

PENGARUH PERUBAHAN DIMENSI TANGKI TERHADAP DESAIN PONDASI EKSISTING TANGKI REAKTOR PILOT PLANT BIOGAS POME

Samdi Yarsono^{1*}, Mohammad Imamuddin², Juda Suwandi², Lan Marrakup TN¹, Ika Wulandari¹, Basit Al Hanif², Eva Nur Septinia¹, Giman¹

¹Desain dan Rancang Bangun, Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, BPPT Tangerang Selatan-Banten, INDONESIA

²Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta, INDONESIA

*E-mail: samdi.yarsono@bppt.go.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi terbarukan di Indonesia sangatlah penting, saat ini sumber energi terbarukan porsinya relatif kecil. BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dalam kegiatannya melakukan pembangunan *pilot plant* Biogas Pome setara 700 kW berkerjasama dengan PTPN V (PT. Perkebunan Nusantara V) dengan sistim tangki berpengaduk secara kontinu yang mana hasil gas tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* pabrik PMKS di Sei Pagar. Desain pondasi tangki reaktor dengan kapasitas 2000m³, telah dilakukan dengan menggunakan perhitungan *fix head* dengan diameter pile 60cm type B dengan jumlah 32 pile dengan kedalaman 12m dikerjakan tahun 2018. Diameter rencana tangki reaktor direncanakan berukuran 16.8m dengan ketinggian 9m, dengan beban tangki sekitar 2174.2ton. Sedangkan sekarang terjadi perubahan desain tangki dengan diameter 14m dengan ketinggian 16.8, dimana tinggi pome di 16.1m, dimana beban tangki menjadi 2639.1 ton, dimana berdasarkan koreksi tersebut, analisa pile masih memenuhi sedangkan untuk *punching shear* perlu di lakukan pertebalan, dimana *d*' sebelumnya 70cm, sekarang dibuat *pile cap* 1.2m dengan *d*' sebesar 80cm, dengan tebal *mat* 60cm.

Kata kunci: diameter tangki; beban tangki; *punching shear*; 70cm; 80cm.

ABSTRACT

*The need for renewable energy in Indonesia is very important, currently the source of renewable energy is relatively small. BPPT (Agency for Assessment and Application of Technology) in its activities to build a Biogas Pome pilot plant equivalent to 700 kW in collaboration with PTPN V (PT. Perkebunan Nusantara V) with a continuous stirred tank system in which the results of the gas are used as fuel for PMKS plant boilers in all areas. fence. The design of the foundation of the reactor tank with a capacity of 2000m³, has been carried out using a fix head calculation with a diameter of 60cm pile type B with a total of 32 piles with a depth of 12m done in 2018. The planned diameter of the reactor tank is 16.8m with a height of 9m, with a tank load of around 2174.2tons . While now there is a change in tank design with a diameter of 14m with a height of 16.8, where the pome height is at 16.1m, where the tank load is 2639.1tons, which based on the correction, the pile analysis still fulfills while for the punching shear the thickness needs to be done, whereas *d*' previously 70cm , now a 1.2 m pile cap is made with a *d*' of 80cm, with a mat thickness of 60cm.*

Keywords: tank diameter; tank load; *punching shear*; 70cm; 80cm.

Received: 20-01-2020	Revised: 17-02-2020	Accepted: 14-05-2020	Available online: 25-05-2020
--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--

PENDAHULUAN

Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) adalah bioreaktor kimia yang berbentuk tabung yang berbentuk silinder dirancang untuk melakukan produksi biogas. Proses pemasukan substrat dalam bioreaktor berlangsung secara bertahap dan homogenasi substrat yang dilakukan oleh pengaduk sehingga mikroorganisme akan menyebar secara merata. Keunggulan dari bioreaktor CSTR ini adalah waktu retensi dapat diperpendek dan kontak dengan POME lebih mudah. Dengan kapasitas tangki *reactor* 2000 m³ maka sangat diperlukan perencanaan pondasi yang maksimal, tidak boleh terjadi kegagalan pondasi pada reactor ini karena ini adalah inti dari proses biogas dari *pome* (AISC-ASD, ASCE, ASME). Dalam bangunan tahan gempa terdapat unsur penting yang perlu ditinjau yaitu beban gempa itu sendiri (Marwahyudi, 2019).

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Melakukan kajian ulang atas perhitungan fondasi dengan cara *fix head* dengan ukuran *pile* diameter 60cm type B;
- 2) Melakukan analisa kekuatan terhadap punching *shear*.

Keluaran yang ditargetkan:

- 1) Kajian teknis perhitungan analisa fondasi atas perubahan dimensi tangki reactor;
- 2) Kajian perbandingan gaya-gaya yang terjadi akibat perubahan tersebut.

METODE PENELITIAN

Metodologi dan tahapan kegiatan yang dilakukan dalam studi kajian ini, meliputi:

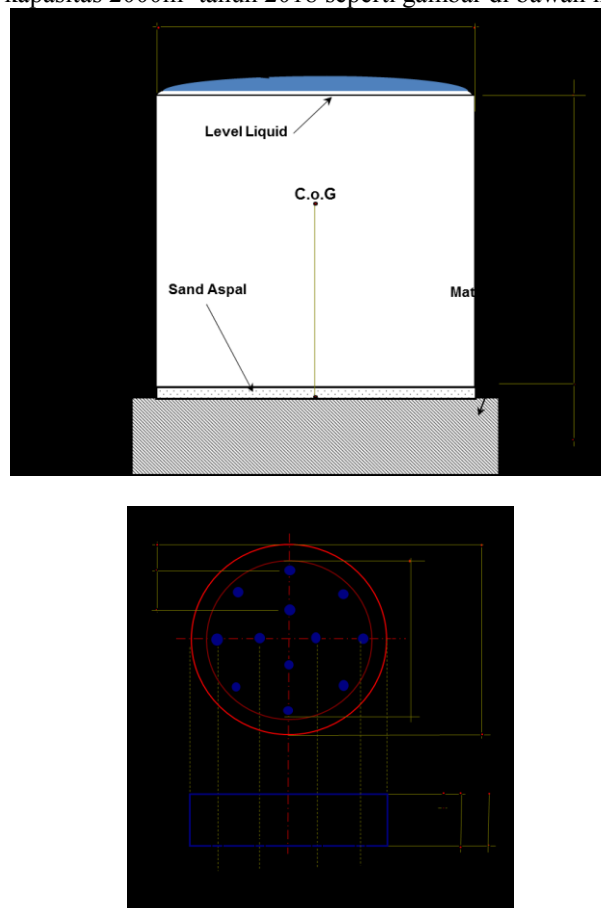
- 1) Melakukan Studi Literatur mengenai sistim perhitungan fondasi *pile* dengan cara *fix head*;
- 2) Merumuskan data beban dan data tanah;
- 3) Melakukan perbandingan perhitungan analisa pondasi *pile fix head* atas perubahan dimensi tangki reactor;
- 4) Menyusun rekomendasi dari hasil perhitungan *pile fix head* akan keamanan pondasi *existing* tersebut (SNI 1726, SNI 1729, Laporan Kemajuan, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Perencanaan tangki reactor CSTR kapasitas 2000m³**

Pekerjaan fondasi reactor ini terdiri dari 2 item pekerjaan antara lain :

- 1) Fondasi *Pile*
- 2) MAT pondasi

Desain fondasi reactor kapasitas 2000m³ tahun 2018 seperti gambar di bawah ini pada gambar 1.



Gambar 1. Desain fondasi tangki reactor

Direncanakan tahun 2018 diameter tangki = 16.8m, dengan tinggi 9m, dimana C.o.G = 4.5m, mengalami perubahan di tahun 2019 menjadi diameter tangki 14m, dengan tinggi 16.5m seperti pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Data ukuran tangki

Tahun	Diameter	Tinggi	C.o.G
2018	16.80 m	9.00 m	4.50 m
2019	14.00 m	16.50 m	8.25 m

Analisa Fondasi Pile

Data pembebanan 2018 terdiri atas berat tangki itu sendiri dan berat saat operasional sebagai berikut:

Berat kosong = 91.8 ton

Berat operasi = 1811.8 ton

Berat test = 2174.2 ton

Sedangkan data pembebanan akibat perubahan dimensi tangki menjadi:

Berat Kosong = 95.8 ton

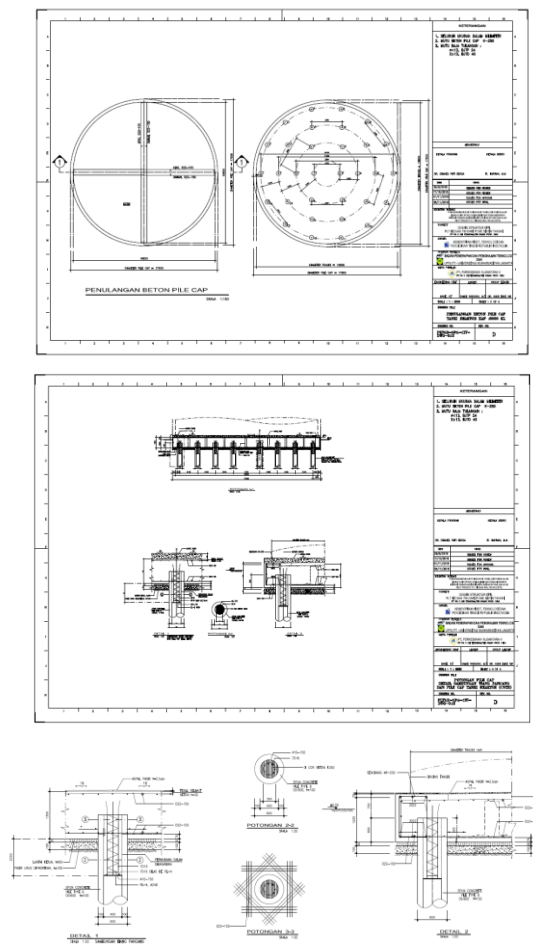
Berat Operasi = 1904.0 ton

Berat test = 2248.8 ton

Terjadi kenaikan berat = 74.6 ton atau 3.43% dari beban awal

Desain Fundasi CSTR:

Gambaran desain tapak dan titik posisi pile berdasarkan hasil perhitungan tahun 2018 dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Desain fundasi *continuous stirred tank reactor (CSTR)*

Dari gambar 2 diatas bahwa jumlah pile hasil perhitung berjumlah 32 pile dengan diameter 600mm type B pada *Slab Rolled Compacted Concrete (RCC)* setebal 100 cm dengan kekuatan beton K-600 dan untuk

Mutu Beton Mat Fundasi menggunakan K-250 dengan Tulangan yang dipakai D22, dimana jarak antar tulangan mengikuti dalam SNI 2847 : 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

Analisa Perhitungan Pondasi

Berat volume beton (γ_c) = 2.40 t/m³
 Berat volume tanah (γ_s) = 1.70 t/m³
 Berat Ring Wall (W_{rw}) = 0.0 ton
 Berat Footing (W_{ft}) = 750.45 ton
 Berat tanah di atas Footing (W_s) = 0.00 ton
 Total Berat Pondasi (W_f) = W_{rw} + W_{ft} + W_s = 750.4 ton

Perhitungan Momen Guling

Momen Guling Akibat Beban Angin (M_w) $M_w = M_1 + H_1 \times h_f = 41.62 \text{ tm}$ (Empty Condition)

Momen Guling Akibat Beban Gempa (M_e)

$M_e = M_2 + H_2 \times h_f = 2147.9 \text{ tm}$ (Operating Condition)

Gaya Geser dan Momen Guling Akibat Gempa pada Pondasi (M_{ef})

Koefisien Gempa, C_s = SDS/R/I = 0.204

H_{ef} = C_o x W_f = 153.39 ton

M_{ef} = C_o x W_f x h_f/2 = 99.70 tm (Kondisi Operasi)

Beban Kombinasi Tidak Berfaktor di Bawah Footing

- 1) Kosong : D+E(E)
- 2) Kosong + Angin : D+E(E)+W
- 3) Normal / Operasi : D+E(O)
- 4) Normal / Operasi + Angin : D + E(O) + W
- 5) Normal / Operasi + Gempa : D + E(O) + V
- 6) Test : D + E(T)
- 7) Test + Angin : D + E(T) + 0.25W

dimana :

D = Beban Mati = Berat Pondasi (W_f)
 E(O) = Beban Operasi
 W = Beban Angin
 V = Beban Gempa
 E(E) = Kosong/Erection
 E(T) = Beban Test

Tabel 2a. Perbedaan nilai gaya yang di hasilkan nilai gaya tahun 2018

Kombinasi pembebanan	V(ton)	H(ton)	M(tm)
D+E(E)	842.25	0.00	0.00
D+E(E)+W	842.25	7.18	41.62
D+E(O)	2562.25	0.00	0.00
D+E(O)+W	2562.25	7.18	41.62
D+E(O)+V	2562.25	523.72	2247.63
D+E(T)	2924.61	0.00	0.00
D+E(T)+0.25W	2924.61	1.79	10.41

Tabel 2b. Nilai gaya tahun 2019

Kombinasi pembebanan	V(ton)	H(ton)	M(tm)
D+E(E)	846.25	0.00	0.00
D+E(E)+W	846.25	11.68	111.57
D+E(O)	2654.47	0.00	0.00
D+E(O)+W	2654.47	11.68	111.57
D+E(O)+V	2654.47	542.57	3816.38
D+E(T)	3035.27	0.00	0.00
D+E(T)+0.25W	3035.27	2.92	27.89

Hasil tabel di atas adalah dari hasil desain awal tangki yang penulis namakan tahun 2018 dan 2019 dimana dimensinya bisa di lihat pada tabel 1, dimana terjadi perbeda gaya pada kombinasi beban D+E(O)+V bisa di lihat pada table 3 dibawah ini

Tabel 3. Perbandingan nilai gaya

Tahun Desain	Kombinasi Beban	V (ton)	H (ton)	M (ton)
2018	D+E(O)+V	2562.25	523.72	2247.63
2019	D+E(O)+V	2654.47	542.57	3816.38

Terjadi kenaikan pada beban momen yang ada
 Sedangkan nilai reaksi tiang pancang bisa di lihat pada table 4 di bawah ini;

Tabel 4a. Reaksi tiang pancang tahun 2018

Kombinasi pembebanan	Reaksi tiang pancang (ton)			Kapasitas tiang pancang (ton)		Keterangan
	Vmax	Vmin	Hmax	V(comp)	H(lateral)	
D+E(E)	26.30	26.30	0.00	200.00	17.00	OK
D+E(E)+W	26.80	25.80	0.20	266.70	17.00	OK
D+E(O)	80.10	80.10	0.00	200.00	17.00	OK
D+E(O)+W	80.60	79.60	0.20	266.70	17.00	OK
D+E(O)+V	107.70	52.50	16.40	266.70	17.00	OK
D+E(T)	91.40	91.40	0.00	240.00	17.00	OK
D+E(T)+0.25W	91.50	91.30	0.10	266.70	17.00	OK

Tabel 4b. Reaksi tiang pancang tahun 2019

Kombinasi pembebanan	Reaksi tiang pancang (ton)			Kapasitas tiang pancang (ton)		Keterangan
	Vmax	Vmin	Hmax	V(comp)	H(lateral)	
D+E(E)	26.40	26.40	0.00	200.00	17.00	OK
D+E(E)+W	27.80	25.10	0.40	266.70	17.00	OK
D+E(O)	83.00	83.00	0.00	200.00	17.00	OK
D+E(O)+W	84.30	81.60	0.40	266.70	17.00	OK
D+E(O)+V	129.80	36.10	17.00	266.70	17.00	OK
D+E(T)	94.90	94.90	0.00	240.00	17.00	OK
D+E(T)+0.25W	95.20	94.50	0.10	266.70	17.00	OK

Dilihat dari tabel diatas sangat riskan meskipun nilainya masih bisa di tahan oleh kapasitas tiang pancang gaya horisontalnya, nilai nya sama 17 ton.

Sedangkan nilai PU pada reaksi tiang pancang dimana d' sebelumnya 0.7m atau 70cm masih bisa menahan

$$\begin{aligned}
 P_u &= \text{Maximum reaksi tiang pancang} \\
 V_c &= 1/3 * b_o * d' * \sqrt{f_c'} \\
 b_o &= p * (\text{Øpile} + d') = 4.08\text{m} \\
 d' &= 0.7\text{m} \\
 V_c &= 150.67 \text{ ton} \\
 f &= 0.85 \\
 V_u &= P_u = 121.08 \\
 f V_c &= 128.0734004\text{ton} \\
 V_u < f V_c & \implies \text{(ok)}
 \end{aligned}$$

Sedangkan dikarenakan perubahan dimensi maka d' menjadi 0.8m atau 80cm

P_u	= <i>Maximum</i> reaksi tiang pancang
V_c	= $1/3 * b_o * d' * \sqrt{f_c'}$
b_o	= $p * (\text{Øpile} + d')$ = 4.40m
d'	= 0.8 m
V_c	= 185.45 ton
f	= 0.85
V_u	= $P_u = 151.13$
$f V_c$	= 157.6288005ton
$V_u < f V_c \implies$	(ok)

Dimana perubahan pile cap sebagai alternative desain dikarenakan perubahan desain yang ada dimana nilai d' yang sebelumnya 70cm menjadi 80cm, meskipun desain ini sangat riskan jika terjadi perbedaan sedikit saja dari nilai dimensi yang akan berakibat over kapasitas dari desain rencana yang ada. Jadi jika dibandingkan akibat desain diatas maka bisa dilihat pada table 5 di bawah ini;

Tabel 5. Perbandingan Gaya Akibat Perubahan Desain

Desain Tahun 2018	Desain Tahun 2019
Jumlah Pile yang dibutuhkan 32 pile dengan kedalaman 12m	Jumlah pile yang dibutuhkan 32 pile dengan kedalaman 12m
Ketebalan Mat Fundasi 100cm	Ketebalan Mat Fundasi 120cm

KESIMPULAN

Selanjutnya dari kajian diatas dapat disimpulkan bahwa, Perubahan dimensi tangki, menyebabkan nilai kapasitas tangki menjadi besar dari berat total 2174.2ton menjadi 2248.8ton. Nilai kapasitas tiang pancang nilainya sama dengan reaksi tiang pancang 17ton. Terjadi kenaikan nilai d' pada desain *mat* pondasi dari 70cm menjadi 80cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada **Dr. Ir. Semuel Pati Senda, MSc, ES** Kepala Program dan **Dr. Ir. Agus Hadi Santosa Wargadipura, MSc**, Group leader dalam kegiatan Insinas *Flagship* PLT *Biogas Pome* MenrisitekDikti.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC-ASD 9th. *Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structure SteelforBuilding, Allowable Stress Design.*
- ASCE 7-05. *Minimum Design Loads for Buildings and other structures* ACI 318-05. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete* ACI 315. *Standard Practice for Detailing Concrete Structure*
- ASME Section 8 Div.1 : Pressure Vessel
- Marwahyudi. 2019. TEGANGAN GESER BATU BATA BERKONSTRUKSI PADA DINDING RUMAH RAWAN GEMPA. *Astonjadro*, 80–86. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v8i2.2725>
- SNI 1726 : 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
- SNI 1727 : 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- SNI 2847 : 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
- SNI 1729 : 2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- Laporan Kemajuan, 2019. *Konstruksi Pondasi Pilot Plant Biogas Pome 700kW*. Insinas *Flagship*.