

EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN UNDERPASS JALAN TOL RUAS BINJAI - LANGSA SEKSI BINJAI - PANGKALAN BRANDAN

Oleh:

Romantin Maya Rona Simbolon ¹⁾
Rahelina Ginting ²⁾
Lince Siahaan ³⁾
Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail:

romantinsymbolon@gmail.com ¹⁾
grahelina77@gmail.com ²⁾
lincesiahaan200@gmail.com ³⁾

ABSTRACT

This study aims at evaluating the stress and deflection of the plate and girder beams in the Binjai – Langsa Section Toll Road Underpass Bridge Construction – Pangkalan Brandan and the overturning stability of the abutment and the bearing capacity of the axial foundation permit in the Binjai – Langsa Section Section of Binjai – Pangkalan Brandan Toll Road Underpass Bridge Project with existing data. The type of research used in this preparation is descriptive research using two research methods, namely case studies and analysis. The prestressed concrete bridge of Provincial Road STA 6+850 Toll Road Binjai-Langsa is one of the alternative road connecting bridges from Binjai to Poriaha Langsa with a total bridge length of 30 meters and a total bridge width of 12.70 meters. The design of the STA 6+850 Provincial Road prestressed bridge to the Binjai-Langsa Toll Road is guided by RSNI T-02-2005 for loading on the bridge, RSNI T-02-2005. Based on RSNI T-02 - 2005 loading for a 30 m span prestressed bridge requires 3 tendons with each tendon consisting of 19 strands with a diameter of 12.7 mm. Outer compression fiber stress due to the influence of prestressing, dead load and live load 0.45 fci' (10800 kPa) Deflection that occurs in the girder beam < from L/300 (0.10 m) X and Y direction roll stability control on abutments, The number of safety (SF) against overturning is greater allowable SF = 2.2 (Safe) Permitted bearing capacity of single bore pile foundation (Pijin) is analyzed based on SPT data. The obtained Pijin value is 815 kN according to the Meyerhoff method (1956) from field data (SPT).

Keywords: Prestressed Bridge, Girder, Abutment, Foundation

ABSTRAK

Tujuan studi ini adalah untuk mengevaluasi tegangan dan lendutan plat dan balok girder pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan dan mengevaluasi stabilitas guling abutment dan daya dukung ijin aksial pondasi pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan dengan data yang sudah ada. Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan ini adalah penelitian deskriptif dengan menggunakan dua metode penelitian yakni studi kasus dan analisis. Jembatan beton prategang Jalan Provinsi STA 6+850 Jalan Tol Ruas Binjai-Langsa merupakan salah satu jembatan penghubung jalan alternatif dari Binjai menuju Poriaha Langsa dengan panjang total jembatan sebesar 30 meter

dan lebar total jembatan 12,70 meter. Perancangan jembatan prategang Jalan Provinsi STA 6+850 Jalan Tol Ruas Binjai-Langsa ini berpedoman pada RSNI T-02-2005 untuk pembebanan pada jembatan, RSNI T-02-2005. Berdasarkan RSNI T-02 - 2005 pembebanan untuk jembatan prategang bentang 30 m dibutuhkan jumlah tendon sebanyak 3 buah dengan tiap tendon terdiri dari 19 strand dengan diameter 12.7 mm. Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup $\leq 0,45 f_{ci}'$ (10800 kPa) Lendutan yang terjadi pada balok girder $<$ dari $L/300$ (0,10 m) Kontrol stabilitas guling arah X dan Y pada abutmen, Angka keamanan (SF) terhadap guling lebih besar \geq SF yang diijinkan = 2,2 (Aman) Kapasitas dukung izin tiang pondasi bore pile tunggal (P_{ijin}) dianalisis berdasarkan data SPT. Diperoleh nilai P_{ijin} adalah 815 kN menurut metode Meyerhoff (1956) dari data lapangan (SPT).

Kata kunci: Jembatan Prategang, Girder, Abutment, Pondasi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi telah banyak menggunakan konstruksi seperti bangunan-bangunan tinggi, jalan layang over pass (flyover), jembatan, bendungan dan konstruksi-konstruksilain. Konstruksi suatu jembatan terdiri dari bangunan atas, bangunan bawah, dan pondasi. Kesalahan dalam merencanakan struktur jembatan tidak dapat ditoleransi karena berhubungan langsung dengan keselamatan pengguna jembatan tersebut. Perencanaan struktur juga harus memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku.

Dari uraian diatas penulis tertarik untuk mengevaluasi Struktur Jembatan yang sedangdi kerjakan pada Salah satu jembatana yang dikerjakan oleh PT HUTAMA KARYA dalam Proyek Jalan Tol Medan – Langsa. Oleh karena itu, dalam penulisan skripsi ini penulis mengangkat judul “Evaluasi Perencanaan Struktur pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, permasalahan yang akan dibahas antara lain:

- Bagaimana perhitungan pembebanan dan penulangan plat lantai jembatan pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan.
- Bagaimana perhitungan pembebanan, gaya prategang, tegangan dan lendutan Balok Girder pada Pembangunan Proyek

Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan.

- Bagaimana perhitungan pembebanan, dan stabilitas guling abutment pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan.
- Bagaimana perhitungan daya dukung ijin aksial pondasi pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan.

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

- Mengevaluasi tegangan dan lendutan plat dan balok girder pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan
- Mengevaluasi stabilitas guling abutment dan daya dukung ijin aksial pondasi pada Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan dengan data yang sudah ada

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Jembatan

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Jembatan merupakan suatu sistem transportasi untuk tiga hal, yaitu:

- Merupakan pengontrol kapasitas jembatan
- Mempunyai biaya tertinggi per mil jembatan

c. Jika jembatan runtuh, sistem akan lumpuh.

2.2. Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan

Secara umum jembatan dibagi menjadi 2 bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah.

2.2.1 Bangunan Atas Jembatan (*upper structure*)

Struktur atas adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan keperletakan meliputi :

- Plat lantai jembatan
- Trotoar
- Plat injak
- Gelagar (*Girder*)
- Balok diafragma

2.2.2 Struktur Bawah Jembatan

Bangunan bawah jembatan merupakan bangunan yang berfungsi sebagai penerima/memikul beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian disalurkan kepondasi meliputi:

- Abutment
- Pilar
- Pondasi

2.3 Jembatan Beton Prategang

Jembatan beton prategang atau yang dikenal dengan *PSC Bridge* merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton pratekan atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegang antarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik. Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal, (ACI).

2.3.1 Prinsip Dasar Prategang

Tujuan pemberian gaya prategang

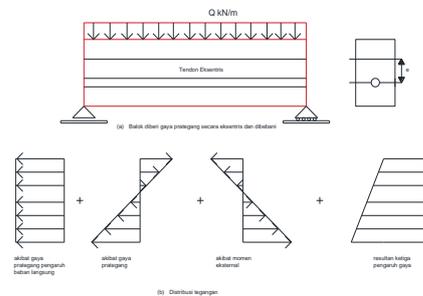
- Mengontrol atau menghilangkan tegangan Tarik di beton supaya tidak terjadi retak di level pembebanan tertentu, umumnya sampai tahap bebnakerja
- Mengurangi lendutan di komponen struktur tertentu (balok) ditahap pembebanan beban kerja
- Untuk mendapatkan bentang struktur yang lebih Panjang dengan ukuran

penampang dan lendutan yang lebih kecil

2.3.2 Konsep Prategang

Menurut T.Y. Lin dan Burns (1982), ada tiga konsep yang berbeda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang.

- Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis.



Gambar 1. Distribusi tegangan sepanjang penampang beton prategang eksentris
sumber: jembatan, supriyadi/dkk, 2007

Distribusi tegangan yang dihasilkan yaitu:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I} \pm \frac{P \cdot e \cdot y}{I}$$

dengan:

P = gaya prategang

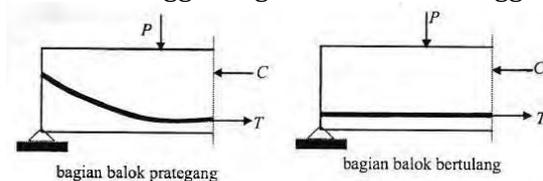
A = luas penampang

e = jarak pusat tendon terhadap c.g.c

y = jarak dari sumbu yang melalui titik berat

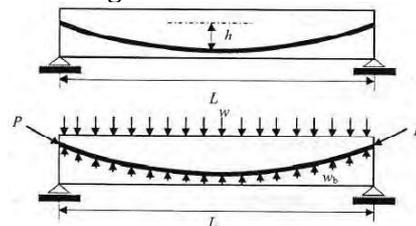
I = Momen inersia penampang

- Sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi



Gambar 2. Momentahan internal pada balok beton prategang dan beton bertulang.
Sumber: jembatan, supriyadi/dkk, 2007

- Sistem prategang untuk mencapai perimbangan beban.



Gambar 3. Balok prategang dengan tendon parabolajembatan, supriyadi/dkk, 2007

Distribusi tegangan yang dihasilkan yaitu

$$W_b = \frac{8 Fh}{L^2}$$

Dengan,

W_b = beban merata akibat gaya pratekan

F = gaya prategang

h = tinggi lintasan kabel prategang

L = Panjang bentang balok

2.3.3 Analisis Prategang

Tegangan yang disebabkan oleh prategang umumnya merupakan tegangan kombinasi yang disebabkan oleh beban langsung dan lenturan yang dihasilkan oleh beban yang ditempatkan secara eksentris. Analisa tegangan-tegangan yang timbul pada suatu elemen struktur beton prategang didasarkan atas asumsi-asumsi berikut (N. Krisna Raju, 1986):

- Beton prategang adalah suatu material yang elastis.
- Didalam batas-batas tegangan kerja, baik beton maupun baja berperilaku elastis.
- Suatu potongan datar sebelum melentur dianggap tetap datar

2.3.4 Desain Penampang Beton Prategang

Dalam desain lentur komponen struktur beton bertulang, adalah suatu hal yang memadai untuk menerapkan kondisi batas tegangan pada saat gagal di dalam menentukan pilihan penampang, asalkan semua persyaratan lain seperti daya layan, kapasitas geser dan lekatan dipenuhi. Semua persyaratan ini dibutuhkan untuk menjamin bahwa pada kondisi beban kerja, retak dapat diabaikan dan efek-efek jangka panjang terhadap defleksi atau lawan lendut dapat dikontrol dengan baik (Edward G. Nawy, 2001 : 107).

2.4 Pembebanan pada Jembatan

Pembebanan pada jembatan terdiri dari aksi beban tetap, Beban hidup, dan bebanguempa.

2.4.1. Aksi dan Beban Tetap

Sistem pembebanan merupakan dasar untuk menentukan beban dan gaya dalam perhitungan. Penggunaan pembebanan ini bertujuan untuk mencapai perencanaan yang aman dan ekonomis sesuai dengan kondisi di lapangan.

- Beban Mati
- Beban Mati tambahan / Utilitas
- Pelapisan kembali permukaan

2.4.2. Beban Lalulintas (Beban Hidup)

Beban lalu lintas untuk perencanaan terdiri dari atas beban lajur "D" dan beban truk "T"..

a) Beban "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (Uniformly Distributed Load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load. Beban terbagi rata (UDL) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani "L" seperti berikut:

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

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \{0,5 + 15/L\} \text{ kPa}$$

Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

b) Penyebaran Beban "D" Pada Arah Melintang Jembatan

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen - komponen UDL dan KEL dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,50 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
- Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah jalur lalu lintas rencana (n_1) yang berdekatan, dengan intensitas 100%. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_1 \times 2,75 m$.
- Lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50%.

c) Gaya Rem

Pengaruh pengereman dari lalu - lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (Lt).

2.4.3. Pengaruh Gempa

Pada perencanaan jembatan, pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit. Untuk jembatan - jembatan, (fly over) sederhana, pengaruh

gempa dihitung dengan metode beban statis ekuivalen. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut:

$$T_{EQ} = K_h \cdot I \cdot W_T$$

Dimana :

$$K_h = C \cdot S$$

T_{EQ} = gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN).

K_h = koefisien beban gempa horisontal.

I = faktor kepentingan.

2.5 Analisa Girder/Balok Prategang

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan non struktural yang dipikulnya yang bersifat tetap.

a. Perhitungan Diafragma

$$\text{Gaya geser } V_{MS} = \frac{1}{2} \times Q_{MS} \times S$$

$$\text{Momen } M_{MS} = \frac{1}{12} \times Q_{MS} \times S^2$$

b. Perhitungan Girder/Balok Prategang

$$W_{\text{balok}} = A \times L \times w_c$$

$$\text{Beban } (Q_{MS}) = A \times w \text{ (kN/m)}$$

$$\text{Panjang } (L) = 30,6 \text{ m}$$

$$\text{Gaya geser } (V_{MS}) = \frac{1}{2} \times Q_{MS} \times L \text{ (kN)}$$

$$\text{Momen } (M_{MS}) = \frac{1}{8} \times Q_{MS} \times L^2 \text{ (kNm)}$$

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural. Beban mati tambahan berupa beban lapisan aspal (overlay) + beban air hujan.

$$\text{Gaya geser } V_{MA} = \frac{1}{2} \cdot Q_{MA} \cdot L$$

$$\text{Momen } M_{MA} = \frac{1}{8} \cdot Q_{MA} \cdot L^2$$

3. Beban Lalulintas

a. Beban Lajur "D" dan beban garis "KEL"

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi merata UDL (Uniformly Distributed Load) dan beban garis KEL (Knife Edge Load)

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

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

KEL mempunyai intensitas, $p = 440 \text{ kN/m}$

b. Beban Truk "T" (TT)

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan beban as. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil, $DLA = 0,4$

4. Gaya Rem (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya

rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (L_t) sebagai berikut:

Gaya rem, $T_{TB} = 250 \text{ kN}$

5. Beban Angin (EW)

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan di hitung dengan rumus: $T_{EW} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2$

6. Pengaruh Temperatur (ET)

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 kendaraan. $\Delta T = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) / 2$

7. Beban Gempa

Gaya gempa vertikal pada girder dihitung dengan menggunakan percepatan vertikal ke bawah minimal sebesar $0,10 \times g$ (g = percepatan gravitasi) atau dapat diambil 50% koefisien gempa horizontal statik ekuivalen.

Koefisien beban gempa vertikal $K_v = 50\% \cdot K_h$

$$\text{Gaya geser } V_{EQ} = \frac{1}{2} \times Q_{EQ} \times L$$

$$\text{Momen } M_{EQ} = \frac{1}{8} \times Q_{EQ} \cdot L^2$$

2.6 Analisa Abutment

Abutment atau kepala jembatan bagian konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung - ujung jembatan yang berfungsi sebagai

pendukung bagi bangunan di atasnya dan sebagai penahan tanah timbunan oprit.

2.7 Analisa Pondasi

Secara umum pondasi didenifisikan sebagai bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi.

2.7.1 Penelitian Tanah

Data penelitian tanah merupakan data sekunder dimana peneliti tidak langsung terjun ke lapangan sehingga data tersebut merupakan data yang diperoleh dari instansi

yang terkait. Penelitian tanah dimaksudkan untuk mendapatkan data keadaan tanah pada titik yang telah ditentukan sebagai gambaran dasar keadaan tanah pada rencana jembatan Underpass Jalan Provinsi 1 STA 6 + 850 dalam pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Seksi Binjai – Pangkalan Brandan

2.6.2 Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung pondasi dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut:

- Metode Tes Deep Boring
- Metode Standard Penetration Test (SPT)
- Sondir Test
- Uji Tanah Di Lapangan
- Uji Tanah Laboratorium

2.7.2 Kapasitas Dukung Pancang

Anggapan dasar dalam menghitung kapasitas daya dukung untuk pondasi tiang biasanya dituangkan dalam rumus :

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p$$

Dimana,

Q_{ult} = kapasitas dukung ultimit netto tiang (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit tiang (kN)

Q_s = tahanan gesek dinding ultimit tiang (kN)

W_p = berat sendiri tiang (kN)

a. Kapasitas Daya Dukung Pondasi tiang pancang Berdasarkan Kekuatan Tanah (SPT)

Tahanan ujung ultimit tiang (Q_b) dihitung dengan persamaan : $Q_b = 40 \cdot N' \cdot A_b$

Sedangkan tahanan gesek ultimit tiang (Q_s) dihitung dengan persamaan : $Q_s = 0,2 \cdot \nabla \cdot A_s$. As Substitusikan persamaan kedalam persamaan berikut : $Q_u = 40 \cdot N' \cdot A_b + 0,2 \cdot \nabla \cdot A_s - W_p$

b. Kapasitas Ijin Tiang Pondasi Tiang Pancang

Kapasitas ijin tiang pondasi tiang pancang diperoleh dari kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (FK) tertentu.

Besar kapasitas ijin tiang untuk perancangan pondasi tiang pancang dengan rumus sebagai berikut : $Q_a = \frac{Q_u}{FK}$

c. Kapasitas Dukung Ijin Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi Pondasi

1) Kapasitas Dukung Ijin Kelompok Tiang
Kapasitas dukung ijin kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas ijin tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya.

Stabilitas kelompok tiang dipengaruhi oleh:

- Kemampuan tanah di sekitar dan bawah kelompok tiang untuk mendukung beban total struktur.
 - Pengaruh konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.
- 2) Efisiensi tiang pancang
Efisiensi *tiang pancang* bergantung pada beberapa faktor, yaitu:
- Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
 - Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
 - Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
 - Urutan pemasangan tiang.
 - Macam tanah.
 - Waktu setelah pemasangan tiang.
 - Interaksi antara pelat penutup tiang (pile cap) dengan tanah.
 - Arah dari beban yang bekerja.

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan – persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, jarak relatif, dan diameter tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Beberapa persamaan efisiensi tiang sebagai (Das, B.M., 2007), berikut :

1) Metode *Converse – Labarre*

$$E_g = 1 - \phi \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 mn}$$

Syarat jarak antar tiang ke tiang ($a_s - a_s$) :

$$s < \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

dimana : E_g = efisiensi kelompok tiang.

ϕ = arc tg d/s , dalam derajat.

d = diameter tiang (m).

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

m = jumlah baris tiang.

n = jumlah tiang (satu baris).

2) Metode Los Angeles Group Action

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \cdot (m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1) + (n-1)})$$

3) Metode Sailer – Keeney equation (Sailer dan Keeney, 1944)

$$E_g = \left(1 - \left(\frac{11s}{7(s^2-1)} \right) \cdot \left(\frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

4) Analisis Yang Bekerja Pada Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang mempunyai bentuk yang sebenarnya sama, hanya berbeda di dalam meneruskan gaya – gaya yang bekerja ke tanah dasar pondasi yang melalui ujung tiang, lekatan atau gesek pada dinding tiang. Sedangkan beban luar yang diterima oleh bangunan diteruskan melalui tiang, bila kapasitas dukung tiang rendah, maka bangunan akan terperosok masuk kedalam tanah, sedangkan bila kapasitas dukung tiang besar bangunan tersebut kurang ekonomis. Selain itu beban yang bekerja dapat dibagi atas : beban terpusat sentris terhadap titik pusat berat kelompok tiang dan beban terpusat vertikal eksentris terhadap titik pusat berat kelompok tiang (Suryolelono, K.B., 1994).

3. METODE PELAKSANAAN

3.1 Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan ini adalah penelitian deskriptif dengan menggunakan dua metode penelitian yakni studi kasus dan analisis.

3.2 Data Lokasi Penelitian

Data lokasi proyek sebagai berikut:

- Nama Proyek : Pembangunan Proyek Jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan
- Lokasi Proyek : Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan
- Owner : PT. HUTAMA KARYA



Gambar 4 peta lokasi proyek
Sumber: PT. Hutama Karya

3.3. Teknik Mengumpulkan Data

Untuk merencanakan evaluasi jembatan jalan raya di aliran sungai Sei Pare Pare ini diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai patokan desain. Data-data tersebut antara lain:

- a) panjang jembatan;
- b) tinggi jembatan; dan
- c) lebar jembatan.

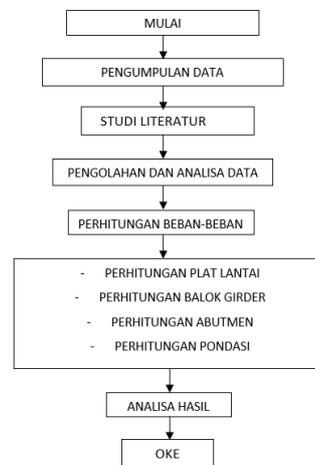
3.4 Proses Perhitungan Bangunan

Berikut adalah proses perhitungan perencanaan jembatan Beton Prategang:

- a. Beban Mati (berat gelagar, diafragma, deck slab, pelat lantai, perkerasan)
- b. Perhitungan struktur pelat lantai (RSNI T – 02 – 2005)
- c. Perhitungan struktur Gelagar Balok
- d. Perhitungan Abutmen
- e. Perhitungan Pondasi

3.5 Tahapan Analisa

Tahap analisa dipresentasikan dengan menggunakan kerangka acuan dasar yang membantu kalur yang bertujuan menjadi pedoman dalam pelaksanaan perencanaan dalam penganalisaan. Kerangka acuan dasar yang membentuk alur

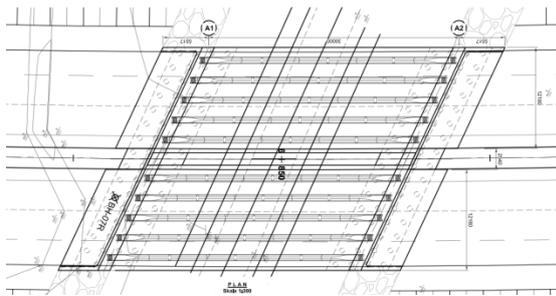


Gambar 5. Alur Perhitungan Evaluasi

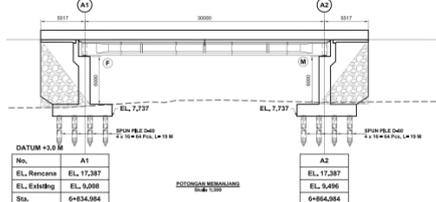
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Spesifikasi Jembatan

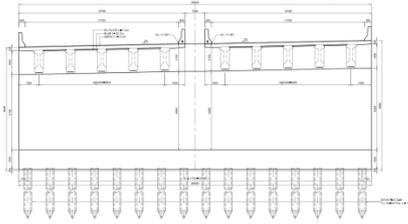
Dalam evaluasi perencanaan ini dilampirkan gambar denah jembatan, potongan memanjang dan potongan melintang dari jembatan *Underpass* Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai – Pangkalan Brandan pada STA 6 + 850.



Gambar 6. Denah Jembatan



Gambar 7. Potongan Melintang Jembatan



Gambar 8. Potongan Memanjang Jembatan

Dalam evaluasi perencanaan jembatan ini dilampirkan beberapa data umum dalam evaluasi, antara lain:

1. Panjang Jembatan : 30 m
2. Lebar jalur Lalu Lintas : 26,90 m
3. Komposit beton prategang (*prestress concrete*)
4. Bangunan Atas
 - a) Lantai Jembatan
 - Lebar Lantai : 26,90 m
 - Mutu Beton : K-250, $f_c = 21\text{Mpa}$
 - Mutu Baja : BJTD -39/ $f_y = 400\text{ Mpa}$
 - Tebal pelat : 25 cm
 - Perkerasan : aspal beton
 - Tebal Perkerasan : 5 cm
 - b) Sandaran
 - Mutu beton : K-250, $f_c = 21\text{Mpa}$
 - Mutu Baja : BJTD -39 / $f_y = 400\text{ Mpa}$
 - c) Girder
 - Jenis Girder : Girder I
 - Panjang Girder : 30 m
 - Lebar Girder : 0,7 m
 - Tinggi Girder : 1,70 m
 - Mutu Beton f_c : 30Mpa
 - Mutu Baja : <D-13= BJTP-24/ $f_y=240\text{ Mpa}$; <D-13=BJTP-40/ $f_y= 400\text{ Mpa}$
 - d) Diafragma
 - Tebal Diafragma : 500 mm, 200 mm
 - Mutu Beton : K-250, $f_c = 21\text{Mpa}$

- Mutu Baja : BJTD-39/ $f_y = 400\text{ Mpa}$
- 5. Bangunan Bawah
 - a) Abutment
 - Tinggi Abutment : 9,364 m
 - Mutu Beton : K-250, $f_c = 21\text{ Mpa}$
 - b) Pondasi
 - TiangPancang beton bertulang K-250 $\varnothing 60$
 - Diameter TiangPancang : 0,6 m
 - Panjang TiangPancang : 19 m
 - Jumlah Titik TiangPancang: 128 titik
 - Mutu Beton TiangPancang: 21Mpa

4.2 Analisa Plat Lantai

Tulangan lentur

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{152.981 \text{ kNm} \times 10^6}{1000 \text{ mm} \times (200.5 \text{ mm})^2} = 3.805 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \left(\frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{600}{(600 + f_y)} \right) = 0.02276$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \rho_{\text{balance}} = 0.0171$$

$$R_{\text{maks}} = \rho_{\text{maks}} \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \times \rho_{\text{maks}} \times f_y}{0.85 \times f'c} \right) = 5.522 \text{ N/mm}^2 > 3.805 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan yang diperlukan

$$\rho = \frac{0.85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0.85 \times f'c}} \right) = 0.0155$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s \text{ total} = \rho \cdot b \cdot d = 3104.89 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D 19 mm

$$A_{D19} = \frac{1}{4} \pi d^2 = 283.385 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s \text{ total}}{A_{\varnothing 19}} = 10.96 \approx 11$$

batang

Maka digunakan D19 - 90 mm

$A_s' = 50\% A_s$, digunakan D19 - 180 mm

4.3 Analisa Girder/BalokPrategang

Lebar efektif plat lantai, $B_e = 2.40 \text{ m}$

Kuattekanbeton plat, $f'_c = 21 \text{ MPa}$

Kuattekanbetonbalok, $f'_c = 30 \text{ MPa}$

Modulus elastic plat beton

$$E_{\text{plat}} = 4700 \sqrt{f'_c} = 21538,11 \text{ MPa}$$

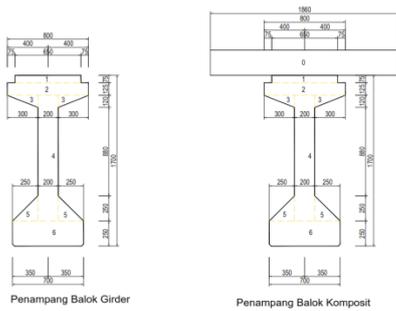
Modulus elastic balokbeton

$$E_{\text{balok}} = 0,043(W_c)^{1.5} \sqrt{f'_c} = 27691,47 \text{ MPa}$$

Nilai perbandingan modulus elastic plat dan

$$\text{balok } n = \frac{E_{\text{plat}}}{E_{\text{balok}}} = 0,7778$$

Jadi lebar pengganti beton plat lantai jembatan $B_{\text{eff}} = n \times B_e = 1,86 \text{ m}$



Gambar 9. Penampang Balok

4.2.1 Perhitungan Momen Inersia Momen Inersia Balok Girder

Tinggi balok Prategang $h = 1.7$ m
Luas Penampang Balok Prategang $A = 0,672$ m²

Letak titik berat $y_b = \frac{\sum A \times y}{\sum A} = 0,817962$ m

$y_a = h - y_b$

Momen inersia terhadap alas balok

$$I_b = \sum A \times y^2 + \sum I_b = 0,6863 \text{ m}^4$$

Momen inersia terhadap titik berat balok

$$I_x = I_b - A \times y_b^2 = 0,2365 \text{ m}^4$$

$$W_a = I_x / y_a = 0,2682 \text{ m}^3$$

$$W_b = I_x / y_b = 0,2892 \text{ m}^3$$

Momen Inersia Balok Komposit

Tinggi total balok Prategang $h = 1.95$ m

Luas Penampang Balok Prategang $A = 1,14$ m²

Letak titik berat $y_{bc} = \frac{\sum A_c \times y}{\sum A_c} = \frac{1,40}{1,14} = 1,2297$ m

m

$$y_{ac} = h_c - y_{bc} = 0,7203 \text{ m}$$

Momen inersia terhadap alas balok

$$I_{bc} = \sum A_c \times y^2 + \sum I_{co} = 2,237 \text{ m}^4$$

Momen inersia terhadap titik berat balok komposit

$$I_{xc} = I_{bc} - A_c \times y_{bc}^2 = 0,518 \text{ m}^4$$

Tahanan momen sisi atas plat

$$W_{ac} = I_{xc} / y_{ac} = 0,719 \text{ m}^3$$

Tahanan momen sisi atas balok

$$W'_{ac} = I_{xc} / (y_{ac} - h_0) = 1,1108 \text{ m}^3$$

Tahanan momen sisi bawah balok

$$W_{bc} = I_{xc} / y_{bc} = 0,4215 \text{ m}^3$$

4.3.2 Gaya Prategang, Eksentrisitas, dan Jumlah Tendon

Gaya prategang adalah gaya yang diperlukan untuk menahan semua beban yang terjadi akibat beban sendiri maupun beban luar yang terjadi.

a. Kondisi Awal (Saat Transfer)

Mutu beton, $f_c = 30$ MPa

Kuat tekan beton pada kondisi awal

$$f_{ci}' = 0,80 \times f_c' = 24000 \text{ kPa}$$

$$W_a = 0,268 \text{ m}^3, W_b = 0,289 \text{ m}^3, A = 0,672 \text{ m}^2$$

Ditetapkan jarak titik berat tendon terhadap alas balok, $z_0 = 0,1375$

Eksentrisitas tendon, $e_s = y_b - z_0 = 0,6805$ m

Besarnya gaya prategang awal,

$$P_t = \frac{M_{balok}}{e_s - \frac{W_a}{A}} = 6529,90$$

$$P_t = \frac{0,6 \times f_{ci}' \times W_b + M_{balok}}{\frac{W_b}{A} + e_s} = 5404,78$$

b. Kondisi Akhir

Digunakan kabel yang terdiri dari beberapa kawat baja untai "standar cable" dengan data sebagai berikut

Jenis strands : Uncoated 7 wire super

strands cable ASTM A-416 grade 270

Tegangan leleh strand $f_{py} : 1580000$ kPa

Kuat Tarik strand $f_{pu} : 1860000$ kPa

Diameter nominal strands: 0.0127 m

Luas penampang strands $A_{st} : 0.0001$ m²

Beban putus minsatu strands $P_{bs} : 187,32$ kN

Jumlah kawat untai : 19

Luas penampang strand : 0,00188 m²

Beban putus tendon $P_{b1} : 3559,08$ kN

Modulus elastis strands : $1,9 \times 10^8$ kPa

Tipe dongkrak : VSL E19

Gaya prategang awal $P_t = 5404,782$

Jumlah tendon yang diperlukan:

$$n_t = \frac{P_t}{0,85 \times 0,80 \times P_{b1}} = 2.233 \text{ (3 tendon)}$$

$$n_s = \frac{P_t}{0,85 \times 0,80 \times P_{bs}} = 42.43 \text{ (57 Strands)}$$

Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% force jacking) :

$$P_0 = \frac{P_t}{0,85 \times n_s \times P_{bs}} = 60\% < 80\% \text{ (OK)}$$

Gaya prategang akibat jacking,

$$P_j = P_0 \times n_s \times P_{bs} = 6358,57 \text{ kN}$$

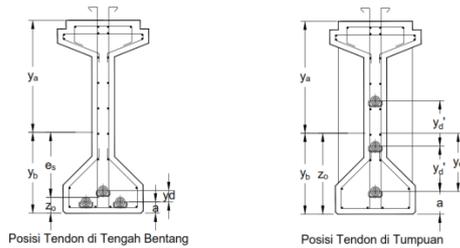
Diperkirakan kehilangan tegangan 30%

Gaya prategang akhir setelah kehilangan tegangan sebesar 30%

$$P_{eff} = 70\% P_j = 4450,997 \text{ kN}$$

c. Posisi Tendon

Posisi tendon akan berbeda ditumpuan dan ditengah bentang. Pada tengah bentang kecenderungan posisi tendon berada dibawah garis eksentrisitas balok. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gaya tekan keatas. Untuk menentukan posisi tendon dicari sebagai berikut:



Gambar 10. Posisi Tendon

4.3.3. Tegangan yang Terjadi pada Penampang Balok

Menurut peraturan perencanaan Teknik jembatan (Bridge Design Code), tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang (sebelum terjadi kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut:

- 1) Tegangan serat tekan terluar harus $\leq 0,60 f_{ci}'$ dengan $f_{ci}' = 0,80 f_c'$
- 2) Tegangan serat tarik terluar harus $\leq 0,50 \sqrt{f_{ci}'}$ dengan $f_{ci}' = 0,80 f_c'$

Tegangan beton pada kondisi beban layan (setelah memperhitungkan semua kehilangan tegangan) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 1) Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup $\leq 0,45 f_{ci}'$
- 2) Tegangan serat tarik terluar yang pada awalnya mengalami tekan $\leq 0,50 \sqrt{f_{ci}'}$

Mutubeton, $f_c = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa}$

Kuattekanbeton pada kondisiawal

$$f_{ci}' = 0,80 \times f_c' = 24000 \text{ kPa}$$

Teganganijintekananbeton,

$$-0,6 \times f_{ci}' = -14400 \text{ kPa}$$

$$W_a = 0,2682 \text{ m}^3; W_b = 0,2892 \text{ m}^3;$$

$$A = 0,67225 \text{ m}^2; P_t = 5404,782$$

$$\text{kN}; e_s = 0,6805 \text{ m}; M_{\text{balok}} = 1838,67$$

kNm

Tegangan di seratatas,

$$f_{ca} = -\frac{P_t}{A} + P_t \times \frac{e_s}{W_a} - \frac{M_{\text{balok}}}{W_a} = -1181,72 \text{ kPa}$$

Tegangan di seratbawah,

$$f_{cb} = -\frac{P_t}{A} - P_t \times \frac{e_s}{W_b} + \frac{M_{\text{balok}}}{W_b} = -14399,03 \text{ kPa}$$

$$< -0,6 \times f_{ci}' \text{ (Aman)}$$

Tegangan di seratatas,

$$f_a = -\frac{P_{\text{eff}}}{A} + P_{\text{eff}} \times \frac{e_s}{W_a} - \frac{M_{\text{balok}}}{W_a} = -2183,82 \text{ kPa}$$

Tegangan di seratbawah,

$$f_b = -\frac{P_{\text{eff}}}{A} - P_{\text{eff}} \times \frac{e_s}{W_b} + \frac{M_{\text{balok}}}{W_b} = -10736,07 \text{ kPa}$$

$$< -0,45 \times f_{ci}' \text{ (Aman)}$$

a. Keadaan setelah plat lantai selesai dicor (Beton Muda)

$$P_{\text{eff}} = 4450,997 \text{ kN}; e_s = 0,6805 \text{ m};$$

$$M_{\text{balok+plat}} = 2541,797 \text{ kNm};$$

Tegangan di seratatas,

$$f_a = -\frac{P_{\text{eff}}}{A} + P_{\text{eff}} \times \frac{e_s}{W_a} - \frac{M_{\text{balok+plat}}}{W_a} = -4805,46$$

kPa

Tegangan di seratbawah,

$$f_b = -\frac{P_{\text{eff}}}{A} - P_{\text{eff}} \times \frac{e_s}{W_b} + \frac{M_{\text{balok+plat}}}{W_b} = -8304,79 \text{ kPa}$$

$$< -0,45 \times f_{ci}' \text{ (Aman)}$$

b. Keadaan setelah plat dan balok menjadi komposit

$$W_{ac} = 0,719 \text{ m}^3; W_{bc} = 0,421 \text{ m}^3;$$

$$A_c = 1,142 \text{ m}^2; P_{\text{eff}} = 4450,997 \text{ kN};$$

$$W'_{ac} = 1,101 \text{ m}^3$$

Eksentrisitas tendon untuk penampang komposit:

$$e'_s = e_s + (y_{bc} - y_b) = 1,0922 \text{ m}$$

Tegangan beton di seratatas plat,

$$f_{ac} = -\frac{P_{\text{eff}}}{A_c} + P_{\text{eff}} \times \frac{e'_s}{W_{ac}} - \frac{M_{\text{balok+plat}}}{W_{ac}} = -686,406$$

kPa

Tegangan beton di seratatas balok,

$$f_{ac} = -\frac{P_{\text{eff}}}{A_c} + P_{\text{eff}} \times \frac{e'_s}{W'_{ac}} - \frac{M_{\text{balok+plat}}}{W'_{ac}} = -1806,60$$

kPa

Tegangan beton di serat bawah balok,

$$f_{bc} = -\frac{P_{\text{eff}}}{A_c} - P_{\text{eff}} \times \frac{e'_s}{W_{bc}} + \frac{M_{\text{balok+plat}}}{W_{bc}} = -9423,95$$

$$\text{kPa} < -0,45 \times f_{ci}' \text{ (Aman)}$$

4.3.3 Kontrol Lentutan Balok Terhadap Kombinasi Beban

Lentutan maksimum yang diijinkan,

$$\delta = \frac{L}{300} = \frac{30}{300} = 0,100 \text{ m}$$

Tabel 4.22 Kontrol lentutan balok terhadap kombinasi pembebanan

| LENDUTAN | δ | KOMB 1 | KOMB 2 | KOMB 3 | KOMB 4 | KOMB 5 |
|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MS | 0.02270 | 0.02270 | 0.02270 | 0.02270 | 0.02270 | 0.02270 |
| MA | 0.00198 | 0.00198 | 0.00198 | 0.00198 | 0.00198 | 0.00198 |
| PR | -0.03179 | -0.03179 | -0.03179 | -0.03179 | -0.03179 | -0.03179 |
| TD | 0.01280 | 0.01280 | 0.01280 | 0.01280 | 0.01280 | |
| TB | 0.00027 | 0.00027 | 0.00027 | 0.00027 | 0.00027 | |
| ET | 0.00445 | | 0.00445 | | 0.00445 | |
| EW | 0.00038 | | | 0.00038 | 0.00038 | |
| EQ | 0.00722 | | | | | 0.00722 |
| Jumlah | | 0.00596 | 0.01041 | 0.00634 | 0.01079 | 0.00011 |
| Ket. | | <L/300 (OK) |

4.4 Perhitungan Abutment

Beban - beban yang diperhitungkan bekerja pada jembatan yaitu beban mati, beban mati tambahan, tekanan tanah, beban lajur "D", beban pedestrian, gaya rem, pengaruh temperatur, beban angin, beban gempa, tekanan tanah dinamis akibat gempa dan gesekan pada perletakan.

4.4.1. Kontrol Stabilitas Guling

Stabilitas guling berkaitan dengan momen yang terjadi pada struktur abutment. Momen tersebut terjadi karena adanya gaya-gaya lateral tanah terhadap titik guling struktur abutmen. Adanya berat sendiri struktur terhadap titik guling, akan berfungsi menahan momen guling akibat gaya aktif tanah.

a. Stabilitas Guling Arah X

Pondasi tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas guling, sehingga angka keamanan (SF) terhadap guling cukup diambil = 2,2

Letak guling $B_x/2 = 3,774 \text{ m}$

Angka aman terhadap guling

$SF = M_{px}/M_x$ harus $\geq 2,2$

Tabel 4.36 kontrol stabilitas guling arah X

| No | Kombinasi Beban | k | P (kN) | Mx(kNm) | Mpx(kNm) | SF | Keterangan |
|----|-----------------|-----|----------|----------|-----------|--------|------------|
| 1 | KOMB - 1 | 0% | 34817.26 | 422.87 | 129659.46 | 306.62 | > 2,2 (C) |
| 2 | KOMB - 2 | 25% | 34817.26 | 422.87 | 162074.33 | 383.28 | > 2,2 (C) |
| 3 | KOMB - 3 | 40% | 34817.26 | 422.87 | 181523.25 | 429.27 | > 2,2 (C) |
| 4 | KOMB - 4 | 40% | 34817.26 | 422.87 | 181523.25 | 429.27 | > 2,2 (C) |
| 5 | KOMB - 5 | 50% | 33914.08 | 71142.52 | 189444.08 | 2.66 | > 2,2 (C) |

b. Stabilitas Guling Arah Y

Pondasi tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas guling, sehingga angka keamanan (SF) terhadap guling cukup diambil = 2,2

Letak guling $B_y/2 = 26,90/2 = 13,45 \text{ m}$

Momen penahan guling

$M_{py} = P \times (B_y/2) \times (1+k)$

Angka aman terhadap guling

$SF = M_{py}/M_y$ harus $\geq 2,2$

Tabel 4.37 kontrol stabilitas guling arah Y

| No | Kombinasi Beban | k | P (kN) | My(kNm) | Mpy(kNm) | SF | Keterangan |
|----|-----------------|-----|----------|----------|-----------|-------|------------|
| 1 | KOMB - 1 | 0% | 34817.26 | 0.00 | 516705.50 | | |
| 2 | KOMB - 2 | 25% | 34817.26 | 0.00 | 645881.87 | | |
| 3 | KOMB - 3 | 40% | 34817.26 | 0.00 | 723387.69 | | |
| 4 | KOMB - 4 | 40% | 34817.26 | 0.00 | 723387.69 | | |
| 5 | KOMB - 5 | 50% | 33914.08 | 71142.52 | 754952.96 | 10.61 | > 2,2 (OK) |

4.5. Perhitungan Pondasi

Secara umum pondasi didenifikasikan sebagai bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya.

4.5.1. Data Pondasi

Diameter Tiang $d = 0,60 \text{ m}$

Panjang Tiang $L = 19 \text{ m}$

Jumlah baris tiang $n_y = 16 \text{ buah}$

Jumlah tiang satu baris $n_x = 4 \text{ buah}$

Jarak antara tiang bora arah x, $X = 1,75 \text{ m}$

Jarak antara tiang bora arah y, $Y = 1,7 \text{ m}$

Jarak antara tiang terkecil $S = 1,7 \text{ m}$

$n = 16$ $m = 4$

4.5.2. Gaya Aksial yang diterima pada Tiang

Jumlah tiang $n = 64 \text{ buah}$

a. Tinjauan Terhadap Beban Arah X

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + M_x \times \frac{X_{\max}}{\sum X^2}; P_{\min} = \frac{P}{n} - M_x \times \frac{X_{\max}}{\sum X^2}$$

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang:

b. Tinjauan Terhadap Beban Arah Y

Gaya aksial maksimum dan minimum yang diderita satu tiang

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + M_y \times \frac{Y_{\max}}{\sum Y^2}; P_{\min} = \frac{P}{n} - M_y \times \frac{Y_{\max}}{\sum Y^2}$$

4.5.3. Perhitungan Kapasitas Dukung Ijin Tiang dan Efisiensi Tiang

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \quad Q_p = 40 \cdot N_r \cdot A_p$$

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

$$N_1 = \frac{40 + 52}{2} = 46 \quad N_2 = \frac{52 + 55}{2} = 53,5$$

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{46 + 53,5}{2} = 49,75$$

$$Q_p = 40 \cdot N_r \cdot A_p = 562,374 \text{ ton}$$

$$N_k = 23$$

$$Q_s = 0,2 \cdot N_k \cdot A_k = 138,662 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} = 215,191 \text{ ton}$$

Dengan metode *Converse - Labarre*

a. Efisiensi grup tiang (E_g)

$$\theta = \arctg(d/s) = 19,44$$

$$E_g = 1 - \theta \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 \text{ mm}} = 0,6355$$

b. Kapasitas dukung ijin tiang (Q_g)

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{ijin} = 87522,27 \text{ kN} > P = 34817,26 \text{ kN}$$

5. SIMPULAN

Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan pada tulisan ini didapat beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Tulangan pada tumpuan tulangan lentur D19 - 90 mm, tulangan bagi D19 - 180 mm, Tulangan pada lapangan tulangan lentur D19 - 90 mm, tulangan bagi D19 - 180 mm
2. Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup $\leq 0,45 f_{ci}'$ (10800 kPa)

3. Tegangan serat tarik terluar yang pada awalnya mengalami tekan $\leq 0.50 \sqrt{f_{ci}}$
4. Lendutan yang terjadi pada balok girder < dari L/300 (0,10 m)
5. Kontrol stabilitas guling arah X dan Y pada abutmen, Angka keamanan (SF) terhadap guling lebih besar $\geq SF$ yang diijinkan = 2,2 (Aman)
6. Kapasitas dukung izin tiang pondasi bore pile tunggal (Q_{ijin}) dianalisis berdasarkan data SPT. Diperoleh nilai Q_{ijin} adalah 2151,90 kN dan kapasitas dukung ijin tiang 87522,27 kN
7. Dari hasil kontrol daya dukung ijin tiang tunggal (Q_{ijin}) berdasarkan kombinasi beban perencanaan tegangan kerja pada setiap tiang akibat gaya vertikal ditambah momen yang bekerja. Gaya maksimum yang dipikul oleh satu tiang bore pile dari setiap kombinasi beban (P terjadi) < daya dukung ijin tiang tunggal (Q_{ijin}), sehingga pondasi bore pile Aman terhadap beban yang terjadi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E, Joseph, 1997. *Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga
- Bridge management system 1992 (BMS)
Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1992. *Bridge*
- Eko frendklin pos pos. 2019. *Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Jembatan Underpass Jln Veteran Seksi 1 Jalan Tol Medan-Binjai (Studi Kasus)*, Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Medan: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christadi, 1996 *“Teknik Pondasi”*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- <http://www.sarjanasipil.my.id/2017/04/bangunan-ata-dan-bawah-pada-jembatan>
- Lin, TY., dan NH. Burns, 1987. *Design of Prestressed Concrete, Second Edition. Management System*.
- Maya Sari, L. 2018. *“Perhitungan Abutment Jembatan Overpass Persawahan Seksi 1 Jalan Tol (Studi Kasus)”*, Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Medan: Medan.
- Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama
- Raju, Krisna N (1983), *Design of Concrete Mixes*, CBS Publishers & Distributors, Jain Bhawan, Bhola Nath Nagar, Shandra, Delhi India
- RSNI – T- 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *“Jembatan”*, Edisi Pertama Cetakan ke-4. Yogyakarta: Beta Offset.