317 | 0.025 | 0.008 | 0.00009 |
| 8 | 0.16 | 0.25 | 0.500 | 2.000 | 0.040 | 0.167 | 0.007 | 0.001 | 0.00007 |
| | | | | | 5.568 | 8.408 | 5.406 | 7.593 | 0.266 |

B. Beban dan kombinasi momen

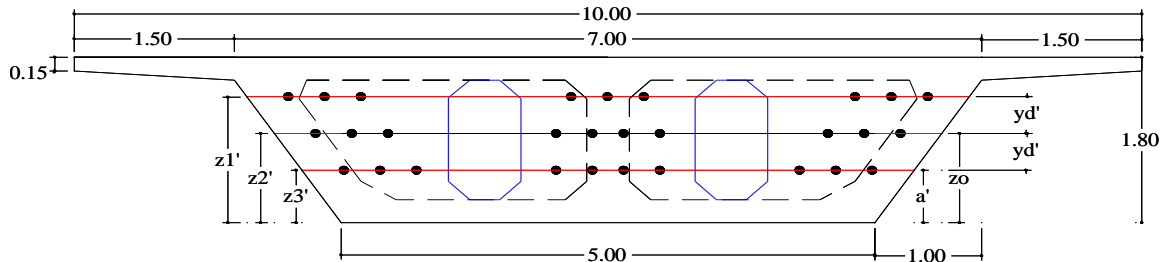
Pembebanan yang diperhitungkan untuk perencanaan *box girder* ini berdasarkan SNI (1725 : 2016).

Tabel 3. Perhitungan pembebanan

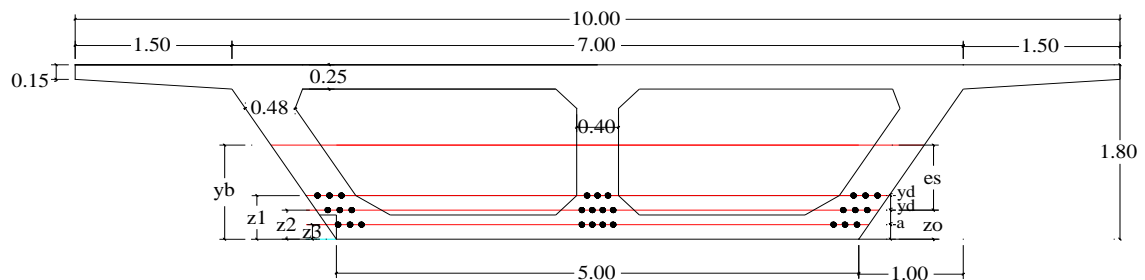
| No | Jenis Beban | kode | Q (kN/m) | P (Kn) | M (kNm) | Keterangan |
|----|--------------------------|------|----------|---------|---------|---------------------------------|
| 1 | Berat Sendiri Box Girder | BS | 139.200 | - | - | Beban Merata |
| 2 | Beban Mati | MS | 151.200 | 76.252 | - | Beban Merata dan beban terpusat |
| 3 | Mati Tambahan | MA | 18.830 | 18.101 | - | Beban Merata Dan Beban Terpusat |
| 4 | Beban Lajur | TD | 49.116 | 385.000 | - | Beban Merata Dan Beban Terpusat |
| 5 | Beban Pejalan Kaki | TP | 4.304 | - | - | Beban Merata |
| 6 | Gaya Rem | TB | - | - | 682.268 | Beban Momen |
| 7 | Angin | EW | 14.12 | - | - | Beban Merata |
| 8 | Gempa | EQ | 68.797 | - | - | Beban Merata |

C. Tata letak tendon

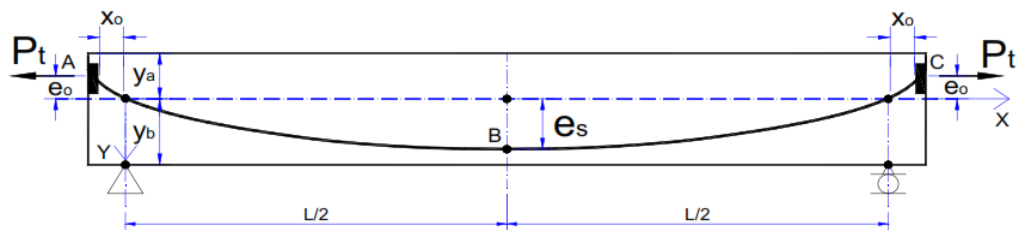
Dari hasil perhitungan diperoleh sebanyak 580 strands dengan tendon sebanyak 29 yang masing-masing tendon terdiri dari 20 strands. Tendon yang digunakan adalah tendon VSL, dengan jenis strands yaitu 7 Wire Super Strands ASTM A- 416 grade 270, diameter strands adalah 12,7 mm yang memiliki kuat tarik minimum $f_{pu} = 1860$ MPa.



Gambar 2. Posisi tendon di tumpuan



Gambar 3. Posisi tendon di tengah bentang



Gambar 4. Lintasan tendon

Tabel 4. lintasan tendon

| jarak X (m) | koordinat Y (m) | jarak X (m) | koordinat Y (m) | jarak X (m) | koordinat Y (m) | jarak X (m) | koordinat Y (m) |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| -0.25 | -0.022 | 7.75 | 0.502 | 16.85 | 0.666 | 25.95 | 0.371 |
| 0 | 0.000 | 9.05 | 0.554 | 18.15 | 0.652 | 27.25 | 0.291 |
| 1.25 | 0.104 | 10.35 | 0.596 | 19.45 | 0.629 | 28.55 | 0.202 |
| 2.55 | 0.202 | 11.65 | 0.629 | 20.75 | 0.596 | 29.85 | 0.104 |
| 3.85 | 0.291 | 12.95 | 0.652 | 22.05 | 0.554 | 31.1 | 0.000 |
| 5.15 | 0.371 | 14.25 | 0.666 | 23.35 | 0.502 | 31.35 | -0.022 |
| 6.45 | 0.441 | 15.55 | 0.671 | 24.65 | 0.441 | | |

D. Kehilangan gaya prategang

Tabel 5. Kehilangan gaya prategang

| Kehilangan Gaya Prategang | Hasil Perhitungan | Satuan |
|--|-------------------|------------|
| Perpendekan Elastis (ΔF_{pes}) | 147.167 | Mpa |
| Relaksasi Tendon (ΔF_{PCR}) | 61.259 | Mpa |
| Susut (ΔF_{psh}) | 36.251 | Mpa |
| Rangkak (ΔF_{pcr}) | 31.895 | Mpa |
| Friksi (ΔF_{pf}) | 56.828 | Mpa |
| Dudukan Angkur (ΔF_{pa}) | 39.815 | Mpa |
| Total (ΔF_{pt}) | 373.215 | Mpa |
| Persentase Kehilangan ($\Delta F_{pt} / F_{pu}) \times 100 \%$ | 20.07% | |

Persentase kehilangan,

$$\begin{aligned}
 (\Delta f_{PT} / f_{pu}) \times 100 \% &< 30 \% \\
 (373.216 / 1869) \times 100\% &< 30 \% \\
 20.07 \% &< 30 \% \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

E. Lendutan box girder

Tabel 6. Lendutan pada masing – masing beban

| No | Lendutan | Hasil Perhitungan (M) |
|----|----------------------------|-----------------------|
| 1 | Akibat Berat Sendiri | 0.01909 |
| 2 | Akibat Beban Mati Tambahan | 0.00243 |
| 3 | Akibat Susut Rangkak | 0.00793 |
| 4 | Akibat Prategang | -0.02603 |
| 5 | Akibat Beban Lajur | 0.0095 |
| 6 | Akibat Beban Rem | 0.00053 |
| 7 | Akibat Pejalan Kaki | 0.00043 |
| 8 | Akibat Beban Angin | 0.00174 |
| 9 | Akibat Beban Gempa | 0.00847 |

F. Tinjauan momen ultimit box girder

Tabel 7. Momen ultimit box girder

| aksi/ beban | faktor beban ultimit | | Momen | | Momen Ultimit | |
|---------------------------|----------------------|-----|----------|-----------|-------------------|-----------|
| | | | M | kNm | Mu | kNm |
| A. aksi tetap | | | | | | |
| berat sendiri | K_{MS} | 1.3 | M_{MS} | 18576.70 | $K_{MS} * M_{MS}$ | 24149.71 |
| beban mati tambahan | K_{MA} | 2 | M_{MA} | 2417.31 | $K_{MA} * M_{MA}$ | 4834.61 |
| susut dan rangkak | K_{SR} | 1 | M_{SR} | -2731.47 | $K_{SR} * M_{SR}$ | -2731.47 |
| presstress | K_{PR} | 1 | M_{PR} | -25570.61 | $K_{PR} * M_{PR}$ | -25570.61 |
| B. Aksi transien | | | | | | |
| beban lajur D | K_{TD} | 2 | M_{TD} | 10013.96 | $K_{TD} * M_{TD}$ | 20027.91 |
| beban pedestrian | K_{TP} | 2 | M_{TP} | 520.32 | $K_{TP} * M_{TP}$ | 1040.65 |
| gaya rem | K_{TB} | 2 | M_{TB} | 341.13 | $K_{TB} * M_{TB}$ | 682.27 |
| C. Aksi lingkungan | | | | | | |
| beban angin | K_{EW} | 1.2 | M_{EW} | 1706.64 | $K_{EW} * M_{EW}$ | 2047.97 |
| beban gempa | K_{EQ} | 1 | M_{EQ} | 8317.59 | $K_{EQ} * M_{EQ}$ | 8317.59 |

G. *Pembesian box girder*

1. Tulangan non prategang

Dari hasil perhitungan penulangan, diperoleh tulangan memanjang sebanyak 43 D 16 – 230 mm untuk plat atas, 4 D 16 – 210 mm untuk plat bawah, 11 D 16 - 125 mm untuk plat tepi dan 9 D16 – 155 untuk plat tengah.

2. Tulangan geser

Dalam perhitungan yang telah dihasilkan, diameter tulangan geser yang digunakan adalah D 16 mm.

Tabel 8. Jarak sengkang

| Jarak X (M) | Jarak Sengkang D 16 | | |
|-------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | Tinjauan Geser 1 (mm) | Tinjauan Geser 2 (mm) | Jarak Yang Diambil (mm) |
| 0 | 59 | 59 | 50 |
| 1.25 | 80 | 82 | 50 |
| 2.55 | 107 | 113 | 75 |
| 3.85 | 144 | 154 | 100 |
| 5.15 | 192 | 208 | 150 |
| 6.45 | 258 | 283 | 200 |
| 7.75 | 350 | 386 | 250 |
| 9.05 | 481 | 536 | 250 |
| 10.35 | 679 | 761 | 250 |
| 11.65 | 996 | 1122 | 250 |
| 12.95 | 1548 | 1750 | 250 |
| 14.25 | 2640 | 2993 | 250 |
| 15.55 | 5298 | 6020 | 250 |

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan mengenai perencanaan *box girder* pada Jembatan Krueng Cut Kota Banda Aceh dapat diperoleh beberapa simpulan antara lain :

1. Ukuran penampang yang mampu menahan beban yang bekerja yaitu dengan tinggi penampang 1,8 m, lebar atas 10 m, lebar bawah 5 m, untuk ketebalan sayap atas 0,25 m, tebal sayap bawah 0,25 m dan tebal web 0.4 m dengan luas penampang *box girder* sebesar 5,568 m²
2. Jumlah tendon yang diperlukan dan dinyatakan aman untuk dapat menahan beban yang bekerja adalah 29 tendon dengan jumlah *strands* sebanyak 580 untuk masing – masing tendon terdiri dari 20 *strands*. Tendon yang digunakan adalah jenis 7 *wire strands ASTM 270* dengan diameter *strands* yaitu 12.7 mm.
3. Kehilangan gaya prategang total sebesar 373,215 MPa atau sebesar 20,07% dibawah batas aman yaitu 30%
4. *Box girder* tersebut aman dari tegangan yang diakibatkan oleh berat sendiri, beban mati tambahan, susut dan rangkai, gaya prategang, beban lajur, beban pejalan kaki, beban rem, beban angin dan beban gempa karena beban yang terjadi tidak melampaui nilai $0,45 f_c' = 22410$ kPa untuk tegangan ijin tekan dan tidak melampaui nilai $0,5 \sqrt{f_c'} = 3528,456$ kPa untuk tegangan ijin tarik.
5. Lendutan maksimum terjadi pada kombinasi fatik sebesar 0,00951 m, lebih kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar 0,1244 m, sehingga gelagar dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. SNI 2833-2008. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725-2016. Departemen PU Dirjen Bina Marga.
- Fikri, M.S.A. 2018. “Perencanaan Box Girder Pada Fly Over Simpang Surabaya Kota Banda Aceh”. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Hadipratomo, W. *Struktur Beton Prategang Teori Dan Prinsip Desain*. Bandung: Nova
- Hardwiyono, S., Dkk. Maret 2013. “Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong Yogyakarta dengan Menggunakan Box Girder” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol.16, No 1, 10-20
- Ilham, M.N 2008. “Perhitungan Box Girder Beton Prestress Gejayan Fly over”. Yogyakarta.
- Lin, T.Y dan Burns, N.H. 1996. *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*. Terjemahan Daniel Indrawan. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1*. Terjemahan Bambang Suryoatmono.. Jakarta: Erlangga.
- Prasetya, W.A. Dkk. 2010. “Perhitungan Jembatan Layang (Flyover) dengan Tipe Box Girder Beton Prategang (Prestressed Concrete) untuk Pertemuan Jalan Mayor Alianyang dan Jalan Soekarno – Hatta Kabupaten Kubu Raya”. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura.
- Raju, N.K. 1988. *Beton Prategang*. Terjemahan Suryadi. Jakarta: Erlangga.
- Soetoyo, 2000. *Konstruksi Beton Pratekan*. Jakarta: Erlangga.
- Supriadi, B., dan Muntohar, A. S. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta.