

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *OVERPASSTIPE* KOMPOSIT DESA SUKOREJO KECAMATAN SARADAN KABUPATEN MADIUN

Familia Yunika Winandini¹⁾, Warsito²⁾, Bambang Suprpto³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang email: valerorurouni@gmail.com

²⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email: warsito@unisma.ac.id

³⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email:
bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAKSI

Overpass merupakan jembatan diatas jalan atau jembatan penyeberangan. Jembatan merupakan bagian dari sistem transportasi nasional yang punya peranan penting terutama untuk mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya (sesuai UU no 38 tahun 2004). Adanya pengembangan sarana transportasi darat diwujudkan pemerintah dengan dibangunnya tol Ngawi-Kertosono. Pemerintah memprogramkan pembangunan *overpass* diatas tol sebagai sarana perlintasan kendaraan bermotor dengan dua jalur dan satu lajur, tanpa median dengan bentang jembatan adalah satu bentang total panjang yaitu 53,5 meter dan lebar delapan meter dengan *footpath* 1,3 m. Secara umum, tugas akhir ini adalah merencanakan alternatif struktur *overpass* dengan alternatif perencanaan menggunakan tipe komposit. Pembebanan pada jembatan ini menggunakan LRFD, Standard pembebanan untuk jembatan, SNI-1725-2016, RSNI T – 02 - 2005 dan RSNI4 (Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan). Hasil perencanaan besarnya pembebanan dan dimensi plat lantai kendaraan dari perhitungan Beban primer didapat Berat plat lantai kendaraan: 1273,746 kg/m, Beban sendiri gelagar: 2059,45 kg/m, beban hidup: 1895,4 kg/m dan beban garis "P" : 11466 kg. Sedangkan untuk beban sekunder didapat Beban angin: 1038,455 kg/m dan akibat Gaya rem: 3958,3 kg. Perencanaan dimensi plat lantai kendaraan diperoleh Tebal plat beton : 20 cm, Tulangan pokok: D16 – 150 mm, dan Tulangan bagi: D12 - 250mm. Hasil perhitungan dimensi gelagar tipe plat tinggi 170 cm, lebar flens atas dan bawah 60 cm, tebal flens 13,5 cm terdiri dari 3 lapis plat, tebal badan 4,5 cm. Semua dimensi yang dipakai memenuhi persyaratan dari beban yang bekerja. Panjang gelagar 53,50 meter terbagi menjadi 9 sambungan baut dengan panjang 5,95 meter. Pada perencanaan pondasi, yang digunakan adalah tiang pancang dengan diameter 80 cm, kedalaman 24 meter, sebanyak buah dan menggunakan besi tulangan diameter 18 mm.

Kata Kunci : *Alternatif, Overpass, Komposit, Tol Ngawi-Kertosono.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengertian *overpass* menurut kamus Bahasa Inggris yaitu jembatan diatas jalan atau jembatan penyeberangan. (Echols John M. & Shadily H., 1990; hal: 413)

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah

atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. (Supriyadi Bambang & Muntohar Agus Setyo, 2007; hal 1)

Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum Badan Pengatur Jalan Tol yang diwakilkan ke PT. Ngawi Kertosono Jaya, memprogramkan pembangunan *overpass* (jembatan

penyeberangan) didesa Sukorejo Kecamatan Saradan Kabupaten Madiun yang mana merupakan bagian dari tol Ngawi-Kertosono.

Pada pelaksanaan dilapangan jembatan ini direncanakan dengan kontruksi beton pratekan. Jembatan ini nantinya berfungsi sebagai jalur perlintasan kendaraan bermotor, roda empat atau lebih dengan dua jalur satu lajur dua arah, tanpa median dengan bentang jembatan adalah satu bentang total panjang yaitu 53,5 meter dan lebar delapan meter dengan footpath 1,3 meter. Tugas akhir ini merupakan studi alternatif perencanaan jembatan dengan kontruksi jembatan komposit.

Rumusan Masalah

Adapun permasalahan pada studi perencanaan *overpass* tipe komposit di desa Sukorejo adalah sebagai berikut:

1. Berapa pembebananyang terjadi pada *overpass* di desa Sukorejo ?
2. Berapa tebal plat lantai pada *overpass* di desa Sukorejo ?
3. Berapa dimensi gelagar *overpass* di desa Sukorejo ?
4. Berapa jumlah dan letak *shear connector* pada *overpass* di desa Sukorejo ?
5. Berapa dimensi *abutment* pada *overpass* di desa Sukorejo ?
6. Berapa dimensi pondasi pada *overpass* di desa Sukorejo ?

Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada *overpass* di desa Sukorejo
2. Untuk mengetahui tebal plat lantai pada *overpass* di desa Sukorejo
3. Untuk mengetahui dimensi gelagar *overpass* di desa Sukorejo
4. Untuk mengetahui jumlah dan letak *shear connector* pada *overpass* di desa Sukorejo

5. Untuk mengetahui dimensi *abutment* pada *overpass* di desa Sukorejo

6. Untuk mengetahui dimensi pondasi pada *overpass* di desa Sukorejo

LANDASAN TEORI

Pengertian Jembatan Jalan Raya

Konstruksi jembatan adalah suatu konstruksi bangunan pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan suatu tempat ke tempat yang lainnya, yang dapat dilintasi oleh sesuatu benda bergerak.

Pembebanan Jembatan

Pada perencanaan jembatan ini, dipakai peraturan perencanaan teknik jembatan.

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah ;

- a. Beban primer
 - Beban hidup
 - Beban mati
- b. Beban lalu lintas
 - Lajur lalu lintas biasa
 - Beban lajur "D"
 - Beban truk "T"
 - Faktor beban dinamis
 - Gaya rem
- c. Beban lingkungan
 - Beban angin
 - Pengaruh gempa

Konstruksi Plat girder

Plat girder adalah elemen struktural lentur tersusun yang didesain untuk memenuhi kebutuhan yang tidak dapat dipenuhi oleh penampang giras panas biasa. Bentuk didesain terdiri atas dua flens yang dilas pada plat web yang relatif tipis.

Perencanaan plat girder baja

Tebal badan girder bisa diambil dari persamaan :

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{95000}{\sqrt{F_y(F_y + 115)}} \quad (\text{Setiawan Agus, 2008; hal:207})$$

Perencanaan dimensi plat sayap digunakan rumus :

$$A_f = \frac{Mu}{0,9 \cdot h \cdot F_y} - \frac{Aw}{6} \quad (\text{Setiawan Agus, 2008; hal:232})$$

Perencanaan pengaku

- Pengaku vertikal

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left(\frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) Y.D. h t_w$$

- Pengaku Tumpuan

$$A_{st\text{perlu}} = \frac{A_{st}}{A_w} \cdot w$$

Sambungan plat girder

Salah satu alat pengencang disamping las yaitu baut mutu tinggi.

Tipe baut	Diameter (mm)	Proof stress(Mpa)	Kuat tarik min (Mpa)
A307	6,35-10,4	-	60
A325	12,7-25,4	585	825
A490	12,7-38,1	825	1035

Tabel 1. Tipe tipe baut

Alat penghubung geser (*Shear Connector*)

Shear connector adalah alat penghubung geser yang diletakkan pada bidang kontak antara baja dengan beton agar kedua bahan tersebut dapat bekerja sama dalam memikul beban. Untuk menghitung kekuatan dari *shear connectortipe* paku :

$$q_{ult} = 0,0004 \cdot d_s^2 \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \quad \text{untuk } H/d_s \geq 4$$

(CG Salmon & JE Johnson, 1996 ; hal: 366)

- Stabilitas terhadap beban eksentrinitas

$$e = \frac{1}{2} B - \frac{\sum MV - MH}{\sum V} < \frac{1}{6} B$$

(Bowles Joseph E., 1993; hal: 76)

- Stabilitas terhadap guling

$$S_f = \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq 1,5$$

(Bowles Joseph E ,1993 ; hal: 85)

- Stabilitas terhadap geser

$$S_f = \frac{\sum V \cdot \tan \theta}{\sum H} \geq 1,5$$

Perencanaan pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.

Perhitungan daya dukung pondasi

$$P_{\text{tiang}} = \phi P_n \text{ maks} = 0,85 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c \cdot A_g + A_{st} \cdot f_y)$$

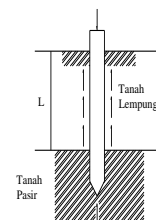
Berdasarkan Data SPT

Daya dukung yang diijinkan:

$$R_a = \frac{R_u}{n} \quad (\text{Sosrodarsono Suyono \& Nakazawa Kazuto, 2000 ; hal: 99})$$

Daya dukung tiang pancang tunggal

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang (*bearing pile*) dan tahanan geser (*friction pile*) pada dinding tiang seperti terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

$$n = \frac{\sum V}{N}$$

Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok

Berdasarkan perumusan "Uniform Building Code" dari AASHO

$$S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m + n - 2}$$

$$E_{ff}\eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

$$\theta = \text{Arc. Tan } \frac{d}{S} (\theta^0)$$

Gaya Yang Bekerja Pada Tiang Pancang

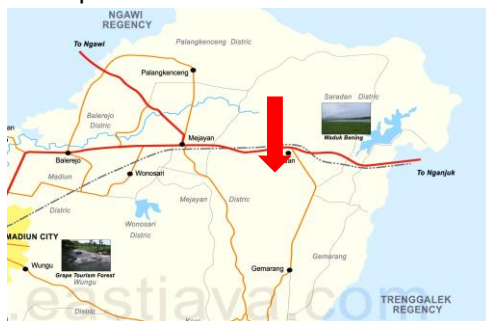
$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{Max}}{I_y \cdot \sum x^2}$$

METODOLOGI PERENCANAAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara meminta pada instansi terkait dan survei dilapangan sehingga diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Data lokasi, Lokasi pembangunan *overpass* adalah di desa Sukorejo, kecamatan Saradan Kabupaten Madiun yang terletak $7^{\circ}12' - 7^{\circ}48'30''$ LS dan $111^{\circ}25'45'' - 111^{\circ}51'$ BT. Dengan ketinggian antara 50-700 M diatas permukaan laut.



Gambar 2. Peta Lokasi Proyek

2. Data Teknis, yang didapat dari PT Ngawi-Kertosono Jaya berupa

gambar rencana *overpass* meliputi keseluruhan bagian.

3. Data Sondir, yang diperoleh dari PT Ngawi-Kertosono Jaya berupa grafik utuh, yang memperlihatkan kedalaman yang dipakai dalam pembangunan *overpass*.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perencanaan dan perhitungan konstruksi yaitu sebagai berikut :

1. Perencanaan Bangunan Atas
2. Perencanaan Sambungan
3. Perencanaan Bangunan Bawah

PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Kelas Jembatan = Kelas 1

Tipe Gelagar =gelagar plat

Bentang jembatan = 53,5m

Lebar Jembatan = 8,00m

Lebar Lantai kendaraan = 6,00m

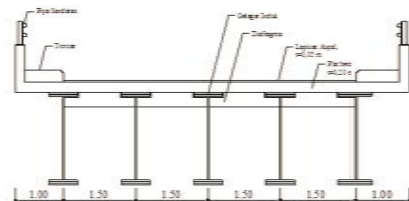
Tebal plat lantai kendaraan = 0,20 m

Mutu Beton Lantai Kendaraan

$F_y = 345 \text{ Mpa}$

$F_c = 35 \text{ Mpa}$

$B_j.55; F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 3. Rencana Potongan Melintang Jembatan

Data Pembebanan

a) Lapisan Aspal Lantai Kendaraan

Tebal aspal beton = 0,05 m

Berat satuan vol. aspal = 2245 Kg/m^3

Faktor Beban $K= 1,3$

b) Plat betonlantai trotoar

Tebal plat beton = 0,20 m

Tebal tegel dan spesi = 0,05 m

B. satuan beton bertulang = 2320,15 Kg/m³
 Berat satuan tegel dan spesi = 2240 Kg/m³
 Berat satuan Pasir = 2000 Kg/m³
 Faktor beban K = 1,3
 c) Plat beton lantai kendaraan
 Tebal plat beton= 0,20 m
 B. satuan beton bertulang = 2320,15Kg/m³
 Faktor beban K= 1,3
 d) Air hujan dengan faktor beban
 Tinggi air hujan= 0,05 m
 Berat volume air hujan = 1000 kg/m³
 Faktor beban K = 2,0

Pembebanan Lantai Kendaraan

Plat dianggap balok lebar 1 meter

a. Beban Mati

B.s. plat beton= 603,24 Kg/m
 Berat lapisan aspal = 145,92 Kg/m
 Berat air hujan= 100 Kg/m

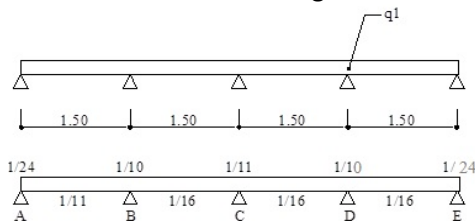
Σ beban mati (q₁) = 849,16 Kg/m

b. Beban Hidup

FBD = 0,3, Faktor beban((γ_{TT}) = 1,8
 Maka P = 14625 kg

Jadi beban total hidup P = 14625 kg

Pult atau Beban T = 26325 kg



Gambar 4. Koefisien Momen

Momen maksimum pada tumpuan
 MB = MD = -191,062 Kg.m
 Momen maksimum pada lapangan
 MAB = MED= 173,693 Kg.m
 Momen Akibat Beban Hidup
 Momen pada tumpuan dan lapangan sama
 MT = ML = 4422 kg.m

Penulangan Plat Lantai Kendaraan Arah Melintang (Y)

Penulangan Pada Tumpuan

Mu = 4613,662 Kg.m
 Mn = 5766,327 Kg.m
 Rn = 2,197 Mpa
 m = 11,597 Mpa

ρ = 0,0066
 ρ min = 0,0041 < ρ = 0,0066 < ρ maks = 0,0349
 maka dipakai ρ = 0,0066
 As perlu = ρ . b . d = 0,0066 . 1000 . 162 = 1073,08 mm²
 As' = 214,62 mm²
 Dipakai tulangan tarik D16 - 150
 Dipakai tulangan tekan D16 - 300

Penulangan Pada Lapangan

Mu = 4596,293 Kg.m
 Mn = 5745,366 Kg.m
 Rn = 2,189 Mpa
 m = 11,597 Mpa
 ρ = 0,0066
 ρ min = 0,0041 < ρ = 0,0066 < ρ maks = 0,0349
 maka dipakai ρ = 0,0066

As perlu = ρ . b . d = 0,0066 . 1000 . 162 = 1068,87 mm²
 As' = 213,77 mm²

Dipakai tulangan tarik D16 - 150
 Dipakai tulangan tekan D16 - 300

Penulangan Plat Lantai Kendaraan Arah Memanjang (X)

Dipasang tulangan susut dan suhu
 As_Min = 0,0018 x 162 x 1000 = 291,6 mm²
 Dipakai tulangan pokok Ø 12 mm
 As = 1/4 x π x d² = 1/4 x 3,14 x 12² = 113,04 mm²

Jarak maksimum antar tulangan= 113,04/291,6 x 1000 = 387,65 mm
 Dipakai tulangan Ø12 – 250

Pembebanan

Akibat Beban Mati Lantai Kendaraan

B.S. Plat beton = 904,859 kg/m
 Berat lapisan Aspal = 218,888 kg/m
 Berat air hujan = 150,000 kg/m+
 qd = 1273,746 kg/m

Mmaksimum= 455722,44 kg.m

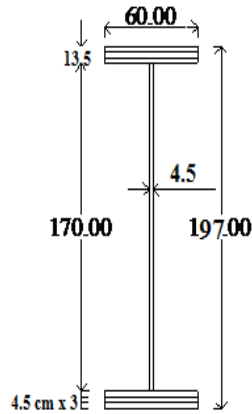
Dmaksimum = 34072,71 kg

Akibat Berat Sendiri Gelagar Plat (faktor beban 1,1)

Dicoba direncanakan gelagar induk (*plate girder*) dengan ukuran :

h = 170 cm
 L sayap = 60 cm

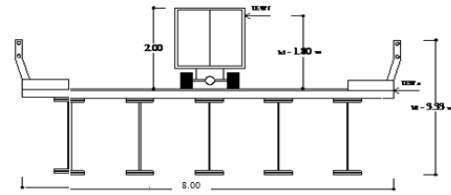
tw = 4,5 cm
 tf = 13,5 cm
 Bj baja = 7850 kg/m³



Gambar 5. Dimensi Profil

Plat badan = $tw \times h = 0,0765 \text{ m}^2$
 Plat sayap = $2 \times (tf \times L \text{ sayap}) = 0,162 \text{ m}^2$
 $A = 0,2385 \text{ m}^2$
 Maka berat sendiri gelagar induk (qd)
 $qd = 2059,45 \text{ kg/m}$
 $M_{max} = 736832,595 \text{ kg.m}$
 $D_{max} = 46337,625 \text{ kg}$
Akibat Berat Diafragma
 Diafragma = WF 300 x 300 x 15 x 15
 (P) = $106 \times 1,5 \times 1,1$
 $RA = RB = 874,5 \text{ kg}$
 $M_{maksimum} = 10072,425 \text{ kgm}$
 $D_{maksimum} = RA - P = 874,5 - 174,9 = 699,6 \text{ kg}$
Akibat Beban Hidup
Akibat beban "D"
 Beban terbagi rata : faktor beban = 1,8
 $L = 53,5 \text{ m} > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \times = 7,02 \text{ Kpa}$
 $= 702 \text{ kg/m}^2$
 Jarak antar gelagar = 1,5 m, maka :
 $q' = 1895,4 \text{ kg/m}$
 $ML1 = 678138,58 \text{ kgm}$
 $D L1 = 50701,95 \text{ kg}$
 Akibat beban garis "P" : faktor beban = 1,8
 $p = 49 \text{ KN/m} = 4900 \text{ kg/m}$
 Faktor beban dinamis koefisien kejut
 $L = 53,5 \text{ m}$, maka $FBD = 30\% = 0,3$
 $K = 1,3$
 $P = 11466 \text{ kg}$
 $ML2 = 153357,75 \text{ kgm}$

$D L2 = 5733 \text{ kg}$
 Momen akibat beban lajur "D" (BTR + BGT)
 $ML = 831496,33 \text{ kgm}$
 $DL = 56434,95 \text{ kg}$
Beban sekunder
 Beban angin



Gambar 6. Akibat Beban Angin

$$V_{DZ} = 2,5 \cdot V_o \cdot \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

$$V_{DZ} = 2,5 \times 13,2 \cdot \left(\frac{126}{126} \right) \ln \left(\frac{5403}{70} \right)$$

= 143,425 km/jam

Beban pada tepi jembatan yang terkena angin :

Tekanan angin rencana :

$$P_D = P_B \cdot \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 174,9 \text{ kg}$$

$$P_D = 0,0024 \cdot \left(\frac{143,425}{126} \right)^2 = 3,1 \text{ kN/m}^2$$

$TEW_s = 46035 \text{ Kg}$

$TEW_l = 262,8 \text{ Kg}$

$Pa = TEW_s + TEW_l = 46297,8 \text{ Kg}$

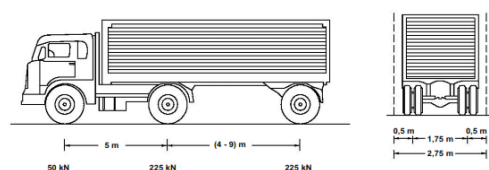
$Pa_u = 46297,8 \times (1,2) = 55557,36 \text{ Kg}$

$qw = 1038,455 \text{ kg/m}$

$M_{maks} = 371539,728 \text{ Kg.m}$

$D_{maks} = 27778,67 \text{ Kg}$

Akibat Gaya Rem



Gambar 7. Pembebanan Truk "T"

Berat gandar truk = 225 kN
 Berat truk rencana = 500 kN
 Beban BTR = 1083,37 kN
 $P_1 = 56,25$ kN
 $P_2 = 79,169$ kN
 $T = 79,169$ kN = 7916,9 kg, dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan.
 $PR = 3958,3$ kg
 $PRU = 3958,3$ kg
 $Z_r = 1,19$ m
 $Mr = PRU \times Z_r = 4710,377$ kg.m

Dimensi gelagar

Perhitungan Lebar Effektif

Dipakai Beff sebesar 102 cm

Perencanaan Dimensi Plat Badan

Dimensi plat girder direncanakan sesuai rencana yaitu :

Untuk plat badan = 4,5 x 170 cm

Untuk plat sayap = 13,5 x 60 cm

Faktor kelangsingan badan

$$\frac{h}{t} \max = 259,28$$

$$t_{\min} = 0,656 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{t} \max = 204,76$$

$$t_{\min} = 0,830 \text{ cm}$$

Didesain $t = 4,5$ cm

Perencanaan Dimensi Plat Sayap

Dari perhitungan statika didapat:

$$M_u = M_{\text{total}} = 1673029,392 \text{ kgm}$$

$$A_f = 254 \text{ cm}^2$$

$$B_f = 18,814 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } b_f 60 \text{ cm}$$

Maka ukuran pelat sayap 13,5 x 60 cm

Kontrol Lendutan

Sebelum komposit

$$q = 3333,196 \text{ kg/m}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = 8,9728 \text{ cm}$$

Lendutan yang diijinkan adalah :

$$\overline{\Delta} = \frac{1}{360} \cdot L > 8,9728 \text{ cm}$$

$$= 14,861 \text{ cm} > 8,9728 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Sesudah komposit

$$\sum q \text{ beban mati} = 33,331 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = 7,66 \text{ cm}$$

$$q' \text{ beban terbagi rata} = 18,954 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = 4,359 \text{ cm}$$

P beban garis = 11460 kg

$$\Delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot EI} = 0,788 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ total} = 7,66 + 4,359 + 0,788 = 12,81 \text{ cm}$$

Lendutan yang diijinkan adalah :

$$\overline{\Delta} = \frac{1}{360} \cdot L > 12,81 \text{ cm}$$

$$14,861 \text{ cm} > 12,81 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Perhitungan Shear Connector

Jenis penghubung geser : Stud kepala $\emptyset \frac{3}{4}'' \times 3''$

$$d_s \frac{3}{4}'' = 19 \text{ mm}$$

$$H_s 3'' = 75 \text{ mm}$$

$$E_c = 27107,66 \text{ Mpa}$$

Kekuatan nominal satu penghubung jenis paku / stud untuk perencanaan penghubung geser diambil dengan bentang $L = 53,5$ m

$$q_{ult} = 4447,82 \text{ kg}$$

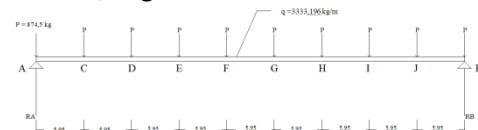
$$\text{Dipakai 3 stud, maka } Q = 13343,46 \text{ kg}$$

Tegangan geser yang terjadi :

a. Akibat beban mati

$$q \text{ total} = 3333,196 \text{ kg/m}$$

$$P = 874,5 \text{ kg}$$



Gambar 8. Skema Pembebanan Beban Mati dan Gaya Lintang

Gaya lintang pada tiap titik :

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l + P = 90037,49 \text{ kg}$$

$$DC = 70204,974 \text{ kg}$$

$$DD = 50372,458 \text{ kg}$$

$$DE = 30539,941 \text{ kg}$$

$$DF = 10707,425 \text{ kg}$$

b. Akibat beban hidup

$$q = 1895,4 \text{ kg/m}$$

$$qW = 1038,455 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ total} = 2933,855 \text{ kg/m}$$

$$P = 11466 \text{ kg}$$

$$PR = 3958,3 \text{ kg}$$

$$P \text{ total} = 15424,3 \text{ kg}$$

Gaya lintang pada titik :

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l + P = 93904,92 \text{ kg}$$

$$DC = 9454,61 \text{ kg}$$

DD = 16966,68 kg

DE = 22550,85 kg

DF = 26182,70 kg

Rekapitulasi gaya geser akibat beban mati dan beban hidup :

DA = 183942,41 kg

DC = 79659,59 kg

DD = 67339,14 kg

DE = 53090,79 kg

DF = 36890,12 kg

c. Daya dukung shear connector masing masing pada tiap tiap titik

$$q_A = \frac{D_A \cdot S}{I} = 1791,24 \text{ kg/cm}$$

$$q_C = \frac{D_c \cdot S}{I} = 775,73 \text{ kg/cm}$$

$$q_D = \frac{D_d \cdot S}{I} = 655,75 \text{ kg/cm}$$

$$q_E = \frac{D_e \cdot S}{I} = 517 \text{ kg/cm}$$

$$q_F = \frac{D_f \cdot S}{I} = 359,24 \text{ kg/cm}$$

d. Perhitungan jarak shear connector

Dimana :

$$m_A = \frac{Q}{q_A} = 7,45 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm, jumlah 85}$$

buah.

$$m_C = \frac{Q}{q_C} = 17,20 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm, jumlah 35}$$

buah.

$$m_D = \frac{Q}{q_D} = 20,35 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm, jumlah 30}$$

buah.

$$m_E = \frac{Q}{q_E} = 25,81 \text{ cm} \approx 25,5 \text{ cm, jumlah 23}$$

buah.

$$m_F = \frac{Q}{q_F} = 37,14 \text{ cm} \approx 37 \text{ cm, jumlah 16}$$

buah.

Total shear connector yang dibutuhkan untuk setengah gelagar adalah :

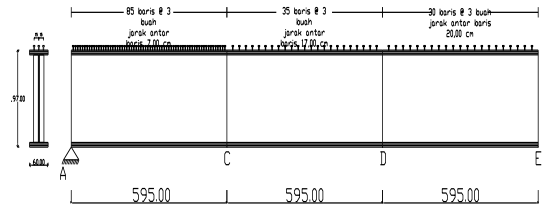
(85 + 35 + 30 + 23 + 16) = 189 buah.

karena memakai 3 stud / paku maka total paku yang digunakan adalah:

189 x 3 = 567 buah.

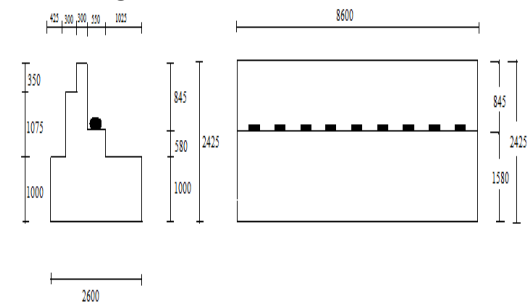
Jadi, total shear connector yang dibutuhkan untuk satu gelagar adalah:

567 x 2 = 1134 buah



Gambar 9. Letak dan Jumlah Shear Connector

Perhitungan Abutment



Gambar 10. Perencanaan Abutment

Keterangan :

Panjang (L) = 8,60 m

Lebar (b) atas = 1,15 m

Lebar (b) bawah = 2,6 m

Tinggi (h) = 2,425 m

Berat satuan beton = 2320,15 kg/m³

Berat satuan tanah = 1755 kg/m³

Berdasarkan data penyelidikan tanah di lapangan, didapat data SPT berupa kedalaman (meter) dan Ni (nilai SPT per meter) adalah sebagai berikut :

N rata-rata = 21,709

c = 0,10 x N = 2,1709 ton/m²

Maka dari grafik diperoleh sudut geser tanah (θ) = 36°.

Perhitungan Pembebanan Abutment

Beban mati :

Berat plat lantai = 258186,292kg

Berat aspal = 46841,925kg

Berat air hujan = 42800,00kg

Berat plat girder = 550902,875kg

Berat diafragma = 6996,0kg

Berat dinding sandaran = 48409,903kg

Berat tiang sandaran = 2000,86kg

Berat trotoar = 67146,78 kg +

R = 1023284,637kg

Reaksi akibat beban mati (Rm) =
511642,318 kg

Beban hidup :

Beban hidup merata (BTR)

Kpa = 702 kg/m²

q' = q x K = 1263,6 kg/m²

Beban 100% → q = 459,49 kg/m²

Beban 50% → q = 229,745 kg/m²

RA = 1360,52 kg/m

Maka beban yang diterima gelagar

sepanjang L = 53,5 m adalah :

Rh = RA x 53,5 = 72787,82 kg

Beban Garis (P)

P = 4900 kg/m

Faktor beban dinamis (FBD) = 30% = (1 + 0,3) = 1,3

Pu = 11466 kg/m'

Beban 100% → P1 = 63063 kg

Beban 50% → P2 = 2866,5 kg

RA = 33950,109 kg

RTotal = Rm + Rh + RA (P)

= 618380,247 kg

Perhitungan Pembebanan Abutment

Kombinasi pembebanan

Beban Vertikal

ΣV = Berat abutment + Berat akibat tanah urug + Berat wingwall = 691588,87kg + 10847,691 kg + 38563,30 kg = 740999,86 kg

ΣMV = Momen berat abutment + momen akibat tanah urug + momen berat wing wall = 907356,12 kg.m + 25317,837 kg.m + 104478,76 kg.m = 1037152,72 kg.m

Beban horizontal

ΣH = Pa1 + Pa2 + TEQ
= 11651,853 kg + 4392,997 kg + 222937,435 kg = 238982,28 kg

ΣMH = MPa1 + MPa2 + MTEQ
= 9418,581 kg.m + 2180,391 kg.m + 315065,46 kg.m = 326664,44 kg.m

Kontrol stabilitas

Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{1037152,72}{326664,44} = 3,17 > 1,5 \dots\dots(OK)$$

Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{\Sigma V \cdot \tan \theta}{\Sigma H} = 2,25 > 1,5 \dots\dots(OK)$$

Stabilitas Terhadap Eksentrisitas

$$e = \frac{1}{2} \cdot B - \frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma V} < 1/6 \cdot B$$

$$= 0,340 < 0,433 \dots\dots(OK)$$

Stabilitas Terhadap Tegangan Tanah Berdasarkan tabel Ohsaki didapat daya dukung tanah dengan sudut geser 36° sebagai berikut.

Nc = 42.2 Ny = 30.5 Nq = 31.6

C = 2,1709 ton/m²

γ = 1,775 ton/m³

Dari perumusan terzaghi didapat :

$$qu = 1,3 \cdot C \cdot Nc + \gamma \cdot Df \cdot Nq + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot Ny$$

$$= 385,04385 \text{ ton/m}^2$$

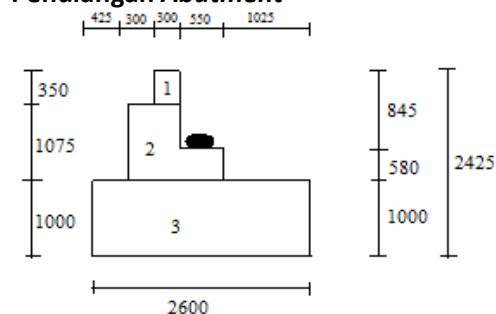
Dengan angka keamanan 3, maka daya dukung tanah yang diijinkan adalah

$$Q_{ijin} = \frac{qu}{3} = \frac{385,04385}{3} = 128,34795 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_{max} = \frac{740,99986}{8,6 \times 2,6} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,340}{2,6} \right) = 59,1408 \text{ ton/m}^2$$

Q max = 59,1408 ton/m² < Q ijin = 128,34795 ton/m².....OK

Penulangan Abutment



Gambar 11. Pembagian Tulangan Abutment

Penulangan bagian 1

Vu = 110696,229 kg
Gaya Horizontal = 238982,28 kg = 238,98228 ton = 2389,8228 kN
Tulangan untuk menahan gaya vertikal
Dipakai tulangan D22 – 100 ;As = 3799,4 mm²

Tulangan untuk menahan gaya horizontal
 Dipakai tulangan D14 – 150; $A_s = 1025,784 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok

$A_s = 2952,731 \text{ mm}^2$

$A_h = 1039,694 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D16 – 150; $A_s = 1340,4 \text{ mm}^2$

Penulangan bagian 2

Gaya Horizontal = 2389,8228 kN

Gaya Vertikal = 7409,9986 kN

Momen horizontal = 3266,6444 kN.m

Tulangan untuk menahan gaya vertikal

Dipakai tulangan D38-100; $A_s = 22691,429 \text{ mm}^2$

Tulangan yang dipakai untuk menahan momen horizontal :

Momen yang terjadi = 3266,6444 kN.m

Dipakai tulangan D36 – 100; $A_s = 11699,64 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi = 2339,928 mm^2

Dipakai tulangan D20 – 150; $A_s = 2407,333 \text{ mm}^2$

Penulangan bagian 3

Pembebanan :

Beban vertikal = 7409,9986 kN

Momen = 10371,5272 kN.m

$A_s = 9724 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D30 – 100; $A_s = 18369 \text{ mm}^2$

Tulangan yang dipakai untuk menahan momen horizontal :

$A_s = 11582,896 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D36 – 150; $A_s = 17634,24 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi = 3526,848 mm^2

Dipakai tulangan D20 – 200; $A_s = 4082 \text{ mm}^2$

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Data Perencanaan

Diameter tiang pancang = 40 cm = 0,4 m

Panjang tiang pancang = 24 m

f_y (BjTD 40) = 390 Mpa = 3900 kg/cm²

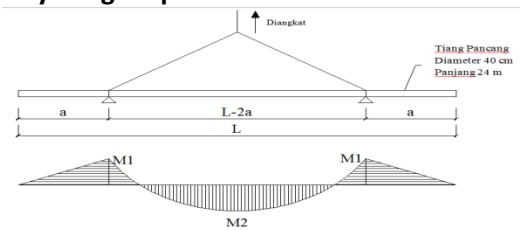
Mutu beton $f_c' = 50 \text{ Mpa} = 500 \text{ kg/cm}^2$

Berat jenis beton = $2240 + 2,29 \cdot f_c$

= 2354,5 kg/m³

Gaya vertikal = 740,99980 ton

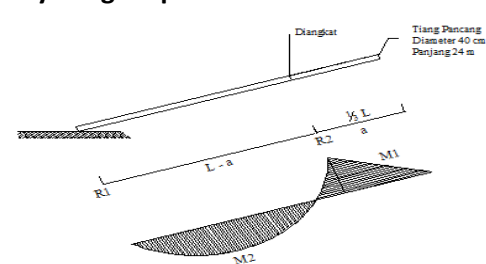
Gaya angkat pada kondisi I



Gambar 12. Gaya Angkat Pada Kondisi I

$M = \frac{1}{2} \times 295,725 \times 4,970562 = 3653,1624 \text{ kg.m}$

Gaya angkat pada kondisi II



Gambar 13. Gaya Angkat Pada Kondisi II

Jadi momen yang paling menentukan adalah pada kondisi II (diambil momen terbesar 7306,2554 kg.m).

Dipakai rencana tulangan $\emptyset 14$

$D = 400 - 45 - (1/2 \cdot 14) - 10 = 338 \text{ mm}$

$R_n = 1,998$

$\rho_{\min} = 0,0036$

$w = 0,0409$

$\rho = 0,00525 > \rho_{\min} = 0,0036$

$A_s = \rho \cdot b \cdot d$

= $0,00525 \times 400 \times 338$

= 709,8 mm^2

Dipakai tulangan pokok 5 D 14

Tulangan geser :

Untuk tulangan geser menggunakan tulangan spiral D14

Rumus : $\rho_s = 0,45 \times [A_g/A_c - 1] \times f_c/f_y$

$A_g = 125600 \text{ mm}^2$

$A_c = 75438,5 \text{ mm}^2$

$f_c = 50 \text{ Mpa}$

$f_y = 390 \text{ Mpa}$

Sehingga diperoleh :

$\rho_s (\min) = 0,0384$

Sedangkan jarak spasi maksimum

diperoleh dengan cara:

$A_{sp} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 14^2$

= 153,86 mm

psactual = 41,095 → 40 mm

Untuk menentukan jarak spasi bersih h lilitan spiral tidak boleh lebih 75 mm dan kurang dari 25 mm, maka :
Jarak spasi bersih = 40 – 15 = 25 mm

Daya Dukung Tiang Pancang

Berdasarkan kekuatan bahan tiang

Ptiang = ØPn maks = 0,85 Ø [(0,85.fc x(Ag-Ast) + fy.Ast)]

Atiang (Ag) = 125600 mm²

ATulangan (Ast) = 769,3 mm²

ØPn maks = 3335,172 KN = 333,5172 ton

Kemampuan terhadap kekuatan tanah

$$Pa = \frac{q_c \cdot x A_p}{FK1} \times \frac{\sum li \cdot fi \cdot \chi Ast}{FK2}$$

Ap = 0,1256 m²

li = 2,5 m

fi = N/5, 12/5 = 2,4 ton/m² (kerikil)

Ast = 3,14 x 0,4 m = 1,256 m

N = 12

qc = 40 x N = 40 x 12 = 480 t/m²

Pa = 30,2887 ton

Dari perhitungan didapat daya dukung berdasarkan kekuatan bahan = 333,5172 ton. Sedangkan daya dukung terhadap kekuatan tanah pada kedalaman 24 meter = 226,75 ton.

Jadi daya dukung yang menentukan berdasarkan kekuatan tanah.

Berat sendiri tiang: x 3,14 x 0,42 x 24 x 2,345 = 7,0687 ton

Kemampuan satu tiang pancang adalah :

Qsp = 226,75 – 7,0687 = 219,681 ton.

Jumlah Tiang

$$n = \frac{\sum V}{N}$$

n = 3,37 buah

Direncanakan tiang pancang 8 buah

Kontrol Jarak Antar Tiang

$$S \leq \frac{1,57 \times 40 \times 2 \times 4}{2 + 4 - 2} = 126 \text{ cm}$$

Kontrol S

2,5 D ≤ S ≤ 3D

2,5 x 40 ≤ S ≤ 3 x 40

100 ≤ S ≤ 120, diambil S = 120 ≤ 126 cm

Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

η

= 1

$$- \frac{16,218^{0'}}{90} \times \left[\frac{(4 - 1)x^2 + (2 - 1)x^4}{2 \times 4} \right]$$

= 1 – (0,1802 x 1,25) = 0,774

Maka daya dukung tiang

= η x Qsp = 0,774 x 219,681 ton

= 170,197 ton

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan Studi Alternatif Perencanaan Overpass tipe Komposit desa Sukorejo Kecamatan Saradan Kabupaten Madiun, jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan besarnya pembebanan dan dimensi plat lantai kendaraan dari perhitungan Beban primer didapat, Berat plat lantai kendaraan: 1273,746 kg/m, Beban sendiri gelagar : 2059,45 kg/m, beban hidup : 1895,4 kg/m dan beban garis "P" : 11466 kg. Sedangkan untuk beban sekunder didapat Beban angin: 1038,455 kg/m dan akibat Gaya rem: 3958,3 kg.
2. Hasil perencanaan dimensi plat lantai kendaraan diperoleh tebal plat beton : 20 cm, Tulangan pokok : D16 - 150 mm, dan Tulangan bagi: D12 – 250 mm
3. Hasil perhitungan dimensi gelagar tipe plat dengan tinggi 170 cm, lebar flens atas dan bawah 60 cm, tebal badan gelagar 4,5 cm, tebal flens 13,5 cm terdiri dari 3 lapis plat.
4. Dari hasil perhitungan diperoleh jumlah Shear Connector sebanyak 1134 buah
5. Dari perhitungan yang direncanakan dimensi abutment, hanya dihitung tinggi kepalanya tanpa ada pilar dibawahnya, sesuai gambar rencana asli. Maka diperoleh ukuran abutmenttinggi 2,425 m, panjang abutment sesuai dengan lebar

overpass yaitu 8,60m, dan lebarnya 2,60 m.

6. Berdasarkan dari data SPT maka Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dengan kedalaman 24meter, diameter luar 40 cm, diameter dalam 31 cm dan jumlah pondasi sebanyak 8 buah.

Saran

Dalam studi alternatif tugas akhir ini menggunakan perencanaan gelagar girder, dimana bentang jembatan perlu diperhatikan. Alternatif lain gelagar dipa kai misalnya gelagar box atau gelagar pratekan.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Pembebanan untuk Jembatan, SNI 1725-2016. Jakarta: Standar Nasional Indonesia..
- Bowles, Joseph E. 1993. Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- CG, Salmon & JE, Johnson. 1996. Struktur Baja Desain dan Perilaku II. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Echols, John M., & Shadily, H. 1990. Kamus Inggris-Indonesia. Jakarta : Gramedia Pustaka Umum.
- Kusuma, Gideon H, & Vis, WC. 1993.
- Setiawan, Agus. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono, & Nakazawa, Kazuto. 2000. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita.