

ANALISIS PERENCANAAN PONDASI DINAMIS UNTUK MENDUKUNG MESIN TURBIN PADA PABRIK GULA CUKIR JOMBANG

Dynamic Foundation Design Analysis To Support The Turbine Engine At The Sugar Factory of Cukir Jombang

Ernawan Setyono¹ & Abdiyah Amudi²

^{1&2}Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat korespondensi : Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144

Abstract

Foundation plan to shore up machine load, the foundation system influenced by shaking load, the load caused by imbalance machine force and static system load (foundation and machine). Reminding the change shaking load, according to time and tempo function which long and working in repetition, it caused the structure would be difference compared with structure which accepted static load only. Foundation type used in this planning was block type foundation where in its calculation to find out the condition fulfilled dimension, using trial and error. In general, the foundation weight was the multiple times of machine weight. Direction amplitude $z = 0,127$ mm, amplitude direction $x = 0,142$ mm, amplitude direction $y = 0,19$ mm, amplitude vertical combination $= 0,0083$ rad, amplitude horizontal combination $= 0,0027$ rad and torque amplitude $= 0,00159$ rad. Dimension which able to resist the machine dynamic load by length 9,2 m, wide 4,8 m, and deep 2,8 m.

Keywords : *Dynamic Foundation, Elastic Half Space Method*

Abstrak

Perencanaan pondasi apabila harus menopang beban berupa mesin, maka sistem pondasi tersebut dipengaruhi oleh beban yang bergetar, beban ini disebabkan oleh gaya-gaya mesin yang tidak seimbang dan beban statis sistem (pondasi dan mesin). Mengingat bekerjanya beban yang bergetar tersebut berubah berdasarkan fungsi waktu dan tempo yang relatif lama dan bekerja secara berulang-ulang, maka hal ini menyebabkan kelakuan struktur akan berbeda apabila dibandingkan dengan struktur yang menerima beban statis saja. Tipe pondasi yang dipakai dalam perencanaan ini adalah tipe pondasi blok, dimana dalam perhitungannya untuk mendapatkan dimensi yang memenuhi syarat menggunakan cara coba-coba. Secara umum berat pondasi adalah sekian kali dari berat mesin. Amplitudo arah $z = 0,127$ mm, amplitudo arah $x = 0,142$ mm, amplitudo arah $y = 0,19$ mm, amplitudo kombinasi vertikal $= 0,0083$ rad, amplitudo kombinasi horizontal $= 0,0027$ rad dan amplitudo torsi $= 0,00159$ rad, Dimensi yang mampu menahan beban dinamis mesin yaitu dengan panjang 9,2 m, lebar 4,8 m dan kedalaman 2,8 m.

Kata kunci : Pondasi Dinamis, Metode Elastic Half Space

PENDAHULUAN

Pabrik gula Cukir Jombang ini merupakan salah satu pabrik yang menggunakan mesin-mesin besar. Pada pabrik tersebut telah menggunakan mesin turbin untuk menyuplai kebutuhan listrik pada pabrik tersebut. Dengan adanya mesin besar tersebut tentunya harus dipersiapkan tempat agar dalam pengoprasiannya nanti bisa lancar bagi pengguna mesin tersebut dan keamanan bagi mesin itu sendiri. Oleh sebab itu sudah barang tentu harus dibuatkan sebuah pondasi yang kuat dan aman sesuai dengan

perilaku dari pembebanannya. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapakah amplitudo yang bekerja pada pondasi pendukung mesin turbin pada pabrik gula Cukir Jombang dan berapakah dimensi pondasi sehingga memenuhi syarat-syarat perencanaan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui amplitudo yang bekerja pada pondasi pendukung mesin turbin pada pabrik gula Cukir Jombang dan untuk mengetahui dimensi pondasi sehingga memenuhi syarat-syarat perencanaan.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah perencanaan ini metode analisa dinamis yang dipakai adalah metode lumped parameter system, untuk menentukan lumped parameter system metode yang dipakai adalah metode elastis half space, Pondasi yang dipakai adalah tipe blok, dan dalam perencanaan ini tidak membahas aspek ekonomis suatu struktur karena waktu penelitian sedikit sehingga tidak mencukupi untuk membahas aspek ekonomisnya.

Analisa dan perencanaan pondasi tipe blok

- a. Sifat geometric pondasi mesin
- Pusat gravitasi

Mesin dan pondasi dapat dibagi dalam beberapa bagian massa dan bentuk gravitasi tetap, misalkan koordinat pusat gravitasi masing-masing massa elemen dihubungkan pada sumbu yang berubah-ubah (x_i, y_i, z_i) dari pusat gravitasi mesin dan pondasi didapat : (Bowles, J.E, 1993 : 55)

$$\bar{x} = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i}$$

$$\bar{z} = \frac{\sum_i m_i z_i}{\sum_i m_i}$$

Momen inersia dasar pondasi

$$I_x = \frac{B^3 L}{12}$$

$$I_y = \frac{BL^3}{12}$$

$$I_z = I_x + I_y$$

Pada saat dibebani maka gaya-gaya yang terjadi adalah sebagai berikut : (Prakash, S, 1988 : 213)

- Translasi sepanjang sumbu z (gaya vertikal)
- Translasi sepanjang sumbu x (gaya lateral)

- Translasi sepanjang sumbu y (gaya longitudinal)
- Putaran pada sumbu x (pitching)
- Putaran pada sumbu z (torsi)
- Putaran pada sumbu y (rocking)

Perhitungan Akhir Pondasi

- Analisa getaran vertical (Sidartha, 1996 : 15-28)
 - Perhitungan konstanta kekakuan

$$k_z = Gro \left(C_i + \frac{Gs.h}{G.ro} S_i \right)$$

Dimana :

G = modulus geser tanah (t/m²)

ro = radius ekuivalen (m)

h = kedalaman tertanam (m)

C_i = kohesifitas tanah

S_i = gaya geser ultimit,

- Perhitungan frekuensi natural

$$f_{nz} = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k_z}{m}}$$

Dimana :

k_z = konstanta kekakuan (t/m)

m = massa struktur pondasi (t.m/det²)

- Perhitungan amplitudo vertikal

$$A_{zd} = \frac{P_z}{k_z \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{nz}} \right)^2 \right)^2 + \left(2D_z \left(\frac{\omega}{\omega_{nz}} \right) \right)^2}}$$

Dimana :

P_z = beban dinamis (t.rad²)

D_z = redaman

k_z = konstanta kekakuan (t/m)

ω = kecepatan operasi (rad/sec)

ω_{nz} = kecepatan natural (rad/sec)

- Analisa getaran horizontal
 - Perhitungan konstanta kekakuan

$$k_x = Gro \left(C_{x1} + \frac{Gs.h}{G.ro} S_{x1} \right)$$

Dimana :

G = modulus geser tanah (t/m²)

ro = radius ekuivalen (m)

h = kedalaman tertanam (m)

C_{x1} = kohesifitas tanah

S_{x1} = gaya geser ultimit

- Perhitungan frekuensi natural

$$f_{nx} = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k_x}{m}}$$

Dimana :

K_x = konstanta kekakuan (t/m)

m = massa struktur pondasi (t.m/det²)

- Perhitungan amplitudo horizontal

$$A_{xd} = \frac{P_x}{k_x \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{nx}}\right)^2\right)^2 + \left(2D_x \left(\frac{\omega}{\omega_{nx}}\right)\right)^2}}$$

Dimana :

P_x = beban dinamis (t.rad²)

D_x = redaman

K_x = konstanta kekakuan (t/m)

\dot{u} = kecepatan operasi (rad/sec)

\dot{u}_{nx} = kecepatan natural (rad/sec)

• Analisa getaran goyangan

- Perhitungan konstanta kekakuan

$$K_y = Gro^3 \left(C_{y1} + \frac{G_s}{G} \frac{h}{ro} \left(S_{y1} + \frac{h^2}{3ro^2} S_{x1} \right) \right)$$

Dimana :

G = modulus geser tanah (t/m²)

ro = radius ekuivalen (m)

h = kedalaman tertanam (m)

C_{y1} = kohesifitas tanah

S_{y1} = gaya geser ultimit

- Perhitungan frekuensi natural

$$f_{ny} = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k_y}{m}}$$

Dimana :

K_y = konstanta kekakuan (t/m)

m = massa struktur pondasi (t.m/det²)

- Perhitungan amplitudo goyangan

$$A_y = \frac{M_y}{k_y \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{ny}}\right)^2\right)^2 + \left(2D_y \frac{\omega}{\omega_{ny}}\right)^2}}$$

Dimana :

M_y = momen inersia pada sumbu y (t.m.det²)

D_y = redaman

K_y = konstanta kekakuan (t/m)

\dot{u} = kecepatan operasi (rad/sec)

\dot{u}_{ny} = kecepatan natural (rad/sec)

• Analisa getaran kombinasi

$$k_{\phi 1} = Gro^3 \left\{ C_{\phi 1} + \left(\frac{L}{ro}\right)^2 C_{x1} + \frac{G_s}{G} \left(\frac{h}{ro}\right) S_{\phi 1} + \left(\frac{G_s}{G}\right) \left(\frac{h}{ro}\right) x \left(\frac{h^2}{3ro^2} + \frac{L^2}{ro^2} - \frac{h.L}{ro^2}\right) S_{x1} \right\}$$

$$k_{\phi 2} = -Gro \left\{ LC_{x1} + \left(\frac{G_s}{G}\right) \left(\frac{h}{ro}\right) \left(L - \frac{h}{2}\right) S_{x1} \right\}$$

Dimana :

G = modulus geser tanah (t/m²)

L = panjang pondasi (m)

ro = radius ekuivalen (m)

h = kedalaman tertanam (m)

C = kohesifitas tanah

S = gaya geser ultimit, (Sidartha, 1996 : 18)

- Perhitungan frekuensi natural

$$f^2_{\phi 1.2} = \frac{1}{2} \left(\frac{kx}{m} + \frac{k\phi}{Mm} \right) \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{kx}{m} - \frac{k\phi}{Mm} \right)^2 + \frac{kx\phi^2}{m.Mm}}$$

Dimana :

K = konstanta kekakuan (t/m)

m = massa struktur pondasi (t.m/det²)

Mm = momen inersia massa (t.m.det²)

- Perhitungan amplitudo vertikal

$$A_v = \frac{a}{2} x A_{\phi 1}$$

$$A_h = A_x + h.A_{\phi 2}$$

- Dimana :
- A_v = total amplitudo vertical
 - a = panjang pondasi
 - $A_{\theta 1}$ = amplitudo goyangan
 - A_h = total amplitudo horizontal
 - A_x = amplitudo horizontal
 - h = jarak antara pusat rotor terhadap pusat gravitasi
 - $A_{\theta 2}$ = amplitudo goyangan

- Perhitungan Daya Dukung Tanah

Pondasi yang bersandar pada tanah lempung berpasir ($\phi = 7^\circ$ dan $C = C_u$) memiliki persamaan sebagai berikut. (Das, Braja M, 1984 : 230)

$$q_u = c \cdot \lambda_{cs} \cdot \lambda_{cd} \cdot N_c + q \cdot \lambda_{qs} \cdot \lambda_{qd} \cdot N_q + \frac{1}{2} \lambda_{\gamma s} \cdot \lambda_{\gamma d} \cdot \gamma B N_\gamma$$

- Dimana :
- $\lambda_{cs}, \lambda_{qs}, \lambda_{\gamma s}$ = faktor bentuk untuk bentuk persegi
 - $\lambda_{cd}, \lambda_{qd}, \lambda_{\gamma d}$ = faktor kedalaman
 - N_c = faktor kapasitas daya dukung
 - N_q = faktor kapasitas daya dukung
 - N_γ = faktor kapasitas daya dukung
 - B = lebar pondasi (m)

Spesifikasi Generator dan Turbin

- Generator
 - Berat (W_g) = 16300 kg
 - Berat Rotor (W_r) = 4850 kg
 - Kec. Operasi (f) = 6946

- rpm = 115,77 rad/sec
- Panjang Generator = 4,1 m
- Lebar Generator = 2,5 m
- Turbin
 - Berat (W_t) = 14200 kg
 - Berat Rotor (W_r) = 500 kg
 - Kec. Operasi (f) = 8900 rpm = 148,33 rad/sec
 - Panjang Turbin = 4,1 m
 - Lebar Turbin = 4,4 m
 - Tinggi turbin = 2,8 m

Data Tanah

Kondisi tanah dibawah struktur adalah tanah lempung dan berada pada zona 4 dari peta wilayah gempa untuk Indonesia (PPTGIUG'83).

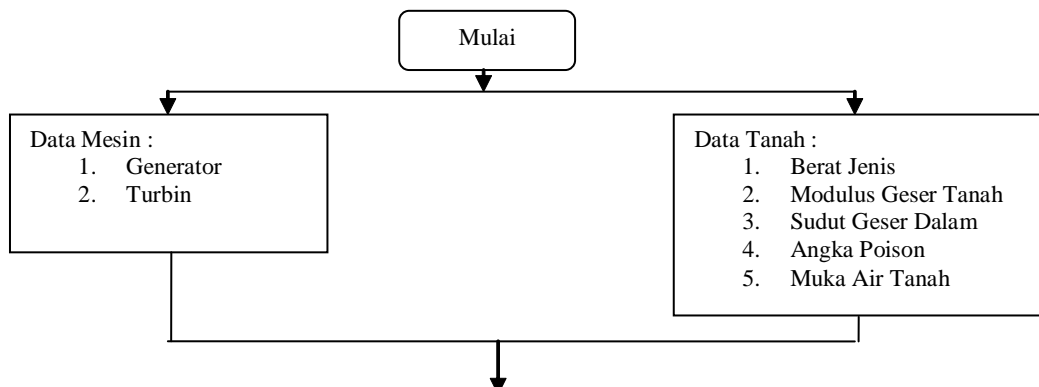
Dari pengamatan tanah diperoleh data-data sebagai berikut : (Data tanah diperoleh dari Pabrik Gula Cukir Jombang).

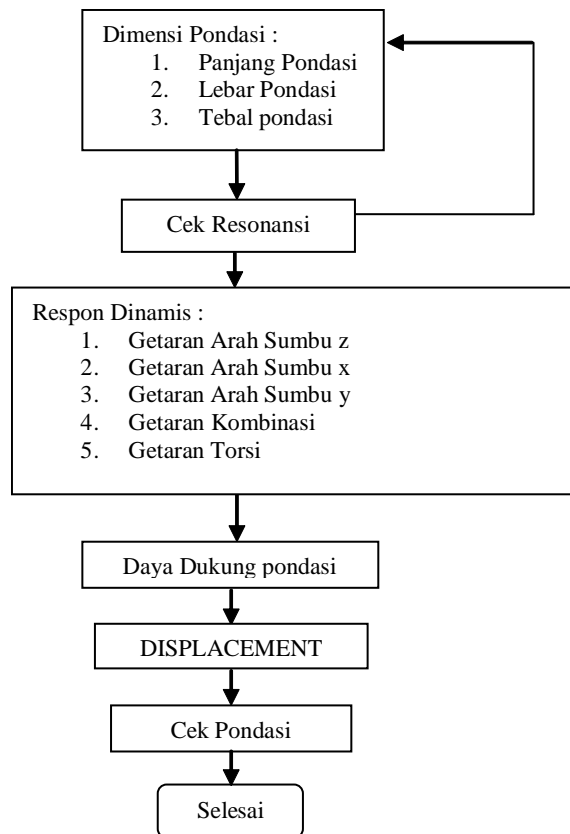
- Berat volume tanah ($\bar{\alpha}$) = 1,692 t/m³
- Modulus geser tanah (G) = 2145,8077 t/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 7^o
- Angka poison (i) = 0,4
- Angka pori (e) = 1,422

Lingkup Pembahasan

- Perhitungan beban dinamis
- Perhitungan dimensi rencana pondasi dinamis
- Perhitungan model struktur yang bekerja pada pondasi pendukung mesin turbin
- Perhitungan daya dukung tanah
- Perhitungan penurunan tanah (*Displacement*)

METODE PENELITIAN





Gambar 1. Diagram alir perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan

- Eksentrisitas arah x dan y

Dari arah y

$PR_{Generator} = 1,265 \text{ m dari elevasi } 00,00$

$PR_{Turbin} = 0,630 + 0,085 = 0,715 \text{ m dari elevasi } 00,00$

$PM_{Pondasi} = 2,8 \times \frac{1}{2} = 1,4 \text{ m}$

Dari arah x

$PR_{Generator} = 2,850 + 0,235 + 0,35 = 3,435 \text{ m dari tepi pondasi}$

$PR_{Turbin} = 2,4 + 0,35 = 2,75 \text{ m dari tepi pondasi}$

$PM_{Pondasi} = 4,1 \times \frac{1}{2} = 2,05 \text{ m}$

Generator

$e_y = PR_{Generator} + PM_{Pondasi} = 1,265 + 1,4 = 2,665 \text{ m}$

$e_x = PR_{Generator} - PM_{Pondasi} = 3,435 - 2,05 = 1,385 \text{ m}$

Turbin

$e_y = PR_{Turbin} + PM_{Pondasi} = 0,715 + 1,4 = 2,115 \text{ m}$

$e_x = PR_{Turbin} - PM_{Pondasi} = 2,75 - 2,05 = 0,7 \text{ m}$

$P_{Generator} = m \cdot e \cdot f^2$

$= \left(\frac{16,3}{9,81} \right) \times 2,665 \times 115,77^2$

$= 59348,24 \text{ t.rad}^2$

$P_{Turbin} = m \cdot e \cdot f^2$

$= \left(\frac{14,2}{9,81} \right) \times 2,115 \times 148,33^2$

$= 67357,77 \text{ t.rad}^2$

$P_{Total} = P_{Generator} + P_{Turbin}$

$= 59348,24 + 67357,77 = 126706,01 \text{ t.rad}^2$

Sifat Geometrik Pondasi

Berat Komponen

Berat Turbin = 14,2 ton

Berat Generator = 16,3 ton

Beban Pondasi = 186,906 ton

Total Pembebanan (P)

$$(P) = P1 + P2 + P3$$

$$= 14,2 + 16,3 + 186,906 = 217,406 \text{ ton}$$

Massa komponen

Massa Turbin

$$(m) = W/g$$

$$= 14,2/9,81 = 1,448 \text{ t/m}^3 \text{det}^2$$

Massa Generator

$$(m) = W/g$$

$$= 16,3/9,81 = 1,662 \text{ t/m}^3 \text{det}^2$$

Massa pondasi

Bagian I (W) = 141,748 ton

$$(m) = W/g$$

$$= 141,748/9,81 = 14,449 \text{ t/m}^3 \text{det}^2$$

Bagian II(W) = 45,158 ton

$$(m) = W/g$$

$$= 45,158/9,81 = 4,603 \text{ t/m}^3 \text{det}^2$$

Perhitungan Akhir Pondasi

Analisa Getaran Vertikal

Perhitungan Radius Ekuivalen

$$kz = Gro \left(Ci + \frac{Gs.h}{G.ro} Si \right)$$

$$= 214,80 \times 3,750 \left(6,58 + \left(\frac{0,75 \times 214,80}{214,80} \times \frac{0,6}{3,750} \right) \times 2,70 \right)$$

$$= 145566,23 \text{ t/m}$$

Perhitungan konstanta redaman vertikal (Dz)

$$bo = \frac{\omega}{\gamma ro^3} = \frac{(BxLxH)xBj_{Beton}}{\gamma ro^3}$$

$$= \frac{186,906}{1,692 \times 3,750^3}$$

$$= 2,095 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{gravitasi}$$

$$= \frac{1,692}{9,81}$$

$$= 0,172 \text{ t/m}^3$$

$$Dz = \frac{1}{2\sqrt{bo}} \times \frac{\left(C_2 + S_2 \frac{h}{ro} \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) \times \left(\frac{G_s}{G} \right)} \right)}{\sqrt{Ci + \left(\frac{G_s}{G} \right) \times \left(\frac{h}{ro} \right) Si}}$$

$$Dz = \frac{1}{2,095} \left(\frac{6,08 + 6,70 \times \frac{0,6}{3,750} \sqrt{\frac{0,172}{0,172} \times \frac{1609,356}{2145,8077}}}{\sqrt{6,08 + \left(\frac{1609,356}{2145,8077} \times \frac{0,6}{3,750} \right) \times 2,70}} \right)$$

$$= 1,322 \text{ mm}$$

Perhitungan frekuensi natural

$$f_{nz} = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k_z}{m}}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{145566,23}{22,162}} = 12,9 \text{ rad/sec}$$

Kontrol frekuensi resonansi

$$ro = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4,8 \times 9,2}{3,14}}$$

$$= 3,750 \text{ m}$$

Perhitungan konstanta kekakuan vertikal (kz)

$$f_{nz} < f_{op}$$

$$12,9 \text{ rad/sec} < 115,77 \text{ rad/sec}$$

Perhitungan amplitudo vertikal

$$A_{zd} = \frac{P_z}{k_z \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{nz}} \right)^2 \right)^2 + \left(2D_z \left(\frac{\omega}{\omega_{nz}} \right) \right)^2}}$$

$$= \frac{126706,01}{145566,23 \sqrt{\left(1 - \left(\frac{115,77}{53,196} \right)^2 \right)^2 + \left(2 \times 1,322 \left(\frac{115,77}{53,196} \right) \right)^2}}$$

$$= 0,000127 \text{ m} = 0,127 \text{ mm}$$

Perhitungan pada kondisi horizontal, goyangan, kombinasi vertikal, kombinasi horizontal dan torsional ditabelkan pada tabel 1 terlampir :

Perhitungan daya dukung pondasi

$$q_u = c.\lambda_{cs}.\lambda_{cd}.N_c + q.\lambda_{qs}.\lambda_{qd}.N_q + \frac{1}{2}.\lambda_{\gamma s}.\lambda_{\gamma d}.\gamma BN_{\gamma}$$

$$= 1,5 \times 1,14 \times 1,58 \times N_c + 5,076 \times 1,06 \times 1,10 \times N_q$$

$$+ 0,5 \times 0,79 \times 1 \times 1,692 \times 4,8 \times N_{\gamma}$$

$$= 2,7 N_c + 5,9 N_q + 3,2 N_{\bar{a}}$$

Faktor bentuk untuk pondasi bentuk persegi :

$$\lambda_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right)$$

$$\lambda_{cs} = 1 + \left(\frac{4,8}{9,2}\right) \left(\frac{1,88}{7,16}\right) = 1,14$$

$$\lambda_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) (\tan \phi)$$

$$\lambda_{qs} = 1 + \left(\frac{4,8}{9,2}\right) (\tan 7^\circ) = 1,06$$

$$\lambda_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L}\right)$$

$$\lambda_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{4,8}{9,2}\right) = 0,79$$

Faktor kedalaman :

$$\lambda_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$\lambda_{qd} = 1 + 2 \tan 7^\circ (1 - \sin 7^\circ)^2 \left(\frac{2,8}{4,8}\right)$$

$$= 1,10$$

$$\lambda_{cd} = \lambda_{qd} - \frac{1 - \lambda_{qd}}{N_q \cdot \tan \phi}$$

$$\lambda_{cd} = 1,10 - \frac{1 - 1,10}{1,88 \cdot \tan 7^\circ}$$

$$= 1,58$$

Tabel 1 Kapasitas daya dukung untuk mesin turbin dan generator

No	H (m)	K (t/m)	N _γ	N _c	N _q	N _i	$\sqrt{\frac{NR}{Ni}}$	Qu (t/m ²)	Qun (t/m ²)
1	1	0,10	0,45	6,49	1,57	2,93	5,88	28,226	9,408667
2	1	0,05	0,57	6,81	1,72	2,92	5,74	30,359	10,11967
3	0,8	0,0	0,71	7,16	1,88	2,91	5,61	32,696	10,89867

Sumber : Hasil perhitungan

$$q_{izin} = \frac{q_u}{F_s} = \frac{28,226}{3}$$

$$= 9,41 \text{ t/m}^2$$

$$DL = (H_{\text{pondasi}} \times B_j) + (\text{Berat mesin} / \text{luasan})$$

$$= 2,8 \times 2,4 + \frac{30,5}{4,8 \times 9,2}$$

$$= 4,641 \text{ t/m}^2$$

$$Q = 1 + 4,641 = 5,641 \text{ t/m}^2$$

$$A_{\text{max}} = \frac{0,002}{0,1999} = 0,010 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

Tegangan tanah yang terjadi di bawah pondasi bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- Tekanan tanah arah sumbu z

$$\sigma_z = \frac{F_{tz}}{A} = \frac{12,9}{44,16} = 0,292 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah arah sumbu x

$$\sigma_z = \frac{F_{tx}}{A} = \frac{7,5}{44,16} = 0,170 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah arah sumbu y

$$\sigma_z = \frac{F_{ty}}{A} = \frac{11,91}{44,16} = 0,270 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah kombinasi arah vertikal dan horizontal

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{26,969}{1/6 \times 4,8 \times (9,2)^2} = 0,398 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{158,265}{1/6 \times 9,2 \times (4,8)^2} = 4,476 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan tanah akibat gaya torsi

$$\sigma_{\psi} = \frac{F_{\psi}}{A} = \frac{6,51}{4,8 \times 9,2} = 0,147t / m^2$$

Perhitungan penulangan pondasi

Dari hasil analisa di peroleh :

Panjang (B)	= 9,8 m
Lebar (L)	= 4,2 m
Kedalaman (H)	= 2,8 m
Mutu Baja (fy)	= 400 Mpa
Mutu Beton (fc)	= 30 Mpa
Berat Jenis ($\bar{\alpha}$)	= 2400 kg/m ³

Perencanaan penulangan:

- Penulangan pada potongan A – A (sisi lebar)
As perlu = $\bar{n} \cdot b \cdot h = 0,0018 \times 4800 \times 2800 = 24192 \text{ mm}^2$
Dipakai tulangan 24D36 (As = 24429,6 mm²)
- Penulangan pada potongan B – B (sisi panjang)
As perlu = $\bar{n} \cdot b \cdot h = 0,0018 \times 9200 \times 2800 = 46368 \text{ mm}^2$
Dipakai tulangan 38D40 (As = 47826 mm²)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Amplitudo yang dihasilkan sebagai berikut: amplitudo arah z 0,127 mm, amplitudo arah x 0,142 mm, amplitudo arah y 0,19 mm, amplitudo kombinasi vertikal 0,0083 rad, amplitudo kombinasi horizontal 0,0027 rad dan amplitudo torsi 0,00159 rad.

Dimensi yang mampu menahan beban dinamis mesin yaitu dengan panjang 9,2 m, lebar 4,8 m dan kedalaman 2,8 m.

Saran

Perencanaan pondasi dinamis ini dapat dicoba memakai bentuk-bentuk pondasi yang lain seperti tipe box, tipe wall, dan tipe frame yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tipe mesin.

Perencanaan pondasi dinamis ini dapat juga dianalisis dengan memakai metode yang berbeda, dengan memasukkan respon dinamis perilaku pondasi dalam perencanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1993. *Analisis dan Desain Pondasi*. Terjemahan Ir. Johan Kelanaputra Hainim. Erlangga, Jakarta
- Das, Braja M. 1984. *Pondasi Tanah Dinamis*. Erlangga, Jakarta
- Prakash, S and Puri Vijay K. 1988. *Foundation for Machine : Analysis and Design*. John Willey and Sons, New York
- Richart, FE. Jr and Woods, RD. 1970. *Vibrations of Soils and Foundations*. Englewood Cliffs, New Jersey
- Sidartha, S.A. 1996. *Analisis Pondasi Dinamis untuk Mendukung Mesin Generator Pembangkit Listrik Tenaga Uap*. ITS, Surabaya
- Srinivasulu, P and Vaidyanathan, CV. 1976. *Handbook of Machines Foundation*. MC Graw Hill, New Delhi