

**Pemilihan Jenis Fundasi Tangki Reaktor KAP. 2000 M3 Pilot Plant Biogas POME Setara 700 KW di PTPN V Riau**

**Samdi Yarsono<sup>1\*</sup>, Lan Marrakup TN<sup>1</sup>, Ika Wulandari<sup>1</sup>, Eva Nur Septinia<sup>1</sup>, Giman<sup>1</sup>  
Mohammad Imamudin<sup>2</sup>, Juda Suwandi<sup>2</sup>, Basit Al Hanif<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Desain dan Rancang Bangun, Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, BPPT  
Jl. Puspiptek Serpong, Gedung 480 BTBRD-BPPT, Tangerang Selatan-Banten, 15314

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah III No.24, RT.11/RW.5, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 10510

\*Corresponding Author : Samdi.yarsono@bppt.go.id

**Abstrak**

Kebutuhan energi terbarukan di Indonesia sangatlah penting, saat ini sumber energi terbarukan persinya 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. Dalam penelitian pondasi sistim tangki berpengaduk ini untuk mencapai gas setara 700 kW maka diperlukan tangki dengan kapasitas 2000m<sup>3</sup>, dengan ukuran diameter 16,8m dan tinggi 9m. Kami melakukan pemilihan jenis fundasi tangki dengan pendekatan harus kuat menahan beban, gempa dan juga ekonomis, dimana anggaran buat melakukan ini sangat terbatas. Berdasarkan data dari *soil test* didapat nilai N-SPT di kedalaman 10-15m, untuk itu kami merumuskan bahwa fundasi *pile* yang kita pilih untuk menahan beban tangki sekitar 2174.2 ton. Dalam hal ini kita membandingkan pemakaian *pile* ukuran 50cm dengan pemakaian *pile* 60cm agar mendapatkan kalkulasi yang maksimal dan lebih ekonomis. Hasil yang didapat dimana *pile* diameter 60cm yang kita pakai karena lebih ekonomis biaya dan maksimal dalam menahan beban dimana kebutuhan anggarannya lebih ekonomis Rp. 88,650,000.

**Kata kunci:** *tangki kapasitas 2000m<sup>3</sup>, fundasi pile, ukuran 50cm, ukuran 60cm*

**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 carried out the construction of 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. In the research of the foundation of the stirred tank system to reach gas equivalent to 700 kW, a tank with a capacity of 2000m<sup>3</sup> is needed, with a diameter of 16.8m and a height of 9m. We chose the type of tank fundament with an approach that had to be strong in resisting loads, earthquakes and also economically, where the budget for doing this was very limited. Based on the data from the soil test, the N-SPT value was obtained at a depth of 10-15m, for that we formulated that the pile foundation that we chose to hold the tank load was around 2174.2 tons. In this case we compare the use of 50cm pile size with 60cm pile usage in order to get a maximum and more economical calculation. The results obtained where we use 60cm diameter pile because it is more economical and maximum cost in holding loads where the budget needs are more economical IDR 88,650,000.*

**Keywords :** *tank capacity of 2000m<sup>3</sup>, pile foundation, size 50cm, size 60cm*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pemanfaatan limbah POME menjadi energi dengan adanya skema penjualan listrik kepada PT PLN (Persero) berdasarkan PERMEN ESDM No. 27/2014 tentang ditetapkannya harga Pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik. Salah satu perusahaan perkebunan kelapa sawit (PKS), yakni PT Perkebunan Nusantara V (Persero) atau PTPN V (Persero) telah menyadari bahwa limbah cair berupa POME yang menghasilkan biogas (sebagian besar berupa gas metana) sangat potensial untuk bahan bakar pembangkit listrik. Pemilihan jenis fundasi tangki pengaduk sangat lah penting dikarena tangki berpengaduk inilah sumber keberhasilan Pilot Plant Biogas Pome tersebut, oleh karena tidak boleh ada kegagalan dalam menentukan jenis fundasi yang akan digunakan.

### Tujuan dan Keluaran

Tujuan dari studi ini adalah:

- Melakukan kajian perhitungan fundasi pile dengan diameter 50cm dan 60cm
- Melakukan analisa perbandingan dari kekuatan dan keekonomisan biaya yang dikeluarkan.

### Keluaran yang ditargetkan:

- Kajian teknis perhitungan analisa fundasi pile dengan menggunakan diameter 50cm dan 60cm
- Kajian perbandingan biaya antara pemakaian fundasi pile 50cm dengan 60cm.

## METODOLOGI DAN TAHAPAN KEGIATAN:

Metodologi dan Tahapan Kegiatan yang dilakukan dalam studi kajian ini, meliputi:

- Melakukan Studi Literatur mengenai sistim perhitungan fundasi pile
- Merumuskan data beban dan data tanah

- Melakukan perhitungan analisa fundasi pile
- Menyusun rekomendasi dari hasil perhitungan pile diameter 50cm dan 60cm

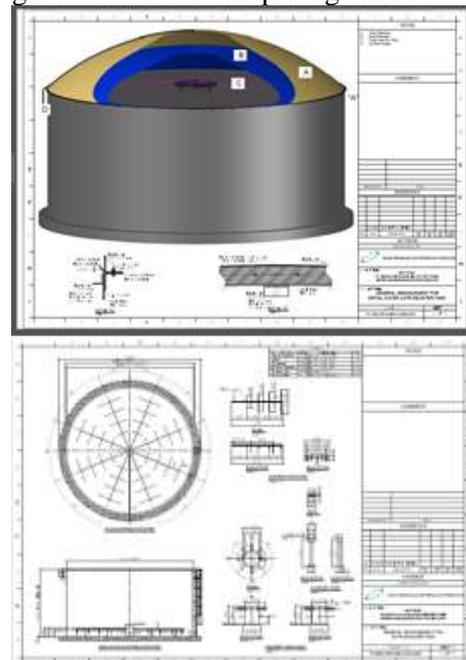
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pekerjaan sipil tangki reactor kapasitas 2000m<sup>3</sup>

Pekerjaan fundasi reaktor ini terdiri dari 2 item pekerjaan antara lain :

- Fundasi Pile
- MAT Fundasi

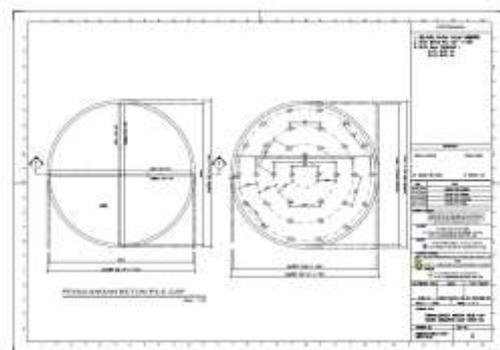
Desain dari reaktor kapasitas 2000m<sup>3</sup> seperti gambar di bawah ini pada gambar 1.

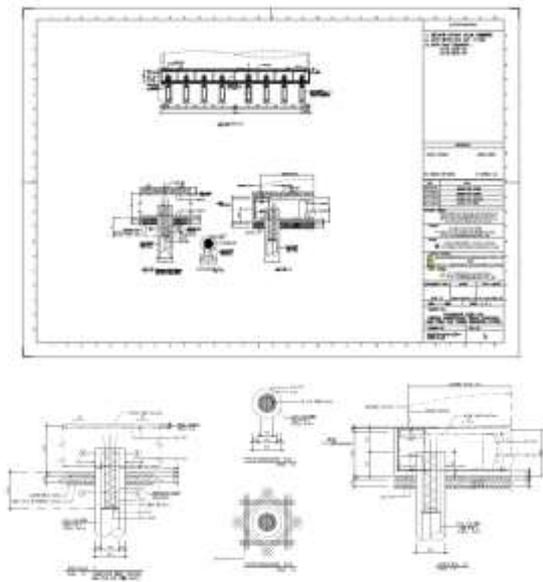


Gambar 1. Unit *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*

### Metoda Desain Fundasi CSTR:

Gambaran desain tapak dan titik posisi pile berdasarkan hasil kajian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.





Gambar 2. Desain Fundasi *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*

Berat Tangki CSTR bersama fluida POME yang akan memberikan beban vertikal pada *Slab Rolled Compacted Concrete (RCC)* setebal 100 cm dan diestimasi mengikuti volume tangki CSTR yaitu sebesar 2174.2 ton. Dan berdasarkan spesifikasi teknis, diperlukan pile 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.

### Bahan Campuran Beton

#### (a) Semen Portland (Portland Cement / PC)

Semua merk PC yang digunakan harus Portland Cement merk Standard, yang telah disetujui oleh badan yang berwenang dan memenuhi persyaratan Portland Cement sesuai dengan [SNI 15-2049-2004](#). Seluruh pekerjaan harus menggunakan satu merk PC. PC harus disimpan secara baik, dihindarkan dari kelembaban sampai tiba saatnya untuk dipakai. PC yang telah menggumpal atau membatu tidak boleh digunakan. PC harus disimpan sedemikian rupa, sehingga mudah untuk diperiksa dan diambil contohnya.

#### (b) Kerikil Koral dan Pasir (Agregat kasar dan halus)

- Agregat harus sesuai dengan syarat-syarat PBI 1971 Bab 3 ayat 3.3, 3.4 dan 3.5. Agregat kasar harus berupa koral atau *crushed stones* yang mempunyai susunan gradasi yang baik, padat (tidak porous) dan cukup syarat kekerasannya. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
- Besar maksimum butir agregat kasar tidak boleh lebih dari 3,0 cm dan tidak lebih dari seperempat dimensi beton yang terkecil dari bagian konstruksi yang bersangkutan.
- Agregat kasar dan halus diangkat dan disimpan terpisah dan harus dicegah terjadinya degregasi dari berbagai ukuran partikel. Agregat harus dijaga terhadap kebersihan dan bebas terhadap material-material lain. Kapasitas tempat harus disiapkan pada tempat sumbernya atau pada site untuk menjamin tersedianya kedua macam agregat tersebut, dengan kualitas dan grading yang telah disetujui untuk menjamin kontinuitas pekerjaan.

#### (c) Air

Air untuk pembuatan dan perawatan beton harus mengikuti syarat PBI-1971 pasal 3.6.

Sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.

#### (d) Bahan Pencampur (Admixture)

- Admixture yang dicampurkan pada beton tidak diizinkan kecuali dengan persetujuan.
- Untuk pemakaian *admixture* seperti tersebut diatas, maka harus sudah membuat percobaan – percobaan perbandingan berat dan W/C ratio dari penambahan admixture tersebut. Hasil crushing test kubus-kubus berumur 7, 14 dan 21 hari dari laboratorium yang untuk disetujui.

**(e) Desain Campuran Beton**

- Adukan beton terdiri dari bahan semen, bahan pembantu (admixture), pasir, koral dan air. Kualitas bahan tersebut harus memenuhi syarat yang ditentukan.
- Perbandingan campuran beton rencana untuk berbagai jenis pekerjaan beton harus ditentukan berdasarkan hasil percobaan kubus beton, dapat dipakai untuk pekerjaan yang dimaksud.
- Bila campuran beton rencana yang telah disetujui diganti kualitas dari sumber ataupun agregatnya, maka harus dicari lagi campuran yang baru sehingga tetap memenuhi syarat. Untuk campuran beton yang baru tersebut prosedural membuat campuran testing kubus beton.
- Didalam membuat campuran beton, jumlah semen dan agregat akan diukur menurut berat, kecuali dalam beberapa hal khusus, pengukuran material dengan volume, akan dipakai untuk bangunan-bangunan struktur yang kecil.
- Semua volume dan berat agregat, semen, dan air harus ditakar dengan seksama. Bilamana proporsi - proporsi yang disyaratkan tidak dilaksanakan, maka konstruksi beton yang sudah dicor akan diperintahkan untuk segera disingkirkan.
- Jumlah semen yang dipakai minimum sebesar  $340 \text{ Kg/m}^3$  beton untuk struktur bangunan air dan reservoir, serta minimum sebesar  $275 \text{ Kg/m}^3$  untuk struktur bangunan biasa.

**(f) Persiapan Pengecoran Beton**

Sebelum pekerjaan beton dimulai, maka 24 jam sebelumnya harus membuat laporan tertulis yang menyebutkan:

- Jumlah volume beton yang dicor
- Jumlah alat-alat pengecoran antara lain: mixer, fibrator, yang tersedia di lapangan.
- Jumlah portland cement yang tersedia di lapangan.

- Jumlah pasir, koral/kerikil yang tersedia di lapangan.
- Jumlah air yang tersedia untuk pembetonan
- Jumlah cetakan-cetakan kubus beton yang tersedia di lapangan.
- Jumlah tenaga kerja yang ada di lapangan.
- Perbandingan campuran beton yang akan dilaksanakan.
- Time schedule pelaksanaan pengecoran.
- Skema jalannya pengecoran sampai selesai

**(g) Pencegahan Korosi**

Pipa, pipa listrik, anker dan bahan lain yang terbuat dari besi yang ditanam dalam beton harus dipasang cukup kuat sebelum pelaksanaan pengecoran beton. Jarak antara bahan tersebut dengan setiap bagian pembesian sekurang-kurangnya harus 5 cm. Cara yang dibenarkan untuk mengikat bahan itu pada kedudukan yang benar adalah dengan kawat atau mengelas ke besi beton.

**(h) Persiapan Permukaan Yang akan Dicor Beton**

Sebelum adukan beton dicor, semua ruang-ruang yang akan diisi dengan beton harus dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian cetakan-cetakan dan pasangan-pasangan dinding yang akan berhubungan dengan beton harus dibasahi dengan air sampai jenuh. Permukaan tanah atau lantai kerja harus dibasahi dengan siraman air sebelum pengecoran, permukaan tersebut harus tetap basah dengan penyiraman air terus menerus sampai tiba saat pengecoran. Bagaimanapun juga permukaan tersebut harus bebas dari air yang tergenang dan juga bebas dari lumpur serta kotoran-kotoran pada saat pengecoran beton.

**(i) Sambungan Beton**

Bidang-bidang beton lama yang akan berhubungan erat dengan beton baru, dan bila perlu juga bidang-bidang akhir dari beton pada saat pelaksanaan, harus dikasarkan dulu, kemudian bidang-bidang tersebut harus dibersihkan dari segala kotoran dan benda-benda lepas, setelah itu harus dibasahi dengan air sampai jenuh. Setelah permukaan disiapkan, sesaat sebelum beton yang baru akan dicor semua permukaan sambungan beton yang horizontal harus dilapisi atau disapu dengan spesi mortel dengan susunan yang sama seperti yang terdapat dalam betonnya. Lapisan spesi mortel tersebut harus disebar merata dan harus dikerjakan benar sampai mengisi ke dalam seluruh liku-liku permukaan beton lama yang tidak rata, sedapat mungkin harus dipergunakan sapu kawat untuk menyisipkan lapisan aduk tersebut ke dalam celah permukaan beton lama.

**(j) Persiapan Pengecoran**

Beton tidak boleh dicor, bila seluruh pekerjaan bekisting, pekerjaan tulangan dan pekerjaan instalasi yang tertanam selesai dipasang dan persiapan seluruh permukaan tempat pengecoran. Seluruh permukaan bekisting dan bagian instalasi yang akan ditanam di dalam beton yang tertutup dengan kerak beton bekas pengecoran yang lalu, harus dibersihkan terhadap seluruh kerak beton tersebut, sebelum beton di sekelilingnya atau beton yang berdekatan di cor.

**(k) Penyingkiran Air**

Beton tidak boleh dicor sebelum semua genangan air yang memasuki tempat pengecoran tersebut dikeringkan dengan sebaik-baiknya. Beton tidak boleh dicor di dalam air dan juga tidak dibenarkan membiarkan air mengalir di atas beton sebelum beton cukup umurnya dan mencapai pengerasan awal.

**(l) Toleransi Kesalahan Pada Pelaksanaan Beton**

Beton harus mempunyai ukuran-ukuran dimensi lokasi dan bentuk yang tidak boleh

melampaui toleransi berikut ini : Posisi garis as dari penyelesaian bagian struktur pada semua titik  $\pm 0,5$  cm posisi yang seharusnya.

**(m) Pembengkokan Besi Beton**

Pekerjaan pembengkokan besi harus dilaksanakan dengan teliti sesuai dengan ukuran yang tertera.

Besi beton tidak boleh dibengkokan atau diluruskan sedemikian rupa, sehingga rusak atau cacat, dan tidak diperbolehkan membengkokan besi beton dengan cara pemanasan. Pembengkokan dilakukan dengan cara melingkari sebuah pasak dengan diameter tidak kurang dari 5 kali diameter besi beton, kecuali untuk besi beton yang lebih besar dari 25 mm, pasak yang digunakan harus tidak kurang dari 8 x diameter besi beton, kecuali bila ditentukan lain.

Semua pembesian harus mempunyai hak pada kedua ujungnya bilamana tidak ditentukan lain.

**(n) Pemasangan Besi Tulangan**

Pembersihan. Sebelum baja tulangan dipasang, besi beton harus bebas dari sisa logam, karatan, lemak dan lapisan yang dapat merusak atau mengurangi daya lekat besi dan beton.

Pemasangan. Pembesian harus distel dengan cermat sesuai dengan gambar dan diikat dengan kawat beton. Semua tulangan harus dipasang dengan posisi yang tepat. Sebelum pengecoran, pemasangan tulangan harus diperiksa oleh Pemberi Tugas / Pengawas Lapangan. Tulangan-tulangan harus dipasang sedemikian rupa sehingga selama pengecoran tidak berubah tempatnya.

Dimana biaya pekerjaan fundasi reaktor **Rp. 1,729,348,465.97**, dengan pile diameter 60cm dapat dilihat pada tabel 1. Biaya dengan pile diameter 50cm **Rp. 1,817,998,465.97** dapat dilihat pada tabel 2, dimana selisih **Rp. 88,650,000**, dalam tabel 3 terlihat perbedaan banyaknya pile antara ukuran 50 cm dengan ukuran 60cm

Tabel 1. Rencana Biaya Pekerjaan Fundasi Tangki Reaktor 2000m<sup>3</sup> dengan ukuran pile 60cm

No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi Material & Keterangan Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah Harga
						Bahan & Upah
VIII.A.1	Pekerjaan galian tanah pondasi tapak		192.33	m <sup>3</sup>	88,750.00	17,068,843.75
VIII.A.2	Pekerjaan lapisan pasir bawah tapak		24.04	m <sup>3</sup>	281,770.00	6,773,926.91
VIII.A.3	Pekerjaan lantai kerja bawah tapak	Mutu Beton K-150, Tanpa Tulangan	12.02	m <sup>3</sup>	1,079,000.00	12,969,917.19
VIII.A.4	Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang	Spun Pile Diameter 60 cm , kedalaman 12 m	384.00	m'	540,000.00	207,360,000.00
VIII.A.5	Pekerjaan Beton Slab Pondasi Tangki	Mutu Beton K-350, ex. Baja Tulangan KS/setara	312.53	m <sup>3</sup>	4,161,000.00	1,300,429,528.13
VIII.A.6	Pekerjaan Pematatan Tanah	Eks. Mesin Giling 4 ton	306.25	m <sup>2</sup>	225,000.00	68,906,250.00
VIII.A.7	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Pancang		1.00	ls	8,000,000.00	8,000,000.00
VIII.A.8	Pemancangan Spun Pile dengan Drop Hammer 80 ton	DD Hammer 80 ton	384.00	m'	255,000.00	97,920,000.00
VIII.A.9	Pengelasan penyambungan Spun Pile		32.00	ttk	130,000.00	4,160,000.00
VIII.A.10	Pemotongan tiang spun pile		32.00	ttk	180,000.00	5,760,000.00
Total biaya pekerjaan pondasi / sub struktur						1,729,348,465.97

Tabel 2. Rencana Biaya Pekerjaan Fundasi Tangki Reaktor 2000m<sup>3</sup> dengan ukuran pile 50cm

VIII.A. Pekerjaan Pondasi dan Struktur						
No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi Material & Keterangan Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan	Jumlah Harga
						Bahan & Upah
VIII.A.1	Pekerjaan galian tanah pondasi tapak		192.33	m <sup>3</sup>	88,750.00	17,068,843.75
VIII.A.2	Pekerjaan lapisan pasir bawah tapak		24.04	m <sup>3</sup>	281,770.00	6,773,926.91
VIII.A.3	Pekerjaan lantai kerja bawah tapak	Mutu Beton K-150, Tanpa Tulangan	12.02	m <sup>3</sup>	1,079,000.00	12,969,917.19
VIII.A.4	Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang	Spun Pile Diameter 60 cm , kedalaman 12 m	492.00	m'	540,000.00	265,680,000.00
VIII.A.5	Pekerjaan Beton Slab Pondasi Tangki	Mutu Beton K-350, ex. Baja Tulangan KS/setara	312.53	m <sup>3</sup>	4,161,000.00	1,300,429,528.13
VIII.A.6	Pekerjaan Pematatan Tanah	Eks. Mesin Giling 4 ton	306.25	m <sup>2</sup>	225,000.00	68,906,250.00
VIII.A.7	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Pancang		1.00	ls	8,000,000.00	8,000,000.00
VIII.A.8	Pemancangan Spun Pile dengan Drop Hammer 80 ton	DD Hammer 80 ton	492.00	m'	255,000.00	125,460,000.00
VIII.A.9	Pengelasan penyambungan Spun Pile		41.00	ttk	130,000.00	5,330,000.00
VIII.A.10	Pemotongan tiang spun pile		41.00	ttk	180,000.00	7,380,000.00
Total biaya pekerjaan pondasi / sub struktur						1,817,998,465.97

Tabel 3. Perbandingan Pekerjaan Sipil Sistim Penutup Lagoon dan Sistim Tangki

Pile Ukuran 50cm	Pile Ukuran 60cm
Jumlah Pile yang dibutuhkan 41 pile dengan kedalaman 12m	Jumlah pile yang dibutuhkan 32 pile dengan kedalaman 12m
Ketebalan Mat Fundasi 100cm	Ketebalan Mat Fundasi 100cm
Waktu pemancangan lebih lama karena jumlahnya lebih banyak	Waktu Pemancangan relative lebih cepat
Biaya yang di perlukan sekitar Rp. <b>1,817,998,465.97</b>	Biaya yang di perlukan sekitar Rp. <b>1,729,348,465.97</b>

diameter 60cm, lebih ekonomis Rp. 88,650,000

## SIMPULAN DAN SARAN

### SIMPULAN

Dari kajian pemilihan pondasi dengan menggunakan pile 50cm dan 60cm dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Tinjauan dari kebutuhan pile yang di gunakan antara menggunakan pile 50cm dan 60cm dengan perbedaan 9 pile dimana 50cm lebih banyak
- Waktu Pekerjaan sipilnya dengan menggunakan diameter 60cm akan lebih cepat pengerjaannya.
- Biaya pekerjaan sipilnya fundasi sistim tangki dengan menggunakan

### SARAN

Dalam pemilihan sistim fundasi pile perlu di perlukan perencanaan berdasarkan pembebanan yang ada dan type perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan desain fundasi yang maksimal.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada **Dr.Ir. Samuel 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**

Ika Wulandari. 2018. *Rencana Anggaran Pekerjaan Sipil. Technical Note* . BTBRD-BPPT

SNI 2847 : 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*

PERMEN ESDM. *Tentang ditetapkannya harga Pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero) dari pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi terbarukan skala kecil dan menengah atau kelebihan tenaga listrik*. No. 27/2014

Laporan Kemajuan. *Konstruksi Pondasi Pilot Plant Biogas Pome 700kW*. Insinas Flagship. 2019