

EVALUASI PERENCANAAN ABUTMEN DAN PONDASI PADA PROYEK JEMBATAN Di BAWADASI KECAMATAN LAHOMI KAB. NIAS BARAT

Nelson Hutahaean, ST, MT¹
Alfonsius Marco Hia²

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Dharma Agung

²⁾ Alumni Program Studi Teknik Sipil Universitas Dharma Agung

ABSTRAK

Jembatan Bawadasi adalah jembatan pedestrian sepanjang 60 m yang didesain untuk pejalan kaki, kendaraan roda 2 dan roda 4, letaknya di Kec. Lahomi di Kabupaten Nias Barat, Provinsi Sumatra Utara. Sebagai urat nadi perekonomian nasional di daerah Kabupaten Nias Barat, pembangunan Jembatan Bawadasi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan aksesibilitas, meningkatkan perekonomian, memberikan kemudahan untuk masyarakat penduduk di lokasi tersebut dalam kegiatan sehari-hari serta meningkatkan produktivitas melalui pengurangan biaya distribusi dan menyediakan akses ke pasar regional. Jembatan merupakan suatu konstruksi terpenting yang mampu menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan seperti alur sungai. Kerusakan jembatan terutama struktur bagian bawah seperti abutment dan pondasi akan berakibat fatal terhadap struktur jembatan. Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup dan beban mati pada jembatan. Pondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor (bored pile) adalah pondasi tiang yang mampu menembus lapisan tanah batuan dan pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Besar beban struktur yang diterima oleh abutment sebesar $\Sigma V = 416.928$ ton dan $\Sigma MV = 256.835$ ton, untuk beban struktur yang diterima oleh pondasi tiang bor sebesar $\Sigma V = 177.773$ ton dan $\Sigma MV = 222.216$ ton. Perencanaan terdiri dari abutment dengan dimensi tinggi 7 meter dan lebar 8 meter, untuk dimensi pondasi tiang bor berdiameter 0.8 meter. a) Kontrol Terhadap Guling: $2493.727 \text{ Ton} > 553.641 \text{ Ton} \dots \text{OK !!!}$, b) Kontrol Terhadap Geser: $47.262 > 2 \dots \dots \text{aman}$, c) Kontrol Terhadap Daya Dukung: $\sigma_{min} = 10.272 \text{ T / m}^2$ dan $\sigma_{max} = 63.961 \text{ T/m}^2$. Evaluasi kapasitas grup tiang = $2643.797 \text{ Ton} > 2195.269 \text{ Ton} \dots \dots \text{OK!}$

Kata Kunci : Jembatan, Mekanika Tanah, Abutment, Pondasi tiang bor.

I. PENDAHULUAN

Jembatan sebagai salah satu prasarana transportasi strategis bagi pergerakan lalu lintas. Jembatan adalah istilah umum untuk suatu konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai, danau, rawa, maupun

rintangan lainnya. Namun ada bagian terpenting dari struktur jembatan yang tidak terlihat dan terletak di bagian struktur paling bawah jembatan yaitu pondasi. Sampai saat ini pondasi masih menjadi suatu struktur terpenting dari sebuah bangunan, khususnya pada

bangunan jembatan, baik untuk penentu posisi struktur bangunan di atasnya yang berupa pilar (*pier*) maupun sebagai struktur penahan beban-beban yang diterima jembatan itu sendiri. Maupun bukan merupakan hal baru, namun dalam pembuatan pondasi selalu memerlukan pertimbangan khusus baik dalam perencanaannya maupun pengerjaannya agar mendapat kualitas dan keamanan yang terbaik nantinya.

Dalam perencanaan pondasi akan selalu mempertimbangkan karakteristik tanah sebagai dasar kajian agar didapatkan desain pondasi yang sesuai. Pada perencanaan pondasi Jembatan Lahomi Kab. Nias Barat, memiliki kondisi tanah yang lunak dan berpasir. Sementara itu karena posisi dilapangan berada di area sungai lahomi, mengakibatkan tanah dilokasi tersebut memiliki kadar air yang cukup tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan tiang pancang hamer. Berdasarkan masalah tersebut diputuskan perencanaan pondasinya adalah pondasi tiang bor (*bore pile*).

Pada perencanaan pondasi Jembatan Lahomi Kab. Nias Barat, juga perlu pertimbangan-pertimbangan teknis pelaksanaan baik dalam pelaksanaan pengeboran ppondasi tersebut, agar didapat hasil sesuai rencana. Pengambilan obyek studi pondasi ini mengacu pada sedikitnya pembangunan jembatan yang menggunakan pondasi tiang bor pile di Nias Barat. Diharapkan tulisan ini dapat memberikan informasi, wacana, serta pemahaman mengenai perhitungan struktur pondasi pada proyek-proyek sejenis di tempat lain.

Penelitian ini bertujuan :

1. Menghitung daya dukung tiang tunggal.

2. Menghitung efisiensi tiang grup.
3. Menghitung pembebanan jembatan.
4. Menghitung pembebanan abutmen.
5. Menghitung stabilitas abutmen.
6. Mengevaluasi kapasitas grup tiang.

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). (Struyk dan Veen, 1984). Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika. (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagian-bagian Struktur Jembatan

Menurut Departement Pekerjaan Umum (Pengantar Dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan bawah /Pondasi Jembatan, 1988). Suatu bangunan jembatan pada umumnya terdiri dari 6 bagian pokok, yaitu:

1. Bangunan atas
2. Landasan
3. Bangunan bawah
4. Pondasi
5. Oprit
6. Bangunan pengaman jembatan

Menurut (Siswanto,1993), secara umum bentuk dan bagian-bagian suatustruktur jembatan dapat dibagi

dalam empat bagian utama, yaitu: struktur bawah, struktur atas, jalan pendekat, bangunan pengaman.

2.2.1 Struktur Bawah

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (modul Pengantar Dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah/Pondasi Jembatan, 1988), fungsi utama bangunan bawah adalah memikul beban-beban pada bangunan atas dan pada bangunan bawahnya sendiri untuk disalurkan ke pondasi. Yang selanjutnya beban-beban tersebut oleh pondasi disalurkan ke tanah. Bangunan bawah jembatan ada dua macam yaitu:

1) Kepala Jembatan (abutment)

Karena letak abutment yang berada di ujung jembatan maka abutment ini berfungsi juga sebagai penahan tanah. Umumnya abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan. Bentuk umum abutment pada gambar sering kita jumpai baik pada jembatan-jembatan baru dan jembatan-jembatan lama. Bila abutment ini makin tinggi, maka berat tanah timbunan dan tekanan tanah aktif makin tinggi pula, sehingga sering kali dibuat bermacam-macam bentuk untuk mereduksi pengaruh-pengaruh tersebut. Disamping beban-beban vertikal dan momen tersebut, kadang-kadang gaya-gaya horizontal yang timbul masih cukup besar sehingga, misalnya pada abutment dengan pondasi langsung yang mana didalam perhitungannya masih didapatkan koefisien keamanan terhadap geser yang belum mencukupi persyaratan, maka sering ditempuh cara lain misalnya dengan

memberikan semacam kaki atau tumpit pada bidang pondasinya.

2) Pilar Jembatan

Bentuk pilar jembatan:

- a) Berbeda dengan abutment yang jumlahnya 2 buah dalam satu jembatan, maka pilar ini belum tentu ada dalam suatu jembatan.
- b) Pilar jembatan pada umumnya terkena pengaruh aliran sungai sehingga didalam perencanaannya direncanakan selain segi kekuatannya harus juga diperhitungkan segi-segi keamanannya. Bentuk dari dinding pilar ini bisa masif (*solid*), kotak atau beberapa kotak (*cellular*), bias terdiri dari kolom-kolom (*trestle*) atau dari 1 kolom saja (*hammer head*).

3) Pada solid type selain dari beton bertulang, sering dijumpai juga terbuat dari pasangan batu. Bila bentuk ini dipergunakan khusus pada bidang kotak dengan arus air harus dibuat lengkung air (*cut water*). Salah satu keuntungannya ialah mudah di dalam pengerjaannya.

Penggunaan bentuk ini harus diperhitungkan terhadap arah arus sungai yang tidak konstan. Jika arah arus parallel dengan arah dinding pilar maka bidang kontak langsung dengan arus hanya sebesar tebal dinding sumuran D , akan tetapi apabila suatu ketika arah arus yang baru menyudut α dengan arah arus yang lama maka bidang kontak tersebut menjadi $D' \sin \alpha$ dimana $B =$ panjang dinding pilar dan $D' \sin \alpha > D$.

Bentuk yang lebih ekonomis, misalnya jika dinding pilar dilaksanakan dengan bentuk kolom bulat

dan oval (*trestle type* dan *hammer type*), meskipun pelaksanaannya lebih sulit. Bentuk kolom bulat mempunyai suatu keuntungan yaitu tidak ada perubahan pengaruh jika arah arus berubah-ubah. Untuk pilar-pilar yang tinggi bentuk *trestle type*, sering diperkuat dengan kopel atau dinding untuk menambah kekakuan dalam kaitannya dengan pengaruh tekuk pada kolom. (Menurut Siswanto, 1999), secara umum struktur bawah dilakukan meliputi stabilitas dan kekuatan elemen-elemen struktur, sehingga aman terhadap penggulingan atau penggeseran. Struktur bawah suatu jembatan adalah merupakan suatu pengelompokan bagian-bagian jembatan yang menyangga jenis-jenis beban yang sama dan memberikan jenis reaksi sama, atau juga dapat disebut struktur yang langsung berdiri di atas dasar tanah.

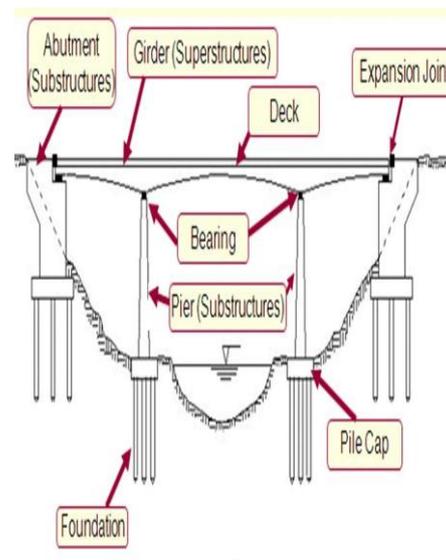
1. Fondasi, merupakan bagian dari sebuah jembatan yang meneruskan beban-beban langsung ke atau dari tanah atau batuan/lapisan tanah keras.
2. Bangunan bawah (pangkal jembatan, pilar) yaitu bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban dari perletakan ke fondasi, dan biasanya juga difungsikan sebagai bangunan penahan tanah.

2.2.2 Struktur Atas

Menurut (Pranowo dkk, 2007) struktur atas jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang secara langsung menahan beban lalu lintas untuk selanjutnya disalurkan ke bangunan bawah jembatan; bagian-bagian pada struktur bangunan atas jembatan terdiri atas struktur utama, sistem lantai, sistem

perletakan, sambungan siar muai dan perlengkapan lainnya; struktur utama bangunan atas jembatan dapat berbentuk pelat, gelagar, sistem rangka, gantung, jembatan kabel (*cable stayed*) atau pelengkung.

Menurut (Siswanto, 1993), struktur atas jembatan adalah bagian-bagian jembatan yang memindahkan beban-beban lantai jembatan ke arah perletakan. Struktur atas terdiri dari gelagar-gelagar induk, struktur tumpuan atau perletakan, struktur lantai jembatan / kendaraan, pertambahan arah melintang dan memanjang. Gambar komponen jembatan dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.

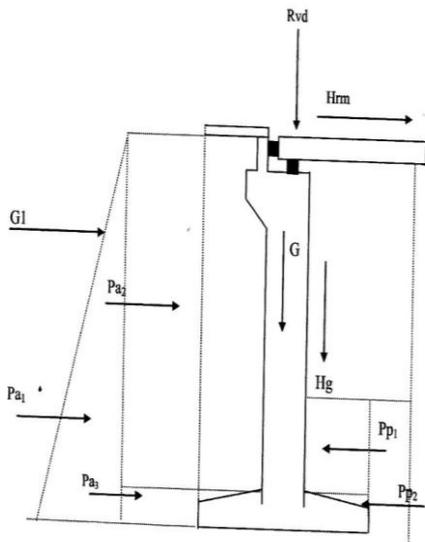


Gambar 2.1 Komponen Jembatan

2.6 Abutmen Jembatan

Pangkal jembatan /abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung luar batang, pinggir dan gaya-gaya lainnya, serta melimpah ke pondasi. Apabila daya dukung tanah yang terdapat di bawah abutment tidak memenuhi maka daya dukungnya harus

ditambah dengan pondasi dalam (pondasi sumuran, pondasi caisson). Adapun jenis pondasi yang digunakan adalah tergantung dari jenis tanah yang ada di bawah struktur tersebut. Abutment / pangkal jembatan dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah, yang berfungsi menyalurkan gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari oprit ke bangunan atas jembatan. Pada perencanaan abutment jembatan ini akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut. Gaya-gaya tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Gaya yang bekerja pada abutment

Keterangan:

Pa1 , Pa2 , Pa3 : Gaya tekan aktif tanah pada belakang abutment

Pp1 , Pp2: Gaya tekan pasif tanah pada depan abutment

G: Berat sendiri abutment

G1 : Gaya gempa akibat bangunan atas

Hg : Gaya gesek akibat tumpuan bergerak

Hrm : Gaya akibat rem

Rvd : Gaya tekan akibat beban dari atas
Gaya – gaya yang bekerja pada abutment:

➤ Gaya akibat beban mati

➤ Gaya Horizontal akibat gesekan tumpuan bergerak (Hg)

Koefisien gesekan = 0,25 (PPPJJR / 1987 pasal 2.6.2)

Hgesekan = koefisien gesekan. Rvd

$$Rvd = \frac{P_{total}}{2} \text{ ton} \dots\dots\dots (2.9)$$

➤ Gaya akibat muatan hidup

$$RqL = \frac{q}{2,75} l \text{ (ton)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$RPL = \frac{P}{2,75} kl \text{ (ton)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \frac{20}{50+L} kl \text{ (ton)}. \dots\dots\dots (2.12)$$

➤ Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan (PPPJJR / 1987 hal 15).

$$\text{Traksi } Rrt = \frac{5\% \times (RPL - RqL)}{2} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (2.13)$$

➤ Gaya gempa akibat bangunan atas

$$G1 = K \cdot Rvd \dots\dots\dots (2.14)$$

K = koefisien gempa

➤ Gaya horisontal tanah

$$Ka = tg^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Ka = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$Pa1 = Ka \cdot q \cdot h_1 \cdot b \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \cdot Ka \cdot \gamma_1 \cdot h^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Pp = \frac{1}{2} \cdot Kp \cdot \gamma_1 \cdot h_2^2 \cdot b \dots\dots\dots (2.19)$$

Stabilitas Abutmen

Perhitungan stabilitas abutment

- Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum \tan^2 \phi^0 + C \cdot B}{\sum H}$$

Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{\sum MX}{\sum MY}$$

Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mx - \sum My}{\sum V} < \frac{B}{6}$$

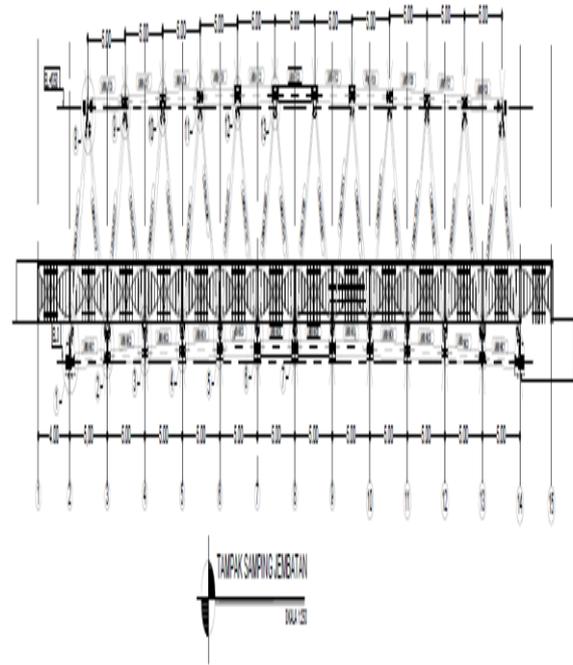
Kontrol Terhadap Tegangan

$$\sigma = \frac{\sum V}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

3. Alur Penelitian

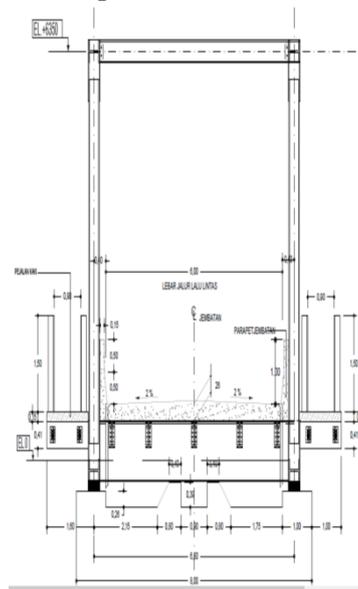
Dalam penelitian ini, penulis melakukan beberapa tahapan pelaksanaan sehingga tercapai tujuan dari penelitian, seperti yang dirangkum pada Bab I. Untuk memudahkan tercapainya tujuan tersebut, maka penulis melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Tahap pertama
Mengumpulkan berbagai jenis literatur dalam bentuk buku maupun tulisan ilmiah yang berhubungan dengan penelitian ini.
- b. Tahap kedua
Pengumpulan data-data penyelidikan tanah dari proyek tersebut yang terkait dengan penelitian yang sedang dikerjakan. Data yang digunakan adalah data hasil sondir (CPT).
- c. Tahap ketiga
Melakukan analisa antara data yang diperoleh dari lapangan dengan buku dan jenis literatur lainnya
- d. Tahap keempat
Pada tahap ini dilakukan kegiatan menghitung daya dukung ultimate dan daya dukung ijin tiang bored pile tunggal dan kelompok secara analitis pada titik Sondir I (S1) dari data sondir (CPT).



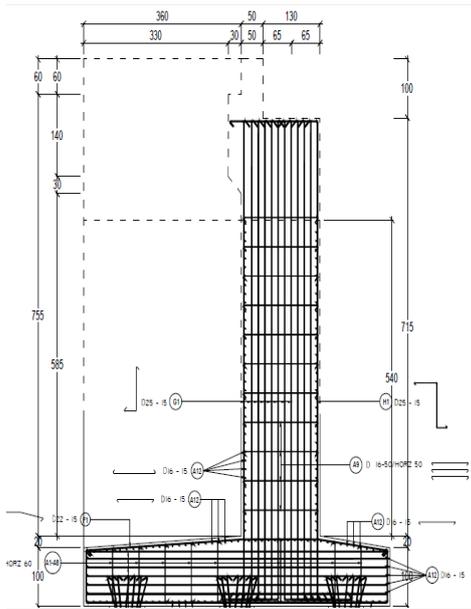
Gambar 3.1. Tampak Samping Jembatan
(Sumber: Dinas PU Nias Barat, 2016)

Pondasi pada abutmen yang digunakan adalah pondasi tiang bored pile. Jumlah kelompok tiang sebanyak 12 buah. Adapun gambar penulangan abutmen dan gambar detail dimensi pondasi bore pile.

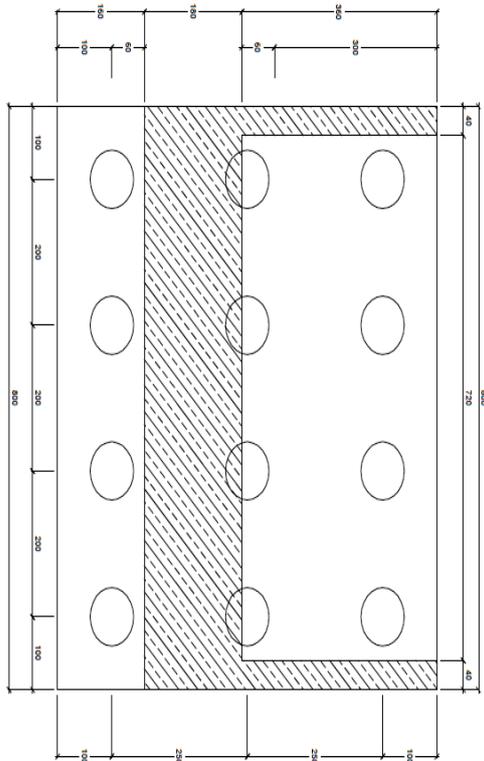


Gambar 3.2 Potongan Gambar Jembatan

(Sumber: Dinas PU Nias Barat, 2016)



Gambar 3.3. Penulangan Abutmen Jembatan
(Sumber: Dinas PU Nias Barat, 2016)



Gambar 3.4 Detail Pondasi Abutmen
(Sumber: Dinas PU Nias Barat, 2016)

1. Perhitungan Daya Dukung Pondasi
Daya dukung pondasi dihitung dengan menggunakan metode Meyerhoff dengan menggunakan data Sondir (CPT). Adapun lokasi yang ditinjau adalah pada titik S-1. Kedalaman rencana adalah pada kedalaman 7m.
2. Perhitungan Efisiensi Tiang Group
Efisiensi kelompok tiang dihitung dengan menggunakan metode Converse Labarre.
3. Perhitungan Beban Jembatan
Beban-bahan yang bekerja pada jembatan dihitung sesuai dengan Peraturan Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya Tahun 1987.
4. Stabilitas Abutmen
 - a) Stabilitas Terhadap Guling
 - b) Stabilitas Terhadap Geser
 - c) Stabilitas Terhadap Daya Dukung

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Daya Dukung Pondasi

4.1.1 Daya Dukung Pondasi Tunggal Menggunakan Data Sondir

4.1.1 Nilai q_c diambil rata-rata seperti pada tabel 4.1 adalah sebagai berikut. Nilai q_c diambil rata-rata seperti pada tabel 4.1 adalah sebagai berikut.

$$q_{c1} = \frac{60+80+100+125+125+130+170+201}{9}$$

$$= 134 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{c2} = 215$$

$$q_c = \frac{134+215}{2}$$

$$= 174.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (80)^2$$

$$= 5024 \text{ cm}^2$$

$$K_{11} = \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 80$$

$$= 251,2 \text{ cm}$$

Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang menurut Meyerhof adalah sebagai berikut:

$$Q_c = 174.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tahanan ujung sondir pada titik S-1 kedalaman 6,00 m)}$$

$$A_p = 5024 \text{ cm}^2 \text{ (luas penampang tiang)}$$

$$JHL = 274 \text{ kg/cm (jumlah hambatan lekat pada sondir titik S-1)}$$

$$K_{11} = 251,2 \text{ cm (keliling tiang)}$$

$$\text{Maka } Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{11}) \\ = (174.5 \text{ kg/cm}^2 \times 5024 \text{ cm}^2) + (274 \text{ kg/cm} \times 251,2 \text{ cm})$$

$$= 876688 \text{ kg} + 68828.8 \text{ kg}$$

$$= 945516.8 \text{ kg} = 945.517 \text{ Ton}$$

Faktor Aman:

$$Q_i = \frac{174.5 \text{ kg/cm}^2 \times 5024 \text{ cm}^2}{3} + \frac{274 \text{ kg/cm} \times 251,2 \text{ cm}}{5} \\ = 305995.093 \text{ kg} \\ = 305.995 \text{ Ton}$$

4.2 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Menggunakan Metode Converse

Labarre:

$$E_g = 1 - \theta \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$q = \arctg$$

$$m = 4$$

$$n = 3$$

$$D = 80 \text{ cm}$$

$$S = 250 \text{ cm}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{80}{250} \right) = 17,74^\circ$$

$$E_g = 1 - 17,74 \times \frac{(3-1)4 + (4-1)3}{90 \cdot 4 \cdot 3} \\ = 0,72$$

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = E_g \times n \times Q_i \\ = 0,72 \times 12 \times 305.995 \\ = 2643.797 \text{ Ton}$$

Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan pada jembatan ini mencakup perhitungan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Peraturan pembebanan yang digunakan adalah PPPJR 1987.

Perhitungan Gelagar Memanjang

Pembebanan Gelagar Memanjang

I. Gelagar Tengah

a) Beban Mati

$$\text{Berat Plat Lantai} = 1.5 \text{ m} \times$$

$$0.25 \text{ m} \times 2.4 \text{ Ton} / \text{m}^3 =$$

$$0.9 \text{ Ton} / \text{m}$$

$$\text{Berat Aspal} = 1.5 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times$$

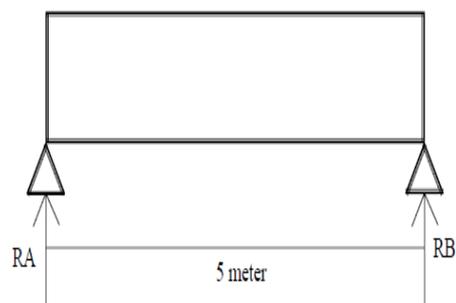
$$2.3 \text{ Ton} / \text{m}^3 = 0.69 \text{ Ton} / \text{m}$$

$$\text{Berat sendiri Profil WB60 (400.400.16)}$$

$$= 0.86 \text{ Ton} / \text{m}$$

$$DL = 2.45 \text{ Ton} / \text{m}$$

Reaksi tumpuan pada gelagar tengah dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Reaksi Tumpuan

$$R_A = R_B = (5 \text{ m} \times 2.45 \text{ Ton/m}) / 2 = 6.125 \text{ Ton}$$

Gelagar yang Letaknya di Tepi

a) Berat pelat beton

$$= 0.675 \times 0.15 \text{ m} \times 2.4 \text{ ton} / \text{m}^2$$

$$= 0.243 \text{ Ton} / \text{m}$$

b) Berat profil (IWF 250.125)

$$= 0.03 \text{ Ton} / \text{m}$$

c) Berat tembok pembatas

$$= 0.76 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 2.4 \text{ Ton} / \text{m}^3$$

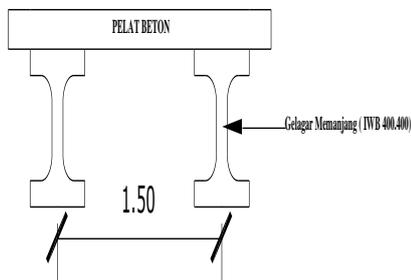
$$= 2.736 \text{ Ton} / \text{m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{DL} &= \text{berat plat} + \text{berat sendiri profil} \\
 &\quad + \text{berat tembok pembatas} \\
 &= 0.243 \text{ T / m} + 0.03 \text{ T / m} + 0.21 \\
 &\quad \text{T / m} + 2.736 \text{ T / m} \\
 &= 3.009 \text{ Ton / m}
 \end{aligned}$$

Reaksi Perletakan:

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} (5 \times 3.009) = 7.523 \text{ Ton}$$

Gelagar memanjang berjarak 1.5m dan memiliki bentang 5m dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Gambar Profil Gelagar Memanjang

b) Beban Hidup

Berdasarkan PPPJJR 1987, beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” dan beban “P” per jalur lalu lintas.

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien Kejut (K)} &= 1 + \frac{20}{50+l} = \\
 1 + \frac{20}{(50+60)} &= 1.18
 \end{aligned}$$

- Di dalam jalur:

Beban Merata (PPPJJR hal.7.2.4.a)

Untuk $30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 q &= 2.2 - 1.1/60 (L - 30) \text{ ton / m} \\
 q &= 2.2 - 1.1/60 (60 - 30) \text{ ton / m} \\
 &= 1.65 \text{ ton / m}
 \end{aligned}$$

Koefisien kejut = 1.18

PPPJJR hal.8c:

$$\text{Beban Terbagi rata} = \frac{q}{2.75} \text{ ton / m}$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P}{2.75} \text{ ton}$$

PPPJJR hal.19.a: Beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban Terbagi rata: } q = \frac{q}{2.75} \times \alpha \times S \text{ ton/m}$$

$$\text{Beban garis } P = \frac{P}{2.75} \times \alpha \times S \text{ ton}$$

Dimana :

S = jarak gelagar yang berdekatan (dari sumbu ke sumbu)

$\alpha = 0.75$ bila kekuatan gelagar melintang diperhitungkan

$\alpha = 1.00$ bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan

Beban Merata:

$$q_1 = \frac{q}{2.75} \times 1 = 1.65 / 2.75 \times 1.5 = 0.9 \text{ ton / m}$$

Beban Garis:

$$P = 12 \text{ Ton / lajur}$$

$$P = \frac{P}{2.75} \times 1 \times K$$

$$= \frac{12}{2.75} \times 1.5 \times 1.18 = 7.72 \text{ Ton}$$

Di luar jalur:

Beban Merata:

$$q_2 = 0.5 \times \frac{q}{2.75} \times 1 = 0.5 \times \left(\frac{1.65}{2.75}\right) \times 1.5 = 0.45 \text{ ton / m}$$

Beban Garis:

$$P = 12 \text{ Ton / lajur}$$

$$P = 0.5 \times \left(\frac{P}{2.75}\right) \times 1 \times K$$

$$= 0.5 \times \left(\frac{12}{2.75}\right) \times 1.5 \times 1.18$$

$$= 3.86 \text{ Ton}$$

Beban Hidup Pada trotoar:

$Q = 500 \text{ kg/m}^2$, menurut peraturan dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar, pengaruh muatan hidup pada trotoar diperhitungkan 60% lebar trotoar. Lebar trotoar 0.5m jadi:

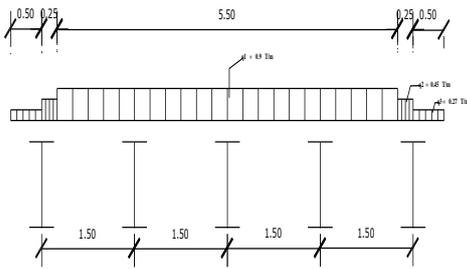
$$q_3 = 60 \% \times Q \times l$$

$$= 60 \% \times 500 \text{ kg / m}^2 \times 0.90 \text{ m}$$

$$= 0.27 \text{ ton/m}$$

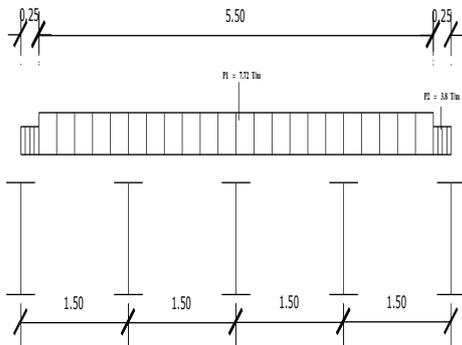
Untuk sketsa pembebanan beban merata (q) pada gelagar memanjang dapat

dilihat pada gambar 4.3 berikut ini.



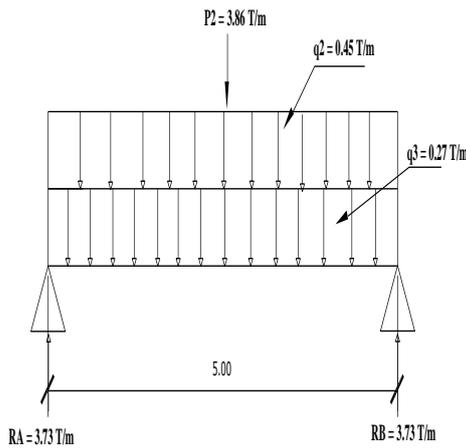
Gambar 4.3 Gambar sket pembebanan q pada gelagar

Untuk sketsa pembebanan beban garis (P) pada gelagar memanjang dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Gambar sket pembebanan P pada gelagar

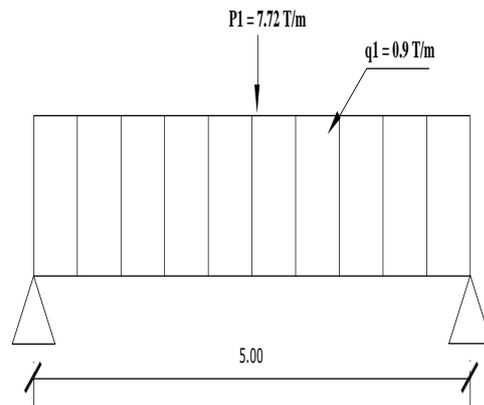
Untuk sketsa pembebanan gelagar memanjang bagian tepi dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Pembebanan gelagar memanjang bagian tepi

$$R_A = R_B = \left(\frac{1}{2} \times 3.86 \right) + \left\{ \frac{1}{2} \times (0.45 + 0.27) \times 5 \right\} = 3.73 \text{ Ton}$$

Untuk sketsa pembebanan gelagar memanjang bagian tepi dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Pembebanan gelagar memanjang bagian tengah

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} (7.72 \text{ T}) + \frac{1}{2} (5 \text{ m} \times 0.9 \text{ T/m}) = 6.11 \text{ T}$$

Perhitungan Gelagar Melintang

Gelagar melintang memiliki bentang 6.8 m

Pembebanan Gelagar Melintang:

1. Beban Mati

a. Berat sendiri profil

$$(IWB. 450.200.12) = 136 \text{ kg / m} = 0.136 \text{ T / m}$$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \times (0.136 \times 7) = 0.476 \text{ Ton}$$

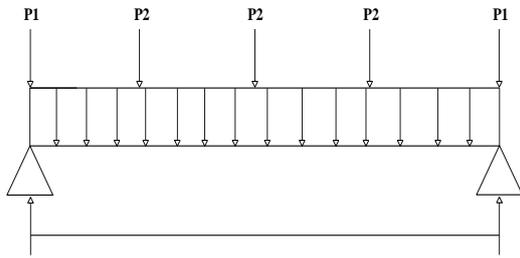
b. Akibat beban dari gelagar memanjang (P)

Semua beban pelat beton dan beban lalu lintas setelah ditumpu oleh gelagar memanjang kemudian dialirkan melalui gelagar melintang ini sehingga gelagar melintang menahan beban akibat reaksi dari gelagar memanjang.

Untuk pembebanan gelagar melintang akibat beban mati gelagar memanjang dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini.

$$P1 = 3.73 \text{ Ton}$$

$$P2 = 6.11 \text{ Ton}$$



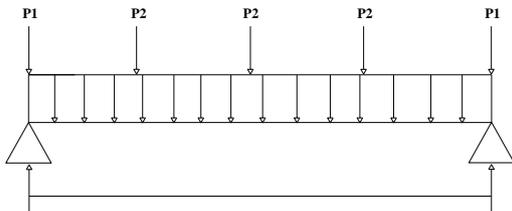
Gambar 4.7 Pembebanan gelagar melintang akibat beban mati gelagar memanjang

$$R_A = R_B = (2 \times \frac{1}{2} \times 6.11) + (2 \times \frac{1}{2} \times 3.73) = 9.84 \text{ Ton}$$

Beban Hidup : Untuk pembebanan gelagar melintang akibat beban hidup gelagar memanjang dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini.

$$P1 = 3.73 \text{ Ton}$$

$$P2 = 6.11 \text{ Ton}$$



Gambar 4.8 Pembebanan gelagar melintang akibat beban hidup gelagar memanjang

$$R_A = R_B = (2 \times \frac{1}{2} \times 3.73) + (2 \times \frac{1}{2} \times 6.11) = 9.84 \text{ Ton}$$

Beban ultimit gelagar melintang:

$$P_{U1} = 1.2 P_{DL1} + 1.6 P_{LL1}$$

$$= 1.2 (3.73) + 1.6 (3.73)$$

$$= 10.444 \text{ Ton}$$

$$P_{U2} = 1.2 P_{DL2} + 1.6 P_{LL2}$$

$$= 1.2 (6.11) + 1.6 (6.11)$$

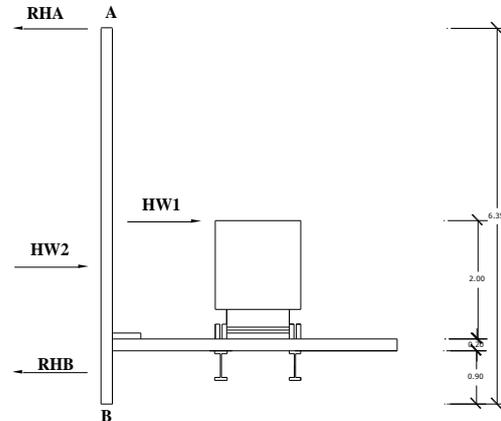
$$= 17.108 \text{ Ton}$$

$$R_A = R_B = (2 \times \frac{1}{2} \times 10.444) + (2 \times \frac{1}{2} \times 17.108) = 27.552 \text{ Ton}$$

4.4.3 Perhitungan Ikatan Angin

Beban angin = 150 kg / m² (PPPJR, 1987 hal 13). Untuk jembatan

rangka luas sisi jembatan yang terkena angin diambil 30% dari luas sisi jembatan. Tinggi jembatan = 6.35 m.



Gambar 4.9 Pembebanan Angin

A. Gaya angin pada sisi rangka jembatan

$$HW1 = 30\% \times qW \times A$$

$$= 30\% \times 150 \times \left\{ \frac{1}{2} \times (60 + 55) \times 6.35 \right\}$$

$$= 16430.62 \text{ kg}$$

Gaya angin pada muatan hidup setinggi 2m

$$HW2 = qW \times A$$

$$= 150 \times 2 \times 60$$

$$= 18000 \text{ kg}$$

B. Gaya pada pertambahan angin atas

$$\sum MB = 0$$

$$(HW1 \times \frac{1}{2} \times 5) - R_{HA} \times 6.35 = 0$$

$$(16430.62 \times 2.5) - 6.35 R_{HA} = 0$$

$$R_{HA} = 41076.55 / 6.35 = 6468.74 \text{ kg}$$

Reaksi tumpuan ikatan angin atas:

$$R = 6468.74 \text{ kg} / 2 = 3234.37 \text{ kg}$$

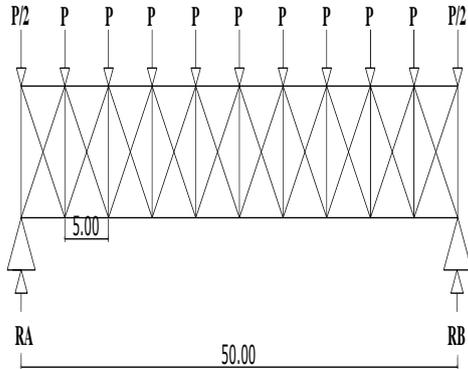
Pada 1 buhul: $P = 1/11 \times 3234.37 \text{ kg} = 294.03 \text{ kg}$

Pada buhul tepi = $\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \times 294.03 = 147.01 \text{ kg}$

C. Ikatan Angin Atas

Ikatan angin atas merupakan konstruksi rangka yang berfungsi

untuk menahan kestabilan struktur rangka jembatan akibat pembebanan horizontal angin pada bagian atas rangka jembatan.



Gambar 4.10 Ikatan Angin Atas

$$RA = RB = 11631.1 \text{ kg}$$

$$P = 1057.83 \text{ kg}$$

$$P / 2 = 133.6 \text{ kg}$$

4.4.4 Pembebanan Rangka Baja

1. Ikatan angin atas

a. Terdiri dari profil L 90.90.9:

$$= 2 \times 11 \left\{ \sqrt{(5^2 + 7^2)} \right\} \times 2 \times 108.29 = 40988.01 \text{ kg} = 40.98 \text{ Ton}$$

Setiap rangka baja menerima beban sebesar $= \frac{40.98}{2} = 20.49 \text{ Ton}$

$$\text{Pada 1 buhul} = P1 = \frac{20.49}{10} = 2.049 \text{ Ton}$$

$$\text{Pada ujung buhul} = \frac{P1}{2} = \frac{2.049}{2} = 1.024 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Reaksi Tumpuan} &= R1 \\ &= \frac{1}{2} (11 \times 2.049) = 11.269 \text{ Ton} \end{aligned}$$

b. Berat pipa sandaran

$$= 60 \% \times 500 \text{ kg} / \text{m}^2 \times 0.90 \text{ m} = 0.27 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} W1 &= 11.269 + 0.27 \\ &= 11.539 \text{ Ton} \end{aligned}$$

c. Berat Rangka Baja

Ditaksir

$$\begin{aligned} q &= (20 + 3L) b \\ &= (20 + 3 \times 50) 7 \text{ m} \\ &= 1190 \text{ kg} / \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= 2 \times q \times l \\ &= 2 \times 1190 \text{ kg} / \text{m} \times 60 \\ &= 142800 \text{ kg} \\ &= 142.8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{tot} &= W1 + W2 \\ &= 11.539 \text{ Ton} + 142.8 \\ &= 154.339 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Setiap rangka baja menerima beban sebesar $= 154.339 / 2 = 77.169 \text{ Ton}$

Reaksi Tumpuan (R2):

$$\begin{aligned} (R2) &= \frac{1}{2} \times 77.169 \text{ Ton} \\ &= 38.584 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4.4.5 Akibat beban dari gelagar melintang

a. Beban mati

Reaksi dari gelagar melintang:

$$(R) = 9.84 \text{ Ton}$$

Reaksi pada tumpuan:

$$(R3) = \frac{1}{2} \times (13 \times 9.84 \text{ Ton}) = 63.96 \text{ Ton}$$

b. Beban hidup

Reaksi dari gelagar melintang:

$$R = 9.84 \text{ Ton}$$

Reaksi Pada tumpuan:

$$\begin{aligned} (R4) &= \frac{1}{2} \times (13 \times 9.84) \\ &= 63.96 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Total Reaksi pada perletakan (tumpuan):

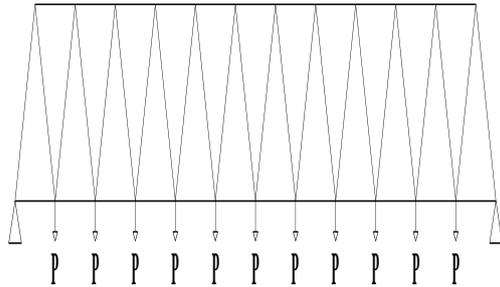
- Reaksi tumpuan akibat beban mati:

$$\begin{aligned} R_{tot} &= R1 + R2 + R3 \\ &= 11.269 + 38.584 + 63.96 \\ &= 113.813 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Reaksi tumpuan akibat beban hidup

$$R_{tot} = 63.96 \text{ Ton}$$

Reaksi dari gelagar melintang akibat beban hidup + beban mati dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11 Reaksi Dari Gelagar Melintang akibat Beban Hidup + Beban Mati

5.1 Kesimpulan

Panjang total jembatan dalam perencanaan jembatan ini adalah 60 m. Dari evaluasi perencanaan jembatan didapatkan beberapa kesimpulan dibawah ini adalah sebagai berikut.

- 1) Perhitungan daya dukung tiang tunggal didapatkan $Q_i = 305.995$ Ton.
- 2) Perhitungan efisiensi tiang group menggunakan metode Converse Labarre didapatkan $E_g = 0,72$.
- 3) Pada gelagar memanjang menggunakan profil WB60 (400.400.16), pada gelagar melintang menggunakan profil IWB. 450.200.12 dan pada gelagar ditepi (trotoar) menggunakan profil (IWF 250.125).
- 4) Pada pembebanan jembatan di dapatkan akibat beban hidup sebesar 113.813 Ton dan akibat beban mati sebesar 63.96 Ton.
- 5) Pada pembebanan abutmen menggunakan pondasi tiang bored pile.
- 6) Bored pile menggunakan diameter 0.8 m dan panjang 7 m.
- 7) Menghitung Stabilitas Abutmen didapatkan:

- a) Kontrol Terhadap Guling:
2493.727 Ton > 553.641 Ton
....OK !!!
- b) Kontrol Terhadap Geser:
47.262 > 2 aman
- c) Kontrol Terhadap Daya Dukung:
 $\sigma_{min} = 10.272$ T / m² dan $\sigma_{max} = 63.961$ T/m²
- d) Evaluasi kapasitas grup tiang =
2643.797 Ton > 2195.269 Ton
..... OK!

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J.E . (1986). Analisis dan Desain Pondasi jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.-(1986). Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah. Erlangga. Jakarta.

Bowles, J.E.-(1988). Foundation analysis and Design, 4th Edition. McGraw – Hill. -(1991). Analisis Dan Desain Pondasi Jilid 1. Erlangga. Jakarta. -(1997). Analisis Dan Desain Pondasi Jilid II. Erlangga. Jakarta.

Broms, B. B. (1964), The Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils, Journal of the Soil Mechanics Divisions, ASCE, Vol. 90, No SM3.

Hardiyatmo, H. C. 2010, Analisis dan Perancangan Pondasi, Bagian II, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.

H. C. 2002, Teknik Pondasi 1, Edisi Kedua, Beta Offset, Perum FT, UGM, No.3, Seturan YK, Indonesia.

Meyerhof, G. G. (1983). Scale effects of ultimate pile capacity. J Geotech Eng 109:797–806.

G. G. (1956). Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils. ASCEJ Soil Mech Found Div 82:866–1019.

PPPJR, 1987, Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya dan Brigde Management System, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta