

ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN FONDASI DINAMIS TIPE BLOK TERTANAM DENGAN FONDASI TIANG PADA MESIN TURBIN PLTU BANGKA

Muhammad Firhand Agustio¹, Ferra Fahriani^{1,a}, dan Yayuk Apriyanti^{1,b}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kabupaten Bangka, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung 33172

email korespondensi: ^af2_ferra@yahoo.com, ^byayukapriyanti26@gmail.com

ABSTRAK

Bangka Belitung merupakan salah satu daerah yang memanfaatkan PLTU dalam penyediaan listrik. Fondasi yang akan menjadiudukan mesin PLTU harus didesain dan dianalisis agar mampu menopang beban statis dan beban dinamisnya agar mesin tetap dalam kondisi aman. Pada penelitian ini dianalisis 2 tipe fondasi yaitu fondasi tipe blok dan tiang, untuk membandingkan respon statis (daya dukung dan penurunan) dan respon dinamis dari kedua tipe fondasi tersebut. Dari hasil penelitian yang dilakukan, dimensi fondasi tipe blok yang memenuhi syarat-syarat perencanaan adalah dengan panjang 9,560 meter, lebar 3,844 meter dan tinggi 2,325 meter dengan kedalaman tertanam 2 meter. Nilai daya dukung yang dihasilkan dari fondasi blok adalah 766,246 Ton dan nilai penurunan 0,955 cm. Sedangkan dari analisis dinamis fondasi blok menghasilkan nilai amplitudo arah vertikal 0,000611 inchi, arah horizontal 0,000617 inchi dan *rocking* 0,0001101 rad. Nilai frekuensi alami yang dihasilkan fondasi blok untuk arah vertikal adalah 3,748 Hz, arah horizontal 3,818 Hz dan *rocking* 6,049 Hz. Sedangkan untuk perencanaan fondasi tiang yang memenuhi syarat-syarat perencanaan adalah dengan dimensi *pile cap* panjang 9,560 meter, lebar 3,495 meter dan tinggi 2,046 meter dengan kedalaman tiang 16 meter dan diameter tiang 0,4 meter. Nilai daya dukung izin tiang kelompok sebesar 545,966 Ton dan nilai penurunan 1,081 cm. Sedangkan dari analisis dinamis fondasi tiang menghasilkan nilai amplitudo arah vertikal 0,000657 inchi, arah horizontal 0,000592 inchi dan *rocking* 0,0003424 rad. Nilai frekuensi alami yang dihasilkan fondasi tiang untuk arah vertikal adalah 17,262 Hz, arah horizontal 7,592 Hz dan *rocking* 41,832 Hz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fondasi tipe blok lebih baik dari fondasi tiang karena memiliki nilai daya dukung yang lebih besar serta memiliki nilai respon dinamik yang lebih baik.

Kata Kunci : *Fondasi Mesin, Fondasi Blok, Fondasi Tiang, Getaran, Turbin*

PENDAHULUAN

Fondasi mesin merupakan elemen struktur yang digunakan untuk meneruskan beban dinamis dari getaran mesin diatas fondasi ke dalam tanah. Perencanaan fondasi mesin, umumnya lebih kompleks daripada fondasi yang hanya menerima beban statis. Selain perlu memperhitungkan gaya statis yang berasal dari berat mesin dan berat fondasi, perencanaan fondasi mesin juga harus memperhitungkan gaya dinamis yang dihasilkan mesin. Gaya dinamis yang terjadi pada fondasi relatif kecil dibandingkan gaya statisnya (Irsyam, 2008). Akan tetapi, pada kasus-kasus tertentu gaya dinamis yang terjadi akibat getaran mesin ada yang terjadi secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang cukup lama maka dalam hal ini perhitungan akibat gaya dinamis tidak bisa diabaikan. Fondasi untuk beban dinamis dibagi menjadi beberapa tipe bila dilihat berdasarkan bentuk strukturalnya yaitu fondasi blok, fondasi boks ataupun caisson, fondasi dinding dan fondasi rangka atau tiang. Pemilihan bentuk fondasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti frekuensi operasi pada mesin dan kondisi tanah setempat. Pada umumnya, fondasi yang sering

digunakan dalam dunia industri adalah fondasi blok dan fondasi rangka atau tiang. Fondasi blok biasanya digunakan untuk mesin yang memiliki frekuensi operasi rendah dan beban mesin yang diterima tidak terlalu besar. Sedangkan fondasi rangka atau tiang digunakan untuk mesin yang memiliki frekuensi operasi mesin yang cukup tinggi dan beban mesin cukup besar sehingga diperlukan kondisi tanah yang keras untuk menahan beban tersebut. Fondasi tiang untuk tangki digester pada Proyek PT. Petro Jordan Abadi Gresik yang menahan mesin dengan frekuensi operasi sebesar 1500 rpm (Resdiana, 2013)

Fondasi pada mesin turbin PLTU merupakan salah satu contoh fondasi yang menerima beban dinamis secara berulang dalam waktu yang relatif lama. Maka dalam perencanaan fondasi mesin turbin harus mempertimbangkan analisis dinamisnya. Bangka Belitung merupakan salah satu daerah yang memanfaatkan PLTU dalam penyediaan listrik. Pada tahun 2020, Unit Induk Pembangunan (UIP) Regional Sumatra berencana akan membangun kembali mesin turbin untuk menambah pasokan listrik di Bangka Belitung. Sehingga sudah barang tentu, fondasi yang akan menjadiudukan mesin turbin PLTU harus

didesain untuk mampu menopang beban statis dan beban dinamisnya agar mesin tetap dalam kondisi aman.

Telah dilakukan perencanaan dan analisis kekuatan fondasi dinamis, fondasi dinamis berupa fondasi blok direncanakan untuk mendukung mesin turbin pada pabrik gula cukir Jombang (Amudi,2015), analisis kekuatan struktur fondasi untuk dudukan mesin turbin dengan menggunakan fondasi blok (Ayuddin, 2017), analisis perencanaan fondasi mesin menggunakan tipe fondasi blok dan fondasi tiang yang menahan Mesin *Vertical Mill* di PT. Semen Baturaja (Wati,2017).

Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud untuk melakukan perencanaan fondasi dinamis sebagai dudukan mesin turbin PLTU Air Anyir Bangka serta membandingkan perencanaan fondasi dinamis tipe blok dengan fondasi dinamis tipe tiang pada mesin turbin dengan membandingkan respon statis (nilai daya dukung, dan penurunan) dan respon dinamis yang dihasilkan oleh fondasi dinamis tipe blok tertanam dan tipe tiang.

METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data tanah dan data mesin , selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi fondasi blok dan fondasi tiang berdasarkan data tanah dan beban fondasi. Setelah data-data yang diperlukan didapatkan dilanjutkan dengan perhitungan daya dukung fondasi , penurunan dan respon dinamis fondasi.

Adapun data tanah yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada tabel 1

Tabel 1. Tabel Parameter Tanah

d (m)	N	E	W	G _s	γ_b	γ^*	ϕ	c	v	E	G
			(%)		(kN/m ³)	(kN/m ³)		(kN/m ²)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0 – 2	18	0,85	32	2,665	19,015	-	32,5	108	0,25	175	700
2 – 6	11	0,85	32	2,665	19,015	9,000**	30	66	0,25	175	700
6 – 7	9	0,65	25	2,665	-	10,091	29	54	0,25	175	700
7 – 8	11	0,65	25	2,665	-	10,000	30	66	0,4	30	107,143
8 – 9	14	1,2	40	2,665	-	7,795	31	84	0,25	30	120
9 – 10	2	0,6	21	2,665	-	10,719	28	12	0,25	67,5	270
10 – 12	5	0,6	21	2,665	-	10,719	28	30	0,25	135	540
12 – 14	16	1,2	40	2,665	-	2,386	32	96	0,4	16,5	58,929
14 – 16	28	0,43	16	2,665	-	11,643	35	168	0,3	750	2884,615

Data mesin diperoleh dari PLTU Bangka seperti pada tabel 2

Tabel 2. Data Mesin

Model	N30-8.83/535
Frekuensi (Hz)	50
Kecepatan Operasi (rpm)	3000
Berat (ton)	82
Dimensi L x W x H (m)	8,950 x 2,600 x 2,010

Selanjutnya, menghitung dimensi fondasi. diperoleh dimensi seperti pada tabel 3

Tabel 3. Dimensi Fondasi

Spesifikasi	Fondasi Blok	Fondasi Tiang
L x B x H (m)	(9,560 x 3,844 x 2,325)	(9,560 x 3,495 x 2,046)*
D _f (m)	2	-
Diameter tiang (m)	-	0,4
Tinggi tiang (m)	-	16
Jumlah tiang	-	12

*dimensi *pile cap* fondasi tiang adalah 9,560 x 3,495 x 2,046 meter (L x B x H) dengan jumlah tiang 12 buah

Analisis Statis yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari perhitungan daya dukung dan penurunannya. Daya dukung fondasi blok menggunakan Metode Mayerhoff (1963) dan Bowles (1968), sedangkan untuk penurunan menggunakan perhitungan dari penurunan segera dengan Metode Mayerhoff (1965)

Daya dukung fondasi tiang tunggal dihitung menggunakan metode Poulos dan Davis (1980) U.S Army Corps Mayerhof (1956), sedangkan daya dukung kelompok tiang didapatkan dengan mengalikan daya dukung tiang tunggal dengan jumlah tiang sebanyak 12 buah dan nilai efisiensi tiang. Sedangkan untuk penurunan menggunakan perhitungan penurunan fondasi tiang elastik tunggal dan kelompok dengan Metode Vesic (1977)

Analisis Dinamis yang dilakukan adalah analisis terhadap getaran vertikal, horizontal (transversal), *rocking*. Pada analisis dinamis, parameter yang dihasilkan berupa frekuensi alami serta amplitudo getaran. Fondasi harus memenuhi syarat-syarat dinamis yaitu amplitudo sistem tidak boleh melebihi amplitudo izin dan tidak boleh mengalami resonansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan didapat daya dukung fondasi blok dengan metode Metode Mayerhoff (1963) dan Bowles (1968) seperti pada tabel 4

Tabel 4. Daya Dukung Fondasi Blok

	Mayerhoff (1963)	Bowles (1968)
Daya dukung ultimit (qu)	1009,678 T/m ²	-
Daya dukung izin (qa)	336,559 T/m ²	20,851 T/m ²
qa x luas fondasi	12368,086 Ton	766,246 Ton

Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang tunggal dihitung menggunakan metode Poulos dan Davis (1980) U.S Army Corps Mayerhof (1956) seperti pada tabel 5

Tabel 5. Daya Dukung Fondasi Tiang Tunggal

(Ton)	Poulos dan Davis	U.S Army Corps	Mayerhof (1956)
Qb	51,613	63,369	140,743
Qs	83,204	87,915	50,935
Ws	4,825	4,825	4,825
Qu	129,992	146,459	186,853
Qa	43,331	48,820	62,284

Berdasarkan hasil analisis daya dukung tiang tunggal didapatkan daya dukung dan penurunan fondasi kelompok seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Respon Statis Fondasi

Tipe Fondasi	Daya Dukung Ijin (Ton)	Penurunan (cm)
Blok	766,246	0,955
Tiang	545,966	1,081

Adapun nilai analisis dinamis fondasi terdiri dari analisis nilai amplitudo dan frekuensi alami untuk getaran arah horizontal, arah vertikal dan rocking seperti pada tabel 7 dan 8

Tabel 7. Perbandingan Amplitudo

Tipe Fondasi	Amplitudo		
	Vertikal (Inchi)	Horizontal (Inchi)	Rocking (Rad)
Blok	0,000611	0,000617	0,00001101
Tiang	0,000657	0,000592	0,00003424

Tabel 8. Perbandingan frekuensi alami

Tipe Fondasi	Frekuensi alami sistem (Hz)		
	Vertikal	Horizontal	rocking
Blok	3,748	3,819	6,049
Tiang	17,262	7,592	41,832

Dari tabel 4 diketahui fondasi blok dengan dimensi 9,560 x 3,844 x 2,325 meter memiliki daya dukung terkecil berdasarkan dari 2 metode yang digunakan sebesar 766,246 ton.

Dari tabel 5 diketahui fondasi tiang dengan meter, diameter dan tinggi tiang berturut-turut 0,4 dan 16 meter memiliki daya dukung ijin tunggal terkecil sebesar 43,31 ton, sehingga daya dukung kelompok

tiang dimensi pile cap 9,560 x 3,495 x 2,046 dengan jumlah tiang sebanyak 12 tiang sebesar 545,966 ton.

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui fondasi tipe blok lebih baik dari segi daya dukung karena memberikan nilai daya dukung yang lebih besar dari pada fondasi tiang dan dari sisi penurunan fondasi blok lebih baik karena memberikan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan fondasi tiang. Nilai daya dukung fondasi blok lebih besar 1,4 kali lipat dari fondasi tiang. Pada penurunan yang terjadi fondasi blok memberikan hasil 0,88 kali dari penurunan fondasi tiang.

Dari tabel 7 diketahui bahwa nilai amplitudo fondasi blok pada arah vertikal memberikan hasil lebih kecil yaitu 0,93 kali amplitudo arah vertikal dari fondasi tiang. Sedangkan amplitudo fondasi blok pada arah horizontal memberikan hasil lebih besar yaitu 1,04 kali amplitudo arah horizontal dari fondasi tiang dan amplitudo fondasi blok pada getaran *rocking* memberikan hasil lebih kecil yaitu 0,32 kali dari amplitudo getaran *rocking* pada fondasi tiang. Sedangkan dilihat dari nilai frekuensi alami sistem fondasi yang dihasilkan pada tabel 8, frekuensi alami fondasi blok pada arah vertikal memiliki nilai lebih kecil yaitu 0,21 kali dari frekuensi alami fondasi tiang pada arah vertikal. Frekuensi alami fondasi blok pada arah horizontal memiliki nilai lebih kecil yaitu 0,5 kali dari frekuensi alami fondasi tiang pada arah horizontal dan begitu juga pada frekuensi alami sistem fondasi blok pada getaran *rocking* memiliki nilai lebih rendah yaitu 0,14 kali dari frekuensi alami fondasi tiang pada getaran *rocking*.

Dari Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan fondasi blok lebih baik dari fondasi tiang karena memiliki nilai daya dukung yang lebih besar dan penurunan yang lebih kecil, amplitudo yang lebih kecil dan frekuensi alami sistem fondasi yang lebih kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai Perbandingan Perencanaan Fondasi Dinamis Tipe Blok Tertanam dengan Fondasi Tiang pada Mesin Turbin PLTU Bangka, maka dapat diambil kesimpulan nilai daya dukung yang dihasilkan antara fondasi blok dan tiang bahwa nilai daya dukung fondasi blok lebih besar yaitu 1,4 kali lipat dari fondasi tiang. Sedangkan untuk penurunan, fondasi blok memberikan hasil lebih kecil yaitu 0,8 kali penurunan pada fondasi tiang. Sedangkan dari hasil analisis dinamik, fondasi blok memberikan hasil amplitudo dan frekuensi alami yang lebih kecil dibandingkan dengan fondasi tiang. Sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penggunaan fondasi blok lebih baik dari fondasi tiang dalam menahan statis dan dinamis.

REFERENSI

Amudi, A. 2011. *Analisis Perencanaan Fondasi Dinamis untuk Mendukung Mesin Turbin pada Pabrik Gula Cukir Jombang*. Jurusan Teknik Sipil Muhammadiyah Malang. Malang

- Arya S C, Michael W. O'Neil dan George P. 1979. *Design of Structur and Foundation for Vibrating Machines*. Texas Gulf Publishing Company.
- Ayuddin dan Frice L. D. 2017. *Analisis Kekuatan Struktur Fondasi untuk Dudukan Mesin Turbin*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- Barkan, D D. 1962. *Dynamics of Bases and Foundations*. McGraw-Hill Book Company, New Delhi
- Bhatia, K G. 2008. *Foundations For Industrial Machines*. Bharat Law House, New Delhi.
- Bowles, J E. 1993. *Analisis dan Desain Fondasi II*. Terjemahan Ir. Johan Kelanaputra Hainim. Erlangga, Jakarta
- Budi, G S. 2011. *Fondasi Dangkal*. Yogyakarta, Penerbit Andi.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah Jilid I*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah Jilid II*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*. Cengage Learning, United States of America.
- Das, B.M. 2011. *Principles of Soil Dynamics*. Cengage Learning, United States of America.
- Hardiyatmo, H. C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Irsyam, M. 2008. *Dinamika Tanah dan Fondasi Mesin*. Penerbit ITB, Bandung.
- Prakash, S and Puri Vijay K. 1988. *Foundation for Machine : Analysis and Design*. John Willey and Sons, New York.
- PT PLN Persero. 2018. *Laporan Progres UIP Kitsum*. Unit Induk Pembangunan PLN, Sumatra.
- Resdiana, R R, dkk. 2013. *Perencanaan Fondasi Dinamis untuk Tangki Digester dengan Sistem Fondasi Dalam pada Proyek PT. Petro Jordan Abadi Gresik*. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Srinivasulu, P and Vaidyanathan, CV. 1977. *Handbook of Machines Foundation*. MCGraw Hill, New Delhi
- Wati, R A. 2017. *Analisis Perencanaan Fondasi Akibat Beban Statis dan Beban Dinamis (Studi Kasus : Mesin Vertical Mill di PT. Semen Baturaja*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang.