

PERENCANAAN ULANG FONDASI TIANG PANCANG PADA ABUTMENT JEMBATAN JALAN PLANJAN – BARON – TEPUS YOGYAKARTA

Brian Muhammad Rizky^{1,*}, Dandung Novianto², Taufiq Rochman³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang ¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang ², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang ³

Email: brianmrizky@gmail.com ¹, dandung.novianto@polinema.ac.id ², taufiq.rochman@polinema.ac.id ³

ABSTRAK

Tujuan dari skripsi ini adalah menghitung beban struktur atas bangunan, menghitung daya dukung fondasi, menghitung penurunan fondasi, menentukan dimensi fondasi, menentukan metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya fondasi. Pada Jembatan Baron-Tepus Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta memiliki 3 bentang dengan masing-masing bentang sepanjang 41 m dan menggunakan pondasi tiang bor dengan panjang kedalaman 23 m dan diameter 1 m pada abutment, direncanakan ulang menggunakan menggunakan pondasi tiang pancang dengan kedalaman 15 m dan diameter 0,8 m menggunakan data tanah SPT sebagai data perhitungan. Perhitungan pembebanan struktur atas bangunan mengacu pada SNI 1725-2016 dan dianalisa menggunakan *software* *Staad.ProV8i 2019*, dengan memperhitungkan beban gempa yang mengacu pada SNI 2833-2016. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan data tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan analisis harga satuan pekerjaan Perbup Gunungkidul No.13 tahun 2022. Hasil analisa didapatkan nilai daya dukung kelompok tiang 23209,720 kN dengan jumlah 10 tiang dengan nilai penurunan kelompok tiang 0,023 cm. Tulangan beton pengisi 10 D54 dan tulangan geser Ø10-150 mm. rencana anggaran biaya untuk fondasi tiang pancang dan pilecap sebesar Rp 2.496.145.963,33.

Kata kunci : N-SPT; daya dukung; tiang pancang; metode pelaksanaan; RAB

ABSTRACT

*The purpose of this thesis is to calculate the load on the superstructure of the building, calculate the bearing capacity of the foundation, calculate the settlement of the foundation, determine the dimensions of the foundation, determine the implementation method and the foundation cost budget plan. The Baron-Tepus Bridge in Gunungkidul Regency, Yogyakarta has 3 spans with 41 m long each and using drill pile foundations with a depth of 23 m and a diameter of 1 m on the abutment, it was re-planned using pile foundations with a depth of 15 m and a diameter of 15 m. 0.8 m using SPT soil data as calculation data. The calculation of the loading of the structure on the building refers to SNI 1725-2016 and analyzed using the *Staad.ProV8i 2019* software, taking into account the earthquake load which refers to SNI 2833-2016. Calculation of the bearing capacity of the foundation using soil data SPT (*Standard Penetration Test*). The calculation of the budget plan uses the analysis of the unit price of the work of the Gunungkidul Regency Regulation No. 13 of 2022. The results of the analysis showed that the carrying capacity of the pile group was 23209,720 kN with a total of 10 piles with a settlement value of 0.023 cm in the pile group. Filling concrete reinforcement 10 D54 and shear reinforcement 10-150 mm. the budget plan for the pile foundation and pilecap is Rp 2,496,145,963.33.*

Keywords : N- SPT; bearing capacity; pile; implementation method; RAB

1. PENDAHULUAN

Jembatan Baron-Tepus memiliki 3 bentang yang dimana masing-masing bentang memiliki panjang 41 m dengan total panjang sebesar 123 m. Konstruksi fondasi pada proyek

jembatan tersebut menggunakan fondasi tiang bor dengan dimensi tiang berdiameter 1 m dengan panjang 23 m. Alasan dilakukan perencanaan ulang dengan fondasi tiang pancang ditinjau dari lokasi proyek yang mana tidak berdekatan

dengan pemukiman sehingga polusi suara dan getaran tidak akan mengganggu serta mobilisasi tidak sesulit pada kawasan pemukiman, maka sebagai alternatif design pada penulisan ini menggunakan jenis fondasi tiang pancang.

Tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan ulang fondasi tiang pancang pada abutment jembatan Baron-Tepus adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat menghitung beban struktur atas bangunan.
- 2) Dapat menentukan daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang berdasarkan data N-SPT.
- 3) Dapat menentukan dimensi fondasi tiang pancang.
- 4) Dapat menentukan penurunan fondasi tiang pancang.
- 5) Dapat menentukan metode pelaksanaan fondasi tiang pancang.
- 6) Dapat menentukan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan fondasi tiang pancang.

2. METODE

Tahapan dalam penulisan perencanaan fondasi yang akan digunakan meliputi:

1) Persiapan

Dengan mencari informasi mengenai data yang diperlukan untuk perencanaan ulang fondasi tiang pancang, serta mempelajari segala informasi atau sitasi yang dibutuhkan dalam penulisan ini seperti buku, jurnal, maupun SNI perencanaan konstruksi.

2) Data

- a. Data hasil pengujian tanah (SPT)
- b. Data gambar *shop drawing*
- c. Data HSPK Perbup. Gunungkidul No.13 tahun 2022

3) Pengolahan data

- a. Perhitungan pembebanan struktur atas jembatan
- b. Perhitungan stabilitas abutment
- c. Perencanaan fondasi tiang pancang abutment

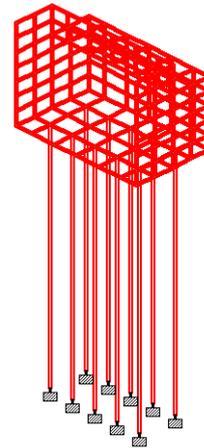
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pembebanan Pada Abutment

Dianalisa menggunakan *software StaadProV8i* untuk mengetahui beban yang diterima oleh abutment. Dengan peraturan yang mengacu pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan struktur untuk jembatan dimana beban-beban tersebut meliputi beban permanen, beban lalu lintas, beban tekanan tanah, beban aski lingkungan, dan beban gesek pada perletakan. Dengan uraian sebagai berikut:

a. Beban sendiri struktur

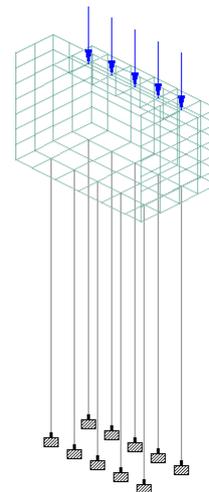
Besarnya beban sendiri dari abutment ini didapat dari berat masing-masing material penyusun struktur yang secara otomatis terhitung oleh *software Staad.ProV8i*.



Gambar 1

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan berupa beban-beban mati dari struktur atas seperti beban air hujan, beban aspal dan lain-lain. Beban tersebut didapat dari volume beban dikalikan dengan berat jenis komponen.



Gambar 2

c. Beban tekanan tanah

Gaya akibat tekanan tanah yaitu akibat tekanan tanah dengan data tanah sebagai berikut:

Koefisien tekanan tanah aktif (K_a)

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_a \cdot h^2 \cdot b$$

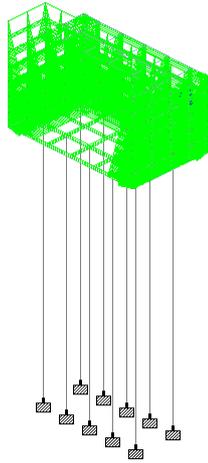
$$P_{soil} = \frac{p_a}{(0,5 \cdot h \cdot b)}$$

Dimana:

P_a = tekanan tanah aktif

γ = tanah urug

ϕ = sudut geser



Gambar 3

d. Beban lalu lintas

- Beban lajur D

Beban terbagi rata (BTR)

$$q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

Beban garis terpusat (BGT)

$$q = 49,0 \text{ kN/m}$$

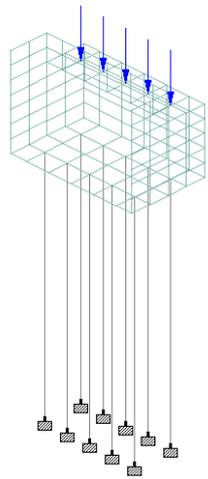
- Beban pejalan kaki TP

$$q_{(TP)} = 5 \text{ kN/m}^2 \times \text{jumlah trotoar} \times \text{luas trotoar}$$

- Beban rem TB

25% dari berat gandar truk desain

5% dari berat truk + beban terbagi rata



Gambar 4

e. Beban angin

Beban angin (pada struktur) harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin.

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

V_{DZ} = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana

V_o = kecepatan gesekan angin

Z_o = panjang gesekan di hulu jembatan

Z = elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung

V_B = kecepatan angin rencana 90 – 126 km/jam

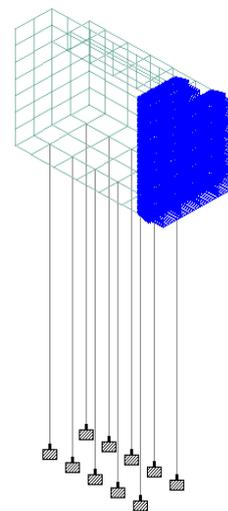
V_{10} = kecepatan angin pada elevasi 10 m diatas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana 90 – 126 km/jam

Maka untuk beban angin pada struktur dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

Dimana:

P_B = tekanan angin dasar



Gambar 5

f. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

$$T = 2 \times \pi \sqrt{\frac{W}{g \cdot k}}$$

Dimana:

T = waktu periode getar

W = berat struktur

k = konstanta kekakuan

g = nilai gravitasi

Maka untuk menghitung beban gempa dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

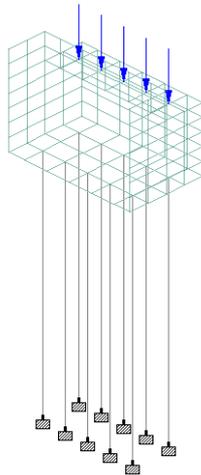
Dimana:

E_Q = gaya gempa horisontal statis

C_{sm} = koefisien respons elastik

R = faktor modifikasi respons

W_t = berat total struktur

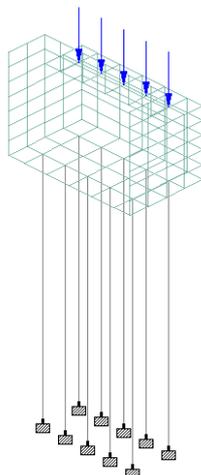


Gambar 6

g. Beban gesekan pada perletakan

Beban gesekan pada perletakan dihitung menggunakan beban tetap dan dikalikan dengan koefisien gesekan ($\mu = 0,15$).

$$BF = \mu \times \text{Beban mati struktur atas}$$



Gambar 7

2) Kontrol Stabilitas Abutment

Kontrol stabilitas abutment perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur bawah jembatan atau abutment untuk mengetahui kekuatan dari struktur abutment tersebut.

a. Faktor terhadap stabilitas guling

Faktor aman abutment akibat terhadap penggulingan (F_{gl}), dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_{gl} = \frac{\sum V.X}{\sum H.Y} \geq FK (2,0)$$

b. Faktor terhadap stabilitas geser

Faktor aman abutment akibat terhadap pergeseran (F_{gs}), dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_{gs} = \frac{tg.\phi. \sum V + c.A}{\sum H} \geq FK (1,5)$$

c. Kontrol terhadap stabilitas daya dukung tanah

Faktor aman abutment akibat terhadap daya dukung tanah, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$e = \left[\frac{B}{2} - \frac{\sum VX - \sum HY}{\sum V} \right] \leq \frac{B}{6}$$

Maka untuk faktor aman abutment akibat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \frac{\sum V}{L.B} \times \left(1 + \frac{6.e}{B} \right) \leq Q_{ijin}$$

3) Perencanaan Fondasi

a. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit tiang (Q_u) dan kapasitas daya dukung ijin tiang (Q_{all}) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Sehingga:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

- Q_u = kapasitas tiang dalam kondisi batas
- Q_p = kapasitas ujung tiang dalam kondisi batas
- Q_s = kapasitas friksi tiang dalam kondisi batas
- Q_{all} = daya dukung ijin tiang
- SF = faktor keamanan, diambil 2,5 – 4

b. Daya dukung ujung tiang (Mayerhoff 1976)

$$q_p = 40.N_{60}.(L/D) \leq 400 N_{60}$$

Sehingga,

$$Q_p = A_p.q_p$$

Dimana:

- A_p = luas penampang tiang
- N_{60} = nilai N-SPT rata-rata pada 10.D di atas dan 4.D di bawah ujung tiang
- L = panjang tiang
- D = diameter tiang

c. Daya dukung selimut tiang (Mayerhoff 1976)

$$Q_s = P.L.f_{av}$$

Dimana:

- F_{av} = unit friksi tiang rata-rata
- P = keliling tiang
- L = panjang tiang

Dengan $f_{av} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 2\bar{N}_{60}$

d. Penentuan jumlah tiang pada kelompok

$$n = \frac{Q_v}{Q_u}$$

Dimana:

Q_v = Beban vertikal yang berkerja

Q_u = Kapasitas ultimit tiang

e. Jarak antar tiang

Pada jenis tanah tertentu, seperti tanah pasir padat, tanah plastis, lanau jenuh dan lainnya, jarak tiang yang terlalu dekat menyebabkan bahaya gerakan tanah secara lateral dan pengembangan tanah. Pada pasir tidak padat, jarak yang dekat lebih disukai karena pemancangan dapat memadatkan tanah disekitar tiang. Untuk itu disarankan agar jarak antara tiang dalam kelompok mempunyai jarak minimum $d = 2,5D$, dan secara umum jarak ini dibuat antara $d = 3 - 3,5D$ dengan D adalah diameter tiang.

f. Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \theta \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m.n} \right)$$

Dimana:

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

θ = $\text{Arc tan } \frac{d}{s} \text{ (}^\circ\text{)}$

d = diameter tiang

s = jarak antar tiang

Maka untuk menghitung kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_g = E_g . n . Q_{all}$$

Dimana:

Q_g = Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang

n = Jumlah tiang dalam kelompok

E_g = nilai efisiensi kelompok tiang

g. Distribusi beban pada tiang

- Beban sentris

$$Q_p = \frac{Q_v}{n}$$

Dimana:

Q_v = beban total vertical

n = jumlah tiang dalam kelompok tiang

- Beban eksentris

$$Q_i = \frac{Q_v}{n} + \frac{M_y . x_i}{\sum x^2} + \frac{M_x . y_i}{\sum y^2}$$

Dimana:

Q_i = Reaksi tiang atau beban aksial tiang ke-i

Q_v = Jumlah gaya – gaya vertical

n = Jumlah tiang dalam kelompok

x_i, y_i = Jarak se arah sumbu – x atau sumbu – y dari pusat berat kelompok tiang ke tiang nomer - 1.

$\sum x^2, \sum y^2$ = Jumlah kuadrat dari jarak tiap tiang ke pusat kelompok tiang.

e_x, e_y = Eksentrisitas searah sumbu – x atau sumbu – y.

$M_x, M_y = e_x . V \text{ atau } e_y . V$ / jumlah momen terhadap sumbu – x atau sumbu – y.

h. Daya dukung ijin horizontal

daya dukung ijin horizontal tiang pancang dapat dihitung dengan persamaan metode Broms (1964).

$$H_u = 9 . C_u . D . \left(L_p \frac{3.D}{2} \right)$$

$$M_{maks} = H_u . \left(\frac{L_p}{2} + \frac{3.D}{2} \right)$$

Jika $M_{maks} > M_y$ maka tiang termasuk tiang panjang, dimana H_u dinyatakan oleh persamaan:

$$H_u = \frac{2 M_y}{\frac{3D}{2} + \frac{L}{2}}$$

Dimana:

$$f = \frac{H_u}{9 . C_u . D}$$

Untuk mencari kolerasi atau hubungan antara nilai penetrasi standar (N- SPT) dengan undrained shear strength (C_u) Menurut pendekatan Stroud (1974).

$$C_u = k \times N$$

Dimana:

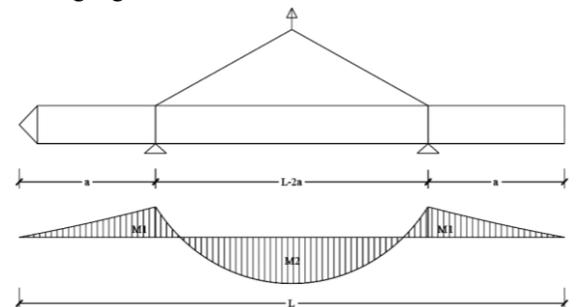
K = nilai rata-rata konstanta (3,5 - 6,5)

N = Nilai SPT

i. Pengangkatan tiang sesuai spesifikasi

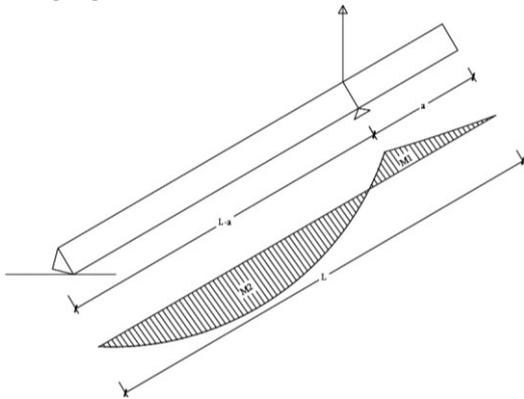
Kontrol tiang pancang terhadap proses pengangkatan dimaksudkan supaya tiang pancang tetap aman terhadap momen yang timbul yang diakibatkan oleh berat sendiri tiang pada saat proses pengangkatan. Ada dua metode untuk proses pengangkatan tiang pancang yaitu pengangkatan dua titik dan pengangkatan satu titik. Seperti yang ditampilkan pada gambar berikut:

- Pengangkatan dua titik



Gambar 8

- Pengangkatan satu titik



Gambar 9

j. Penurunan kelompok tiang (Mayerhoff 1976)

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g}$$

$$I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,50$$

Sehingga,

$$S_{g(c)} = \frac{0,96 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{\bar{N}}$$

Dimana:

- \bar{N} = Nilai SPT rata-rata pada kedalaman B_g dibawah dasar fondasi
- L_g = Panjang kelompok tiang
- B_g = Lebar kelompok tiang
- Q_g = Daya dukung kelompok tiang

4) Perencanaan Penulangan Fondasi dan Pilecap Abutment

Dengan ketentuan yang mengacu pada SNI 2847-2019 perencanaan dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Penentuan tianggi efektif penampang

$$d = h - p - D - \frac{1}{2}$$

Dimana:

- h = Tebal pile cap
- p = Tebal selimut beton
- D = Diameter tulangan

b. Menentukan momen lentur akibat beban berfaktor

Gaya aksial dan momen terfaktor maksimum diperoleh dari berbagai kombinasi pembebanan dari hasil kombinasi tipe beban (load case) yang dikalikan dengan faktor beban sesuai dengan SNI 1725-2016. Dalam penulisan ini gaya aksial dan momen terfaktor diperoleh dari hasil analisis menggunakan *StaadPro V8i*.

c. Menghitung luas tulangan

- Faktor tahanan

$$R_u = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana:

- M_u = Momen lentur akibat beban berfaktor
- b = Lebar pile cap
- d = Tinggi efektif pile cap
- ϕ = faktor reduksi senilai 0,9

- Rasio tulangan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_u}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left[\frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

Dimana:

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

f_y = tegangan leleh baja

Dengan nilai β_1 dapat ditentukan dengan ketentuan menurut SNI 2847-2019.

- Luas tulangan tarik

$$A_s = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

Dimana:

- A_s = Luas tulangan
- b = Lebar tulangan
- d = Tinggi efektif pilecap

- Luas tulangan tekan

$$A_s' = 0,50 \cdot A_s$$

- Kuat aksial penampang

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,9 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Dimana:

A_g = Luas Kolom

- Kuat geser tulangan

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dimana:

- ϕ = diameter fondasi
- f_c' = kuat tekan beton
- b = lebar penampang
- d = tinggi efektif

bila nilai $\phi V_c > V_u$, maka hanya digunakan tulangan geser praktis yaitu $\phi 10-150$ mm.

- Panjang pengisi beton

Menurut Suyono S dan Kazuto Nakazawa (1994) dirumuskan sebagai berikut:

$$L_1 = 50 \cdot \phi$$

Dimana:

ϕ = diameter tulangan longitudinal untuk pengisi beton

- Panjang penulangan jangkar

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1 \times 1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana:

λ = faktor modifikasi

ψ_t = faktor lokasi tulangan pada pengaruh posisi pengecoran

ψ_e = faktor lapisan pada pengaruh lapisan epoksi

ψ_s = factor kinerja pada diameter tulangan yang relatif kecil

K_{tr} = faktor kontribusi tulangan pengaku

C_b = yang lebih kecil dari jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan (mm).

5) Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan tiang pancang pada abutment jembatan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Penentuan titik lokasi tiang pancang
- Mobilisasi tiang pancang
- Proses penurunan tiang pancang
- Pengecatan tiang pancang
- Mobilisasi dan proses penurunan alat pancang
- Pengaturan alat pancang
- Proses Pemancangan tiang
- Penulangan isi beton dan pengecoran
- Pemasangan tulangan pilecap dan pengecoran

6) Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB dapat dihitung dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan lalu dikalikan dengan harga satuan pekerjaan sehingga didapatkan jumlah biaya pekerjaan. Dalam penulisan ini perhitungan rencana anggaran biaya didari oleh Perbup Gunungkidul No.13 tahun 2022 dibatasi hanya untuk pelaksanaan fondasi.

4. KESIMPULAN

- Nilai beban struktur atas bangunan menggunakan hasil analisis *StaadProV8i* yang telah terkombinasi. Untuk perencanaan fondasi didapat beban aksial dari fondasi adalah 13767,795 kN dari kombinasi beban KUAT III.
- Daya dukung ijin tiang tunggal untuk fondasi tiang sebesar 3506 kN. Daya dukung kelompok tiang sebesar 23209,720 kN.
- Dimensi untuk penulangan pile cap pada tulangan bawah arah y adalah D50-600 dan untuk arah x D32-600. Tulangan bawah arah x adalah D36-300 dan

untuk arah x D25-300. Tulangan pengisi tiang 10 D54 dengan tulangan geser praktis Ø10-150 mm.

- Penurunan pada fondasi tiang pancang didapat nilai penurunan sebesar 0,023 cm.
- Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang pancang diawali dengan pekerjaan persiapan, penentuan titik pemancangan dan pengukuran, proses pemancangan, pengisian tulangan isi dan pengecoran, pembesian untuk pilecap (abutment), bekisting pada pilecap dan pengecoran.
- Perhitungan rencana anggaran biaya struktur fondasi dan pilecap pada jembatan Baron-Tepus sebesar Rp. 2.496.145.963,33.

DAFTAR PUSTAKA

- Dirgananta, M. F. (2018). Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De alencar, dan Luciano decourt.
- Setiawan, Agus (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013).
- Harsanto, C., Manoppo, F. J., & Sumampouw, J. E. R. (2015). Analisis Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile) Pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno Dengan Plaxis 3D. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(2).
- Standarisasi Nasional Indonesia 2016. SNI 1725 – 2016. Pembebanan Untuk Jembatan.
- Standarisasi Nasional Indonesia 2016. SNI 2833 – 2016. Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
- Rohadi, S. (2018). Perencanaan Struktur Bangunan Bawah Abutment Jembatan Desa Sekerat Kecamatan Bengalon Kabupaten Kutai Timur. *Kurva s jurnal mahasiswa*, 1(1), 495-511.
- Rosdiyani, T., Noor, G., & Endin, E. (2019). Perencanaan Abutmen dan Fondasi Tiang Pancang Jembatan JLS Desa Cigeblag Kota
- Erliana, N. L. (2018). Perencanaan Abutment dan Fondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Basirih 2 Banjarmasin (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika tanah II*.
- Hidayat, M. D. (2019). Perencanaan Ulang Abutment dan Fondasi Pada Jembatan Bena Baru di Kabupaten Berau Kalimantan Timur Menggunakan Klasifikasi Jembatan Kelas A (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- Wilis, W. L. (2019). Studi Alternatif Perencanaan Abutment Dan Fondasi Bored Pile Pada Jembatan Sambirejo STA 163+ 144 Tol Solo-Kertosono Fase 1 (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- Das, Braja M. (2019). *Principles of Foundation Engineering*, SI Edition 9th.

- [13] Petty, A. The determination of undrained shear strength of overconsolidated UK clays by means of Standard Penetration Test (SPT).
- [14] Broms, B. B. (1964). Lateral resistance of piles in cohesive soils. *Journal of the soil mechanics and foundations division*, 90(2), 27-63.