ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN HANDIL USU RT.19 KECAMATAN SAMBOJA DENGAN KONSTRUKSI BOX GIRDER PRESTRESSED SEGMENTAL

# Nur Muhammad Rizky

Abstrak

***Nur Muhammad Rizky****, Jembatan box girder prestress terdiri dari satu atau beberapa balok kotak yang dibangun dari beton yang diberi penekanan terlebih dahulu melalui proses stressing sebelum dibebani. Ternyata teknik tersebut cukup efektif karena selain beton dapat memikul beban yang lebih besar dari sebelumnya dan dapat memperkecil berat sendirinya dan ukuran penampangnya. Hal ini jelas sangat menguntungkan dunia konstruksi karena volume bahan dapat dikurangi sehingga berat profil menjadi lebih ringan, beban struktur atas yang dipikulkan ke pondasi juga menjadi lebih kecil, dan jembatan box girder prestress juga mampu menahan lendutan, geser dan torsi secara efektif.*

*Jembatan handil usu RT.19 kecamatan samboja sendiri menggunakan struktur jembatan rangka baja dengan panjang bentang 60 meter. Dikarenakan metode beton prategang tergolong relatif baru dan memiliki kekuatan menahan beban yang sangat besar. Oleh karena itu dilakukan modifikasi pada perencanaan jembatan handil usu RT.19 kecamatan samboja yang semula menggunakan sistem rangka baja dimodifikasi menjadi jembatan dengan menggunakan struktur Box Girder Prestressed Segmental.*

*Analisa perhitungan struktur jembatan Box Girder Prestressed Segmental menggunakan peraturan SNI T-02-2005 tentang pembebanan pada jembatan. Tinjauan perhitungan meliputi perhitungan tiangan sandaran, trotoar, palat injak, lantai kendaraan, Box Girder Prestress, Abutment, wing wall, dan pondasi tiang pancang.*

*Kata Kunci : tiang sandaran, trotoar, plat injak, lantai kendaraan, box girder prestress, abutment, wing wall, pondasi tiang pancang.*

## PENDAHULUAN

***Latar Belakang Masalah***

Jembatan menurut ilmu sipil merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Beban primer, beban sekunder, dan beban khusus harus diperhitungkan dalam perancangan jembatan agar memiliki ketahanan dalam menopang beban-beban tersebut. Oleh karena itu diperlukannya analisa perhitungan yang seakurat mungkin agar struktur jembatan tidak mengalami kerusakan dan hancur akibat beban yang bekerja.

Dewasa ini telah dikenal metode beton prategang, yakni beton yang diberi penekanan terlebih dahulu melalui proses stressing sebelum dibebani. Ternyata teknik tersebut cukup efektif karena selain beton dapat memikul beban yang lebih besar dari sebelumnya dan dapat memperkecil berat sendirinya dan ukuran penampangnya. Hal ini jelas sangat menguntungkan dunia konstruksi karena volume bahan dapat dikurangi sehingga berat profil menjadi lebih ringan dan beban struktur atas yang dipikulkan ke pondasi juga menjadi lebih kecil.

Jembatan handil usu RT.19 kecamatan samboja sendiri menggunakan struktur jembatan rangka baja dengan panjang bentang 60 meter. Dikarenakan metode beton prategang tergolong relatif baru dan memiliki kekuatan menahan beban yang sangat besar. Oleh karena itu dalam skripsi ini dilakukan modifikasi pada perencanaan jembatan handil usu RT.19 kecamatan samboja yang semula menggunakan sistem rangka baja dimodifikasi menjadi jembatan dengan menggunakan struktur Box Girder Prestressed Segmental.

***Rumusan Masalah***

1. Bagaimana menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur atas dan struktur bawah jembatan Box Girder Prestressed Segmental ?
2. Bagaimana analisa perhitungan struktur atas pada jembatan handil usu RT.19 Kecamatan samboja dengan menggunakan konstruksi Box Girder Prestressed Segmental untuk mendapatkan dimensi dan mutu yang kuat agar bisa menahan beban yang bekerja pada struktur atas jembatan ?
3. Bagaimana analisa perhitungan struktur bawah jembatan Box Girder Prestressed Segmental untuk mendapatkan dimensi dan mutu yang kuat agar bisa menahan beban-beban yang bekerja pada struktur bawah jembatan ?

***Batasan Masalah***

1. Perhitungan jembatan ini tidak termasuk kemungkinan pembangunan dinding penahan tanah akibat kondisi topografi lapangan.
2. Perhitungan jembatan hanya memperhitungkan struktur atas, struktur bawah.
3. Perhitungan struktur atas jembatan meliputi : Tiang Railling, Trotoar, Slab lantai jembatan, Plat injak ( Approach ), dan Box Girder Prestressed Segmental.
4. Perhitungan struktur bawah jembatan meliputi : Abutment, Wing Wall, dan Pondasi Bore Pile.
5. Perhitungan jembatan ini tidak termasuk analisa harga satuan, rencana anggaran biaya pembangunan dan realisasi.
6. Jembatan yang dianalisa adalah type jembatan Box Girder Prestressed Segmental dengan bentang 60 meter.
7. Perhitungan jembatan ini tidak termasuk perkerasan dan desain jalan pendekat (oprit).
8. Tidak termasuk metode pelaksanaan dilapangan.
9. Perhitungan pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan menggunakan RSNI T-02-2005.
10. Data tanah untuk pondasi bor pile menggunakan data sondir dan data tanah boring.

***Tujuan Penelitian***

1. Mengetahui cara menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur atas dan struktur bawah jembatan Box Girder Prestressed Segmental.
2. Mengetahui cara menghitung struktur atas, dan struktur bawah pada jembatan Box Girder Prestressed Segmental.
3. Mengetahui tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur Box Girder Prestressed Segmental.
4. Mengetahui dimensi, jumlah, dan mutu Tendon yang digunakan pada jembatan Box Girder Prestressed Segmental.
5. Mengetahui posisi aman Cable pada Box Girder Prestressed.
6. Mendapatkan dimensi, dan mutu beton yang kuat agar mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur atas dan struktur bawah jembatan Box Girder Prestressed Semental.
7. Mendapatkan dimensi, dan mutu baja tulangan yang kuat agar mampu membantu beton untuk menahan beban-beban yang bekerja pada struktur atas dan struktur bawah jembatan Box Girder Prestressed Semental.

**KERANGKA DASAR TEORI**

***Jembatan***

Pengertian jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain.

***Struktur Jembatan***

1. Struktur Atas (*Superstructures*) jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dan lain-lain. Struktur atas jembatan umumnya meliputi : Sandaran dan tiang sandaran, Peninggian trotoar (*Kerb*), Slab lantai trotoar, Slab lantai kendaraan, Gelagar (*Girder*), Balok diafragma, Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang), Tumpuan (*Bearing*).
2. Struktur Bawah (Substructures) jembatan berfungsi memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditumbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gesekan pada tumpuan dsb. untuk kemudian disalurkan ke fondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut disalurkan oleh fondasi ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan umumnya meliuputi : Pangkal jembatan (*Abutment*), Dinding belakang (*Back wall*), Dinding penahan (*Breast wall*), Dinding sayap(*Wing wall*), Konsol pendek untuk *jacking* (*Corbel*), Tumpuan (*Bearing*). Fondasi jembatan berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar.

***Pembebanan***

beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Pada setiap tahap pembebanan harus dilakukan pengecekan atas kondisi serat tertekan dan serat tertarik dari setiap penampang.pada tahap tersebut berlaku tegangan ijin yang berbeda-beda sesuai kondisi beton dan tendon. Ada dua tahap pembebanan pada beton pratekan, yaitu sebagai berikut :

1. Transfer adalah tahap pada saat beton sudah mulai mengering dan dilakukan penarikan kabel prategang.
2. Services adalah kondisi saat beton pratekan digunakan sebagai komponen struktur. Kondisi ini dicapai setelah semua kehilangan gaya prategang dipertimbangkan.

***Jenis-Jenis Pembebanan Pada Jembatan***

dalam perencanaan jembatan ini akan menggunakan peraturan jembatan (SNI T-02-2005). Istilah dan definisi beban-beban yang akan bekerja pada jembatan adalah :

1. Aksi lingkungan adalan nengaruh yang timbul akibat temperatur, angin, aliran air, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya.
2. Aksi Nominal adalah nilai beban rata-rata berdasarkan statistik untuk periode ulang 50 tahun.
3. Beban Primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.
4. Beban Sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.
5. Beban Khusus adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.
6. Beban Mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.
7. Beban Hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.
8. Beban Mati Primer adalah berat sendiri dari pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar jembatan.
9. Beban Pelaksanaan adalah beban sementara yang mungkin bekerja pada bangunan secara menyeluruh atau sebagian selama pelaksanaan.
10. Beban Mati Sekunder adalah berat kerb, trotoar, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor. Beban tersebut dianggap terbagi rata di seluruh gelagar.
11. Beban Lalu Lintas adalah seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan.
12. Berat adalah berat dari suatu benda adalah gaya gravitasi yang bekerja pada massa benda tersebut (kN). Berat = ( massa x *g* ) dengan pengertian *g* adalah percepatan akibat gravitasi
13. Faktor Beban adalah pengali numerik yang digunakan pada aksi nominal untuk menghitung aksi rencana. Faktor beban diambil untuk:
14. Adanya perbedaan yang tidak diinginkan pada beban.
15. Ketidak-tepatan dalam memperkirakan pengaruh pembebanan.
16. Adanya perbedaan ketepatan dimensi yang dicapai dalam pelaksanaan.
17. Faktor Beban Biasa digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah mengurangi keamanan.
18. Faktor Beban Terkurangi digunakan apabila pengaruh dari aksi rencana adalah menambah keamanan.
19. Jangka Waktu aksi diperkiraan lamanya aksi bekerja dibandingkan dengan umur rencana jembatan. Ada dua macam katagori jangka waktu yang diketahui :
20. Aksi tetap adalah bekerja sepanjang waktu dan bersumber pada sifat bahan jembatan cara jembatan dibangun dan bangunan lain yang mungkin menempel pada jembatan.
21. Aksi transien bekerja dengan waktu yang pendek, walaupun mungkin terjadi seringkali.
22. Lantai Kendaraan adalah seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk menerima beban dari lalu lintas kendaraan. Bebannya disebut Beban "T".
23. Lajur Lalu Lintas adalah bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Bebannya disebut Beban "D".
24. Lajur Lalu Lintas Rencana adalah strip dengan lebar 2,75 m dari jalur yang digunakan dimana pembebanan lalu lintas rencana bekerja.
25. Lajur Lalu Lintas Biasa adalah lajur yang diberi marka pada permukaan untuk mengendalikan lalu lintas.

***Beton Prategang***

Beton Prategang adalah jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik atau ditegangkan terhadap betonnya. Penarikan ini menghasilkan sistem kesetimbangan pada tegangan dalam (tarik pada baja dan tekan pada beton) yang akan meningkatkan kemampuan beton menahan beban luar. Menurut Collins dan Mitchell Karena beton cukup kuat dan daktail terhadap tekanan dan sebaliknya lemah serta rapuh terhadap tarikan maka kemampuan menahan beban luar dapat ditingkatkan dengan pemberian pratekanan. Beton Prategang menurut SNI 03-2847-2002 (pasal 3.17) yaitu beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.

***Metode Prategang***

1. Pratarik Pada cara ini, tendon pertama-tama ditarik dan diangkur pada abutment tetap. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkup tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang diisyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan.pada cara ini tidak digunakan selongsong tendon.
2. Pascatarik Dengan cetakan yang sudah disediakn, beton dicor disekeliling selongsong (ducts). Posisi selongsong diatur sesuai dengan bidang momen dari struktur. Biasanya baja tendon tetap berada didalam selongsong selama pengecoran. Jika beton sudah mencapai kekuatan tertentu, tendon ditarik. Tendon bisa ditarik disatu sisi dan disisi yang lain diangkur. Atau tendon ditarik didua sisi dan diangkur secara bersamaan. Beton menjadi tertekan setelah pengangkuran.

***Beton***

Beton adalah campuran dari semen, air dan aggregat serta suatu bahan tambahan. Kekuatan beton ditentukan oleh kuat tekan karakteristik pada usia 28 hari atau $f`\_{c}$. Kuat tekan karakteristik adalah tegangan yang melampaui 95% dari pengukuran kuat tekan uniaksial yang diambil dari tes penekanan standar, yaitu dengan kubus 150 x 150 mm, atau silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rasio antara kekuatan silinder dan kubus adalah 0,8.

Beton yang digunakan untuk beton prategang adalah yang mempunyai kekuatan tekan yang cukup tinggi dengan nilai $f`\_{c}$ antara 35 – 45 Mpa. Kuat tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan tegangan tekan pada serat tertekan, pengangkuran tendon, mencegah terjadinya keretakan, mempunyai modulus elastisitas yang tinggi dan mengalami rangkak lebih kecil.

***Baja***

Adapun sifat-sifat mekanis dari material baja diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Relaksasi baja adalah perubahan tegangan pada baja yang tergantung pada waktu pada suatu regangan yang tetap. Relaksasi baja tegantung pada tingkat tegangan pada baja dan bertambah secara konstan ketika tegangan pada baja bertambah
2. Pengaruh Suhu, Perubahan temperatur yang besar bisa mempengaruhi sifat-sfaat mekanis baja, tetapi perubahan yang tidak signifikan ( kurang dari 10 °C) tidak banyak berpengaruh terhadap sifat-sifat tersebut.
3. Kelelahan adalah ketahanan material baja terhadap perubahan dan pengulangan tegangan.
4. Pengaruh korosi pada baja prategang lebih berhbahaya daripada pada baja non-prategang. Hal ini disebabkan karena korosi dapat mengurangi luas penampang baja.

***Tulangan Non Prategang***

Tulangan non prategang secara praktis tetap diperlukan untuk suatu penampang beton pratekan.jika tendon berfungsi untuk menahan bagian utama beban, mengurangi defleksi, maka tulangan non-prategang berfungsi untuk menahan terjadinya retak, menambah kekuatan ultimate serta menambah kekuatan terhadap beban yang tidak diharapkan.

***Lentur Pada Beton Prategang***

Hal utama dalam desain suatu komponen struktur beton prategang adalah perhitungan tentang kekuatan lentur. Disamping itu, daktailitas dari setiap penampang juga harus dicek karena struktur yang daktail akan mengalami deformasi yang panjang sebelum akhirnya mengalami keruntuhan.

***Geser Pada Beton Prategang***

Disamping harus tahan terhadap lentur, suatu komponen struktur juga harus tahan terhadap mode kegagalan yang lain, misalnya geser. Kegagalan akibat geser bisa lebih berbahaya dari kegagalan akibat lentur karena geser sering mengakibatkan keruntuhan yang tiba-tiba dan tanpa peringatan terlebih dahulu.

***Gaya Prategang***

Gaya Prategang dipengaruhi oleh momen total yang terjadi. Gaya prategang yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis. Persamaan berikut menjelaskan hubungan antara momen total dengan gaya prategang (*T.Y Lin, 1988*)

$$F=T=\frac{M\_{T}}{0,65.h}$$

Dimana : $M\_{T}$ = Momen Total

 h = Tinggi Balok

***Kehilangan Gaya Prategang***

Kehilangan gaya dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain (*T.Y Lin, 1988*) dikarenakan : Perpendekan elastis beton, Rangkak, Susut, Relaksasi tendon, Friksi, Pengangkuran.

**METODE PENELITIAN**

***Lokasi Penelitian***

Lokasi proyek yang ditinjau sebagai bahan penelitian untuk penyusunan skripsi ini adalah pada proyek Jembatan handil usu RT.19 Kecamatan Samboja. Pada Koordinat X = 512643,60 dan Y = 9888183,070.

***Jadwal Penelitian***

Tabel 1 Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian skripsi.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | URAIAN KEGIATAN | BULAN |
| MARET | APRIL | MEI | JUNI | JULY |
| 1 | Persiapan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Pengajuan Judul |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Pengumpulan Data |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Penyusunan Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Konsultasi Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Seminar Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Masa Penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Konsultasi Hasil Penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Seminar Hasil Penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | Ujian Skripsi |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

***Teknik Pengumpulan Data***

Agar didapat data yang dapat diuji kebenarannya, relevan dan lengkap maka digunakanlah metode maupun teknik dalam pengumpulan data tersebut, Metode pengumpulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Field Research* (Penelitian Lapangan)

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data primer dengan melakukan survey langsung pada perusahaan yang proyeknya menjadi objek penelitian, yaitu melakukan pengamatan langsung, wawancara, serta mempelajari dokumen-dokumen dan catatan-catatan perencanaan proyek yang berkaitan dengan masalah yang diteliti.

1. Library Research (Penelitian Kepustakaan)

Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh data sekunder guna mendukung data primer yang diperoleh. Pengumpulan data sekunder ini dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku referensi yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti.

Adapun data-data yang diperoleh dari metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kondisi Topografi ( Kondisi Kontur Tanah Existing ).
2. Foto Dokumentasi.
3. Kelas Jembatan : Kelas - A
4. Panjang Bentang Jembatan : 60 m
5. Lebar Jembatan : 7 m
6. Lebar Abutment : 9 m
7. Elevasi Dasar sungai : 0,355 m
8. Muka Air Normal ( MAN ) : 5,460 m
9. Muka Air Banjir ( MAB ) : 6,443 m
10. Koordinat Jembatan : N = -1,0118205°

 E = 117,1128334°

***Metode Pengolahan Dan Menganalisis Data***

1. Pembuatan Gambar Rencana
2. Perhitungan Pembebanan Pada Struktur Atas Jembatan meliputi : Pembebanan pada tiang railling, Pembebanan pada slab trotoar, Pembebanan pada slab lantai jembatan, Pembebanan pada plat injak ( Approach Slab ), Pembebanan pada Box Girder Prestressed
3. Perhitungan Tiang Railing
4. Perhitungan Slab Trotoar
5. Perhitungan Slab Lantai Jembatan
6. Perhitungan Plat Injak ( Approach Slab )
7. Perhitungan Box Girder Prestressed Segmental
8. Perhitungan Struktur Abutment meliputi : Perhitungan Breast wall, Perhitungan Back Wall bawah, Perhitungan Back Wall atas, Perhitungan Corbel, Perhitungan Wing wall.
9. Perhitungan Struktur Pondasi Tiang Bor bertujuan untuk merencanakan dan mengetahui dimensi serta mutu beton dan baja tulangan yang digunakan untuk tiang pancang bore pile agar mampu menahan beban-beban yang bekerja.
10. Pembuatan Gambar Kerja

**PEMBAHASAN**

## *Perhitungan Tiang Railing*

Tabel 2 Analisa perhitungan pada tiang railing.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton tiang railing | 24,90 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 240 | MPa |
| 3. | Momen ultimit rencana | 2,40 | kNm |
| 4. | Gaya geser ultimit rencana | 3,00 | kN |

## *Perhitungan Slab Trotoar*

Tabel 3 Analisa perhitungan pada Slab Trotoar.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton | 24,90 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 240 | MPa |
| 3. | Momen akibat berat sendiri MMS | 25,020 | kNm |
| 4. | Momen akibat beban hidup MTP | 33,263 | kNm |
| 5. | Momen ultimit rencana slab trotoar Mu | 99,051 | kNm |

## *Perhitungan Slab Lantai Jembatan*

Tabel 4 Analisa perhitungan pada Slab Trotoar.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton | 49,80 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 390 | MPa |
| 3. | Momen ultimit rencana slab lantai jembatan Mu | 165,835 | kNm |
| 4. | Lendutan total pada plat lantai jembatan δtot | 1,908 | mm |
| 5. | Beban ultimit roda truk pada slab Pu | 234,00 | kN |

## *Perhitungan Plat Injak ( Approach Slab )*

Tabel 5 Analisa perhitungan pada Plat injak arah melintang jembatan.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton | 24,90 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 240 | MPa |
| 3. | Momen ultimit rencana plat injak arah melintang jembatan Mu | 32,244 | kNm |

Tabel 6 Analisa perhitungan pada Plat injak arah memanjang jembatan.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton | 24,90 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 240 | MPa |
| 3. | Momen ultimit rencana plat injak arah memanjang jembatan Mu | 52,376 | kNm |

## *Perhitungan Struktur Box Girder Prestressed*

Tabel 7 Analisa perhitungan section properties struktur box girder prestressed.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Mutu beton | 49,80 | MPa |
| 2. | Mutu baja tulangan | 390 | MPa |
| 3. | Momen inersia terhadap alas balok Ib | 77,903 | m4 |
| 4. | Momen inersia terhadap titik berat balok Ix | 24,103 | m4 |
| 5. | Tahanan momen sisi atas Wa | 13,833 | m3 |
| 6. | Tahanan momen sisi bawah Wb | 11,714 | m3 |

Tabel 8 Analisa momen yang terjadi pada struktur box girder prestressed.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Jarak X (m) | Komb. I MS+MA+TD+TB(kNm) | Komb. IIMS+MA+TD+EW(kNm) | Komb. IIIMS+MA+TD+TB+EW(kNm) | Komb. IVMS+MA+EQ(kNm) |
|
| 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2,5 | 30003,1 | 30110,1 | 30148,04 | 29134,36 |
| 5,0 | 57450,0 | 57651,4 | 57727,24 | 55735,30 |
| 7,5 | 82340,7 | 82623,8 | 82737,61 | 79802,81 |
| 10,0 | 104675,1 | 105027,4 | 105179,13 | 101336,91 |
| 12,5 | 124453,3 | 124862,1 | 125051,83 | 120337,58 |
| 15,0 | 141675,3 | 142128,0 | 142355,68 | 136804,82 |
| 17,5 | 156341,0 | 156825,1 | 157090,70 | 150738,65 |
| 20,0 | 168450,5 | 168953,3 | 169256,89 | 162139,05 |
| 22,5 | 178003,7 | 178512,8 | 178854,23 | 171006,03 |
| 25,0 | 185000,7 | 185503,3 | 185882,74 | 177339,59 |
| 27,5 | 189441,5 | 189925,1 | 190342,42 | 181139,72 |
| 30,0 | 191326,1 | 191777,9 | 192233,25 | 182406,43 |

Tabel 9 Analisa Gaya geser yang terjadi pada struktur box girder prestressed.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Jarak X (m) | Komb. IMS+MA+TD+TB(kNm) | Komb. IIMS+MA+TD+EW(kNm) | Komb. IIIMS+MA+TD+TB(kNm) | Komb. IVMS+MA+EQ(kNm) |
|
| 0,0 | 12512,5 | 12557,8 | 12572,98 | 12160,43 |
| 2,5 | 11490,0 | 11530,3 | 11545,45 | 11147,06 |
| 5,0 | 10467,5 | 10502,7 | 10517,91 | 10133,69 |
| 7,5 | 9445,0 | 9475,2 | 9490,38 | 9120,32 |
| 10,0 | 8422,5 | 8447,7 | 8462,84 | 8106,95 |
| 12,5 | 7400,0 | 7420,1 | 7435,31 | 7093,58 |
| 15,0 | 6377,5 | 6392,6 | 6407,78 | 6080,21 |
| 17,5 | 5355,0 | 5365,1 | 5380,24 | 5066,85 |
| 20,0 | 4332,5 | 4337,5 | 4352,71 | 4053,48 |
| 22,5 | 3310,1 | 3310,0 | 3325,17 | 3040,11 |
| 25,0 | 2287,6 | 2282,5 | 2297,64 | 2026,74 |
| 27,5 | 1265,1 | 1254,9 | 1270,10 | 1013,37 |
| 30,0 | 242,6 | 227,4 | 242,57 | 0,00 |

Tabel 10 Analisa prestress, Eksentrisitas, Dan Jumlah tendon.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Besarnya gaya prategang awal Pt | 150226,18 | kN |
| 2. | Jumlah tendon | 6 | tendon |
| 3. | Jumlah strand | 729 | strand |
| 4. | Eksentrisitas tendon es | 1,758 | m |
| 5. | Gaya prestress yang terjadi akibat jacking Pj | 120936,05 | kN |
| 6. | Besarnya gaya prategang akhir Peff | -126586,33 | kN |
| 7. | Tahanan momen sisi bawah Wb | 11,714 | m3 |

Tabel 11 Trace masing-masing cable.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jarak | Trace | Posisi Cable | Jarak | Trace | Posisi Cable | Jarak | Trace | Posisi Cable |
| X | zo | z1 | z2 | X | zo | z1 | z2 | X | zo | z1 | z2 |
| ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) | ( m ) |
| 0,0 | 2,058 | 2,258 | 1,858 | 21,0 | 0,458 | 0,613 | 0,304 | 42,0 | 0,581 | 0,739 | 0,423 |
| 1,0 | 1,942 | 2,139 | 1,746 | 22,0 | 0,425 | 0,579 | 0,271 | 43,0 | 0,630 | 0,789 | 0,471 |
| 2,0 | 1,831 | 2,025 | 1,637 | 23,0 | 0,396 | 0,548 | 0,243 | 44,0 | 0,683 | 0,844 | 0,522 |
| 3,0 | 1,724 | 1,914 | 1,533 | 24,0 | 0,370 | 0,522 | 0,218 | 45,0 | 0,739 | 0,902 | 0,577 |
| 4,0 | 1,620 | 1,808 | 1,433 | 25,0 | 0,349 | 0,500 | 0,197 | 46,0 | 0,800 | 0,964 | 0,636 |
| 5,0 | 1,521 | 1,705 | 1,336 | 26,0 | 0,331 | 0,482 | 0,180 | 47,0 | 0,864 | 1,030 | 0,698 |
| 6,0 | 1,425 | 1,607 | 1,243 | 27,0 | 0,318 | 0,468 | 0,167 | 48,0 | 0,933 | 1,101 | 0,765 |
| 7,0 | 1,333 | 1,512 | 1,154 | 28,0 | 0,308 | 0,458 | 0,158 | 49,0 | 1,005 | 1,175 | 0,835 |
| 8,0 | 1,245 | 1,422 | 1,068 | 29,0 | 0,302 | 0,452 | 0,152 | 50,0 | 1,081 | 1,253 | 0,909 |
| 9,0 | 1,161 | 1,336 | 0,987 | 30,0 | 0,300 | 0,450 | 0,150 | 51,0 | 1,161 | 1,336 | 0,987 |
| 10,0 | 1,081 | 1,253 | 0,909 | 31,0 | 0,302 | 0,452 | 0,152 | 52,0 | 1,245 | 1,422 | 1,068 |
| 11,0 | 1,005 | 1,175 | 0,835 | 32,0 | 0,308 | 0,458 | 0,158 | 53,0 | 1,333 | 1,512 | 1,154 |
| 12,0 | 0,933 | 1,101 | 0,765 | 33,0 | 0,318 | 0,468 | 0,167 | 54,0 | 1,425 | 1,607 | 1,243 |
| 13,0 | 0,864 | 1,030 | 0,698 | 34,0 | 0,331 | 0,482 | 0,180 | 55,0 | 1,521 | 1,705 | 1,336 |
| 14,0 | 0,800 | 0,964 | 0,636 | 35,0 | 0,349 | 0,500 | 0,197 | 56,0 | 1,620 | 1,808 | 1,433 |
| 15,0 | 0,739 | 0,902 | 0,577 | 36,0 | 0,370 | 0,522 | 0,218 | 57,0 | 1,724 | 1,914 | 1,533 |
| 16,0 | 0,683 | 0,844 | 0,522 | 37,0 | 0,396 | 0,548 | 0,243 | 58,0 | 1,831 | 2,025 | 1,637 |
| 17,0 | 0,630 | 0,789 | 0,471 | 38,0 | 0,425 | 0,579 | 0,271 | 59,0 | 1,942 | 2,139 | 1,746 |
| 18,0 | 0,581 | 0,739 | 0,423 | 39,0 | 0,458 | 0,613 | 0,304 | 60,0 | 2,058 | 2,258 | 1,858 |
| 19,0 | 0,536 | 0,693 | 0,380 | 40,0 | 0,495 | 0,651 | 0,340 |   |   |   |   |
| 20,0 | 0,495 | 0,651 | 0,340 | 41,0 | 0,536 | 0,693 | 0,380 |   |   |   |   |

Tabel 12 Sudut angkur.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jumlah Strand | Diameter Selubung( mm ) | Eksentrisitas( m ) | dY/dX | Sudut Angkur α | rad( ° ) |
| 198 | 75 | 1,808 | 0,121 | 0,120 | 6,871 |
| 198 | 75 | 1,708 | 0,114 | 0,113 | 6,494 |
| 198 | 75 | 1,808 | 0,121 | 0,120 | 6,871 |
| 198 | 75 | 1,708 | 0,114 | 0,113 | 6,494 |

Tabel 13 Tegangan yang terjadi pada box girder prestress.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Gaya | ( kN ) | % UTS | Loss of prestress |
| Pj | 120936,05 | 64,81 | Anchorage friction |
| Po | 117307,97 | 62,86 | Jack friction |
| Px | 96945,25 | 51,95 | Elastic shortening |
| Pi | 92108,51 | 49,36 | Relaxation of tendon |
| Peff | 84875,99 | 45,48 |   |

Tabel 14 Tegangan terhadap kombinasi -1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teg | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Tegangan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | Komb- I |
| fa | -11260,14 | -727,22 | 2339,95 | 4104,81 | -1810,61 | -65,06 | -32,91 | -7451,19 |
| fb | 13296,53 | 858,73 | 2266,47 | -19412,97 | 2138,06 | 76,82 | 38,86 | -737,48 |

Keterangan : fa < -0,4 \* fc' dan fb < 0,5 \* √fc'

Tabel 15 Tegangan terhadap kombinasi -2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teg | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Temperatur | Tegangan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | ET | Komb- II |
| fa | -11260,14 | -727,21 | 2339,95 | 4104,81 | -1810,61 | -65,06 | -32,91 | -1660,56 | -9111,75 |
| fb | 13296,52 | 858,73 | 2266,47 | -19412,97 | 2138,06 | 76,82 | 38,86 | 264,19 | -473,30 |

Keterangan : fa < -0,4 \* fc' dan fb < 0,5 \* √fc'

Tabel 16 Tegangan terhadap kombinasi -3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teg | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Angin | Tegangan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | EW | Komb-III |
| fa | -11260,14 | -727,22 | 2339,95 | 4104,81 | -1810,61 | -65,06 | -32,91 | -65,58 | -7516,77 |
| fb | 13296,53 | 858,73 | 2266,47 | -19412,97 | 2138,06 | 76,82 | 38,86 | 77,44 | -660,04 |

Keterangan : fa < -0,4 \* fc' dan fb < 0,5 \* √fc'

Tabel 17 Tegangan terhadap kombinasi -4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teg | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Rem | Temperatur | Angin | Tegangan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TB | ET | EW | Komb-IV |
| fa | -11260,14 | -727,21 | 2339,95 | 4104,81 | -1810,61 | -32,91 | -1660,56 | -65,58 | -9112,27 |
| fb | 13296,52 | 858,73 | 2266,47 | -19412,97 | 2138,06 | 38,86 | 264,19 | 77,44 | -472,68 |

Keterangan : fa < -0,4 \* fc' dan fb < 0,5 \* √fc'

Tabel 18 Tegangan terhadap kombinasi -5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teg | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Gempa | Tegangan |
| MS | MA | SR | PR | EQ | Komb- V |
| fa | -11260,14 | -727,21 | 2339,95 | 4104,81 | -1198,74 | -6741,33 |
| fb | 13296,52 | 858,73 | 2266,47 | -19412,97 | 1415,53 | -1575,72 |

Keterangan : fa < -0,4 \* fc' dan fb < 0,5 \* √fc'

Tabel 19 Lendutan terhadap kombinasi -1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ldt | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Lendutan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | Komb- I |
| δ | 0,06202 | 0,00401 | -0,03171 | -0,05940 | 0,00943 | 0,00036 | 0,00011 | -0,01518 |

Keterangan : δ < L/240

Tabel 20 Lendutan terhadap kombinasi -2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ldt | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Temperatur | Lendutan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | ET | Komb- II |
| δ | 0,06202 | 0,00401 | -0,03171 | -0,05940 | 0,00943 | 0,00036 | 0,00011 | 0,00300 | -0,01218 |

Keterangan : δ < L/240

Tabel 21 Lendutan terhadap kombinasi -3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ldt | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Pedestrian | Rem | Angin | Lendutan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TP | TB | EW | Komb- III |
| δ | 0,06202 | 0,00401 | -0,03171 | -0,05940 | 0,00943 | 0,00036 | 0,00011 | 0,00036 | -0,01482 |

Keterangan : δ < L/240

Tabel 22 Lendutan terhadap kombinasi -4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ldt | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Lajur "D" | Rem | Temperatur | Angin | Lendutan |
| MS | MA | SR | PR | TD | TB | ET | EW | Komb- IV |
| δ | 0,06202 | 0,00401 | -0,03171 | -0,05940 | 0,00943 | 0,00011 | 0,00300 | 0,00036 | -0,01218 |

Keterangan : δ < L/240

Tabel 23 Lendutan terhadap kombinasi -5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ldt | Berat Sendiri | Mati Tamb. | Susut-Rangkak | Pres-stress | Gempa | Lendutan |
| MS | MA | SR | PR | EQ | Komb- V |
| δ | 0,06202 | 0,00401 | -0,03171 | -0,05940 | 0,0066 | -0,01848 |

Keterangan : δ < L/240

Tabel 24 Perhitungan sengkang arah vertikal untuk bursting force.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Pj | a1 | a | ra | Pbta | Ara | Jumlah Sengkang |
| Cable | ( kN ) | ( mm ) | ( mm ) | ( kN ) | ( m2 ) |
| 1 | 6259,424 | 250 | 340 | 0,735 | 497,072 | 0,00259 | 6,45 |
| 2 | 6259,424 | 250 | 340 | 0,735 | 497,072 | 0,00259 | 6,45 |

Tabel 25 Perhitungan sengkang arah horinsontal untuk bursting force.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Pj | b1 | b | rb | Pbtb | Arb | Jumlah Sengkang |
| Cable | ( kN ) | ( mm ) | ( mm ) | ( kN ) | ( m2 ) |
| 1 | 6259,424 | 250 | 340 | 0,735 | 497,072 | 0,00259 | 6,45 |
| 2 | 6259,424 | 250 | 340 | 0,735 | 497,072 | 0,00259 | 6,45 |

## *Perhitungan Struktur Abutment*

Tabel 27 Rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kombinasi Beban | Tegangan Berlebihan | P | Tx | Ty | Mx | My |
| (kN) | (kN) | (kN) | (kNm) | (kNm) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 0% | 19746 | 3655 | 0,0 | 2219,0 | 0,0 |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 25% | 19777 | 3905 | 185,22 | 4328,5 | 1383,9 |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 40% | 19777 | 4016 | 185,22 | 4827,8 | 1383,9 |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 40% | 19777 | 4036 | 185,22 | 4918,9 | 1383,9 |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 50% | 18268 | 7969 | 5236,6 | 40234 | 33409 |

Tabel 28 Kontrol stabilitas guling arah X.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kombinasi Beban | k (%) | P | Mx | Mpx | SF | Keterangan |
| (kN) | (kNm) | (kNm) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 0% | 19746 | 2219 | 64176 | 28,92 | > 2,2 (OK) |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 25% | 19777 | 4328 | 80343 | 18,56 | > 2,2 (OK) |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 40% | 19777 | 4828 | 89984 | 18,64 | > 2,2 (OK) |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 40% | 19777 | 4919 | 89984 | 18,29 | > 2,2 (OK) |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 50% | 18268 | 40234 | 89059 | 2,21 | > 2,2 (OK) |

Tabel 29 Kontrol stabilitas guling arah Y.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kombinasi Beban | k (%) | P | My | Mpy | SF | Keterangan |
| (kN) | (kNm) | (kNm) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 0% | 19746 | 0,00 | 98732 | ###### | #DIV/0! |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 25% | 19777 | 1383,9 | 123604 | 89,32 | > 2,2 (OK) |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 40% | 19777 | 1383,9 | 138437 | 100,04 | > 2,2 (OK) |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 40% | 19777 | 1383,9 | 138437 | 100,04 | > 2,2 (OK) |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 50% | 18268 | 33409 | 137013 | 4,10 | > 2,2 (OK) |

Tabel 30 Kontrol stabilitas geser arah X.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kombinasi Beban | k (%) | P | Tx | H | SF (H/Tx) | Keterangan |
| (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 0% | 19746,5 | 3654,55 | 16587 | 4,54 | > 1,1 (OK) |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 25% | 19776,7 | 3904,55 | 20758 | 5,32 | > 1,1 (OK) |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 40% | 19776,7 | 4015,50 | 23249 | 5,79 | > 1,1 (OK) |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 40% | 19776,7 | 4035,75 | 23249 | 5,76 | > 1,1 (OK) |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 50% | 18268,4 | 7968,76 | 23474 | 2,95 | > 1,1 (OK) |

Tabel 31 Kontrol stabilitas geser arah Y.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kombinasi Beban | k (%) | P | Ty | H | SF (H/Tx) | Keterangan |
| (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 0% | 19746 | 0,00 | 16587 | ###### | #DIV/0! |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 25% | 19777 | 185,22 | 20758 | 112,07 | > 1,1 (OK) |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 40% | 19777 | 185,22 | 23249 | 125,52 | > 1,1 (OK) |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 40% | 19777 | 185,22 | 23249 | 125,52 | > 1,1 (OK) |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 50% | 18268 | 5236,6 | 23474 | 4,48 | > 1,1 (OK) |

## *Perhitungan Struktur Pondasi Bore Pile*

Tabel 32 Gaya aksial maksimum dan minimum arah X yang diderita satu tiang bor.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI PEMBEBANAN | P | Mx | P / n | Mx\*X/ΣX2 | Pmax | Pmin |
| (kN) | (kNm) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 19746 | 2219,0 | 1316,4 | 126,80 | 1443,2 | 1189,6 |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 19777 | 4328,5 | 1318,4 | 247,34 | 1565,8 | 1071,1 |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 19777 | 4827,8 | 1318,4 | 275,87 | 1594,3 | 1042,6 |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 19777 | 4918,9 | 1318,4 | 281,08 | 1599,5 | 1037,4 |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 18268 | 40234 | 1217,9 | 2299,1 | 3517,0 | -1081,2 |

Tabel 33 Gaya aksial maksimum dan minimum arah Y yang diderita satu tiang bor.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI PEMBEBANAN | P | My | P / n | My\*Y/ΣY2 | Pmax | Pmin |
| (kN) | (kNm) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 19746 | 0,0 | 1316,4 | 0,00 | 1316,4 | 1316,4 |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 19777 | 1383,9 | 1318,4 | 79,08 | 1397,5 | 1239,4 |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 19777 | 1383,9 | 1318,4 | 79,08 | 1397,5 | 1239,4 |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 19777 | 1383,9 | 1318,4 | 79,08 | 1397,5 | 1239,4 |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 18268 | 33409 | 1217,9 | 1909,1 | 3127,0 | -691,22 |

Tabel 34 Gaya lateral yang diderita satu tiang bor.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI BEBAN KERJA | Tx | Ty | hx | hy | hmax |
| (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 3654,55 | 0,00 | 243,64 | 0,00 | 243,64 |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 3904,55 | 185,22 | 260,30 | 12,35 | 260,30 |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 4015,50 | 185,22 | 267,70 | 12,35 | 267,70 |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 4035,75 | 185,22 | 269,05 | 12,35 | 269,05 |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 7968,76 | 5236,65 | 531,25 | 349,11 | 531,25 |

Tabel 35 Daya dukung ijin aksial pondasi bore pile terhadap beban arah X.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI BEBAN KERJA | Persen | Pmax | Kontrol terhadap daya dukung ijin | Pijin | Ket. |
| Pijin | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 100% | 1443,2 | < 100% \* Pijin | 2500 | AMAN |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 125% | 1565,8 | < 125% \* Pijin | 3125 | AMAN |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 140% | 1594,3 | < 140% \* Pijin | 3500 | AMAN |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 140% | 1599,5 | < 140% \* Pijin | 3500 | AMAN |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 150% | 3517,0 | < 150% \* Pijin | 3750 | AMAN |

Tabel 36 Daya dukung ijin aksial pondasi bore pile terhadap beban arah Y.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI BEBAN KERJA | Persen | Pmax | Kontrol terhadap daya dukung ijin | Pijin | Ket. |
| Pijin | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 100% | 1316,4 | < 100% \* Pijin | 2500 | AMAN |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 125% | 1397,5 | < 125% \* Pijin | 3125 | AMAN |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 140% | 1397,5 | < 140% \* Pijin | 3500 | AMAN |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 140% | 1397,5 | < 140% \* Pijin | 3500 | AMAN |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 150% | 3127,0 | < 150% \* Pijin | 3750 | AMAN |

Tabel 37 Daya dukung ijin lateral pondasi bore pile.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | KOMBINASI BEBAN KERJA | Persen | Hmax | Kontrol terhadap daya dukung ijin | hijin | Ket. |
| Pijin | (kN) | (kN) |
| 1 | KOMBINASI - 1 | 100% | 243,64 | < 100% \* hijin | 500 | AMAN |
| 2 | KOMBINASI - 2 | 125% | 260,30 | < 125% \* hijin | 625 | AMAN |
| 3 | KOMBINASI - 3 | 140% | 267,70 | < 140% \* hijin | 700 | AMAN |
| 4 | KOMBINASI - 4 | 140% | 269,05 | < 140% \* hijin | 700 | AMAN |
| 5 | KOMBINASI - 5 | 150% | 531,25 | < 150% \* hijin | 750 | AMAN |

**PENUTUP**

***Kesimpulan***

Dari hasil analisa perhitungan struktur jembatan handil USU RT.19 Kecamatan Samboja dengan konstruksi box girder prestressed segmental, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 38 Kesimpulan dimensi yang digunakan pada struktur atas jembatan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Elemen Struktur | Dimensi Elemen Struktur |
| Panjang (m) | Lebar (m) | Tinggi (m) |
| 1 | Tiang Sandaran | 0,15 | 0,15 | 0,60 |
| 2 | Trotoar | 60,00 | 1,00 | 0,20 |
| 3 | Lantai Kendaraan | 60,00 | 8,00 | 0,20 |
| 4 | Plat Injak | 9,00 | 2,85 | 0,20 |
| 5 | Box Girder Prestress | 60,00 | 10,00 | 3,80 |

Tabel 39 Kesimpulan dimensi yang digunakan pada struktur bawah jembatan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Elemen Struktur | Dimensi Elemen Struktur |
| Panjang (m) | Lebar (m) | Tinggi (m) |
| 1 | Breast Wall | 10,00 | 1,50 | 2,70 |
| 2 | Back Wall Atas | 10,00 | 0,35 | 1,35 |
| 3 | Back Wall Bawah | 10,00 | 0,55 | 2,60 |
| 4 | Corbel | 10,00 | 0,60 | 1,50 |
| 5 | Pile Cap | 10,00 | 6,50 | 1,80 |
| 6 | Wing Wall | 0,50 | 2,85 | 7,25 |

Tabel 40 Kebutuhan tulangan struktur atas jembatan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Elemen Struktur | Kebutuhan Tulangan |
| Tulangan Lentur (mm) | Tulangan Bagi (mm) | Tulangan Geser (mm) |
| 1 | Tiang Sandaran | 2 Ø 12 |  | 2 Ø 12 - 150 |
| 2 | Trotoar | D 16 - 150 | D 12 - 150 |  |
| 3 | Lantai Kendaraan | D 16 - 150 | D 16 - 150 |  |
| 4 | Plat Injak | D 16 - 150 | D 16 - 250 |  |
| 5 | Girder Plat Dinding | D 22 - 150 | 4 D 16 |  |
| 6 | Girder Plat Bawah | D 16 - 100 | D 16 - 100 |  |
| 7 | Girder Plat Atas | D 16 - 150 | D 16 - 150 |  |

Tabel 41 Kebutuhan tulangan struktur bawah jembatan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Elemen Struktur | Kebutuhan Tulangan |
| Tulangan Lentur (mm) | Tulangan Bagi (mm) | Tulangan Geser (mm) |
| 1 | Breast Wall | 2 D 25 - 100 | 2D 25-100 | D 16 - 250 |
| 2 | Back Wall Atas | D 13 - 200 | D 13 - 250 | D 13 - 300 |
| 3 | Back Wall Bawah | D 25 - 150 | D 16 - 100 | D 13 - 250 |
| 4 | Corbel | D 19 - 150 | D 16 - 150 | D 16 - 250 |
| 5 | Pile Cap | D 25 - 100 | D 19 - 100 | D 16 - 250 |
| 6 | Wing Wall Vertikal | D 32 - 100 | D 25 - 200 | D 16 - 250 |
| 7 | Wing Wall Horisontal | D 19 - 150 | D 13 - 200 | D 13 - 300 |
| 8 | Pondasi Bor Pile | 21 D 19 |  | 2 Ø 12 - 250 |

Tabel 42 Kebutuhan pondasi abutment kiri dan kanan.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| 1. | Diameter tiang pancang bore pile | 1,20 | m |
| 2. | Kedalaman tiang pancang bore pile | 24,00 | m |
| 3. | Jumlah tiang pancang bore pile | 30 | buah |

Tabel 43 Kebutuhan baja prategang.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Nama | Nilai | Satuan |
| Uncoated 7 wire super strands ASTM A- 416 grade 270 ksi |
| 1. | Diameter nominal strand | 0,0127 | m |
| 2. | Beban putus satu strand | 235,62 | kN |
| 3. | Jumlah kawat untaian | 33 | strand |
| 4. | Diameter ideal tendon | 75 | mm |
| 5. | Tipe dongkrak | VSL 22 |  |

***Saran***

Adapun saran yang dapat saya berikan dari hasil analisa perhitungan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pada awal perencanaan jembatan, sebaiknya menggunakan dimensi terkecil dan mutu terkecil untuk beton, tulangan dan strand tendon, tujuannya agar tidak terjadinya pemborosan pada perencanaan.
2. Apabila nilai tegangan tekan dan tarik beton box girder tidak aman, lebih baik ganti dimensi lebar bawah dan tinggi box girder menjadi lebih besar, agar kemampuan beton menahan tarik akan semakin kuat.
3. Mengganti mutu beton menjadi lebih besar bisa dilakukan, hanya saja jika mutu beton tinggi, kebutuhan strand cable akan bertambah besar, yang mengakibatkan nilai LOP sulit untuk kurang dari 30%.
4. Mengganti mutu beton merupakan alternatif ketiga setelah ganti dimensi box, dan mengubah eksentrisitas lintasan inti tendon.
5. Ketika menentukan jarak antar tulangan struktur, sebaiknya jangan terlalu jauh dari batas aman yang diperlukan agar tidak ada pemborosan dalam perencanaan.
6. Pada abutment, sebaiknya ubah dimensi breast wall dan pile cap apabila struktur abutment tidak tahan terhadap geser dan guling, karena pengaruh terbesar struktur abutment dalam menahan geser dan guling terdapat pada Pile cap dan Breast wall.
7. Semakin lebar kaki abutment, semakin tahan struktur abutment tersebut menahan geser dan guling.
8. Pada pondasi bor pile, kita bisa mengganti dimensi dan jumlah pondasi bor pile apabila kontrol daya dukung ijin lateral dan aksial tiang bor terhadap gaya yang bekerja tidak dalam keadaan aman.

**DAFTAR PUSTAKA**

N Krisna Raju, 1981. Beton Prategang Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Edward G. Nawy. 2000. Beton Prategang Jilid 1, Penerbit Erlangga,Jakarta.

Edward G. Nawy. 2000. Beton Prategang Jilid 2, Penerbit Erlangga,Jakarta.

M.Nor Ilham, Analisa Perhitungan Jembatan Box Girder Prestress.

SNI T-02-2005, Standar Pembebanan Untuk Jembatan.

Universitas 17 Agustus 1945. Materi Kuliah Struktur Jembatan, Samarinda.

Bambang Supriyadi,CES., Agus Setyo Muntohar., 2007. Jembatan, Yogyakarta.

1992, BMS. *Bridge Design manual Volum 1.*

1992, BMS. *Bridge Design manual Volum 2.*