

PERBANDINGAN BIAYA ANTARA DESAIN STRUKTUR SIPIL BERBASIS PENUTUP LAGOON DAN SISTEM TANGKI PLT BIOGAS POME 700 KW DI PTPN V RIAU

Samdi Yarsono¹, Lan Marrakup TN¹, Ika Wulandari¹, Eva Nur Septinia¹, Giman¹, Mohammad Imamudin², Juda Suwandi², Basit Al Hanif², Andika²

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

²Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta Jl. Cempaka Putih Tengah 27,
Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 10510

samdi.yarsono@bppt.go.id

Abstrak

Kebutuhan energi terbarukan di Indonesia sangatlah penting, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) merupakan pembangkit listrik energi terbarukan. Pengembangan energi terbarukan untuk pembangkit listrik ini mendukung program pemerintah dalam meningkatkan peran energi terbarukan dalam terbaunan mix-energy nasional, dimana saat ini sumber energi terbarukan persinya relatif kecil. BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dalam kegiatannya melakukan pembangunan pilot plant 700 kW berkerjasama dengan PTPN V (PT. Perkebunan Nusantara V) dengan sistem penutup lagoon dimana area yang dibutuhkan 225x83m. RistekDikti melalui programnya Insinas Flagship nya memberikan anggaran penelitian selama 3 tahun untuk melakukan kegiatan pembuatan pilot plant 700 kW dengan sistem tangki yang dikerjakan oleh peneliti BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), dimana area yang dibutuhkan sekitar 60x34m lebih kecil dari sistem penutup lagoon. Optimal dalam desain struktur sipil menjadi fokus dalam makalah ini. Desain struktur sipil PLT Biogas dengan sistem Tangki adalah solusi untuk mengurangi kebutuhan lahan, dimana kebanyakan reaktor yang dipakai dalam sistem lagoon adalah menggunakan kolam yang relatif sangat banyak membutuhkan lahan yang luas dan pekerjaan juga sangat relatif lama karena terpengaruh terhadap kondisi cuaca dan tanah. Desain struktur sipil PLT Biogas sangat penting untuk direncanakan, dimana terdiri dari desain struktur bawah dan desain struktur atas. Perbandingan biaya struktur sipil antara sistem berbasis penutup lagoon dengan sistem berbasis tangki dari segi biaya nya tidaklah berbeda jauh karena nilai atas tanah tidak di perhitungkan, dimana sistem penutup lagoon Rp. **2,987,106,111** sedangkan sistem tangki **2,976,380,000**.

Kata kunci: desain struktur, penutup *lagoon*, sistem tangki PTPN V, biaya

Abstract

Renewable energy needs in Indonesia are very important, Biogas Power Plants (PLTBg) are renewable energy power plants. The development of renewable energy for power plants supports the government program in increasing the role of renewable energy in the national mix-energy mix, where currently renewable energy sources are relatively small. BPPT (Agency for the Assessment and Application of Technology) in its activities carried out the construction of a 700 kW pilot plant in collaboration with PTPN V (PT. Perkebunan Nusantara V) with a lagoon cover system where the required area of 225x83m. RistekDikti through its flagship program gives the research budget for 3 years to conduct the pilot plant 700 kW with a tank system which is carried out by researchers of the BPPT (Agency for the Assessment and Application of Technology), where the required area of around 60x34m is smaller than the lagoon cover system. Optimal in the design of civil structures is the focus of this paper. The civil structure design of the Biogas PLT with the Tank system is a solution to reduce land

requirements, where most of the reactors used in the lagoon system are using ponds that are very much in need of large areas of land and work is also very long time due to weather and soil conditions. The civil structure design of the Biogas PLT is very important to plan, which consists of the design of the lower structure and the design of the upper structure. The comparison of civil structural costs between lagoon cover systems and tank based systems in terms of costs is not very different because the value of land is not taken into account, where the lagoon cover system is Rp. 2,987,106,111 while the tank system is 2,976,380,000.

Keywords : structure design, *lagoon cover*, PTPN V, tank system, cost

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 Teknologi PLT Biogas sangat lah penting apakah sistim lagoon atau tangki dengan melihat kebutuhan lahan dan biaya pekerjaan sipil yang dikeluarkan.

Tujuan dan Keluaran

Tujuan dari studi ini adalah:

- Melakukan kajian mengenai perbandingan biaya sipil antara sistim lagoon dan tangki.
- Melakukan studi banding antara sistim lagoon dan tangki yang sudah dibuat dan akan dibangun oleh BPPT di PTPN V Riau dari segi pekerjaan sipil.

Keluaran yang ditargetkan:

- Kajian teknis pekerjaan sipil sistim lagoon dan tangki pada PLT Biogas 700 kW.
- Kajian perbandingan biaya pekerjaan sipil pada penggunaan sistim lagoon dan tangki pada PLT Biogas 700 kW.

METODOLOGI DAN TAHAPAN KEGIATAN:

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

- Melakukan Studi Literatur PLT Biogas Pome sistim penutup lagoon dan tangki.
- Pengumpulan data primer dan sekunder, yaitu berupa data spesifikasi teknis, PLT Biogas Pome sistim lagoon dan tangki.
- Melakukan *review* dan analisa data teknis lingkup pekerjaan sipil pada kedua sistim tersebut.
- Menyusun rekomendasi pekerjaan sipil pada sistim tangki.

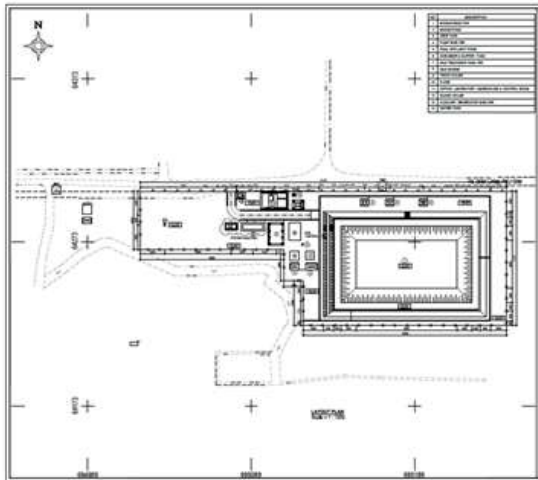
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pekerjaan sipil PLT Biogas Pome 700 kW sistim Lagoon

Spesifikasi teknis Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas POME kapasitas terpasang 0,7 MW, antara lain :

- Teknologi biogas reaktor yang digunakan adalah menggunakan geomembrane liner dengan *covered lagoon*
- Konseptual *Layout Biogas Plant*

Biogas plant akan didirikan di lahan yang sudah disediakan, di dalam kompleks PKS milik PTPN V tidak jauh dari area kolam limbah. Luas lahan yang digunakan untuk fasilitas biogas plant adalah (225x83) m dengan *layout* seperti gambar di bawah ini pada gambar 1.



Gambar 1. General Layout Sistim Penutup Lagoon

Pekerjaan Sipil meliputi:

- a. Pekerjaan Persiapan
- b. Pekerjaan Sipil Reaktor
- c. Pekerjaan Jalan
- d. Pekerjaan drainase terbagi 3 :
 1. Drainase utama (*main drainage*) yaitu drainase sekeliling reaktor dimana berfungsi sebagai koneksi aliran air terakhir yang akan ditujukan ke *drainage existing*. Material menggunakan beton precast (diutamakan) dengan mutu minimum K225.
 2. Drainase sekunder yaitu drainase sekeliling tanggul reaktor dimana aliran air akan dikoneksikan ke drainase utama. Material boleh menggunakan batu bata atau batu kali / batu gunung dengan *finishing* plester.
 3. Drainase tersier yaitu drainase bangunan dimana aliran air akan dikoneksikan ke drainase utama. Material boleh menggunakan batu bata dengan *finishing* plester.
- e. Pekerjaan pagar permanen
- f. Pekerjaan Struktur
 1. Pekerjaan *mixing pond* dan *final effluent pond*
 - a. Material *mixing pond* menggunakan beton bertulang dengan *finishing* aci dilengkapi dengan *geomembrane* liner dengan tebal minimum 1mm.

Mutu beton bertulang minimum adalah K225. Pekerjaan mutu beton bertulang dilengkapi dengan tes kuat tekan. Apabila mutu beton kurang dari K225, kontraktor wajib memberikan tindakan injeksi *grouting* atau persetujuan antara Kontraktor dengan Perusahaan.

- b. Tebal minimum dinding beton adalah 20cm.
- c. Tebal minimum *raft foundation* adalah 30cm.

2. Pekerjaan *weir tank*

Weir tank harus disediakan dudukan equipment berupa pondasi dengan material beton bertulang. Mutu beton bertulang minimum adalah K225. Pekerjaan mutu beton bertulang dilengkapi dengan tes kuat tekan. Apabila mutu beton kurang dari K225, kontraktor wajib memberikan tindakan injeksi *grouting* atau persetujuan antara Kontraktor dengan Perusahaan.

3. Pekerjaan pump shelter

1. Setiap equipment bergetar seperti pompa, wajib disediakan *shelter* untuk melindungi dari cuaca hujan dengan mempertimbangkan jarak kantilever untuk tampias hujan, mempertimbangkan letak tata letak pondasi *equipment* yang dikoordinasikan dengan *piping* dan *electrical* (kebutuhan pondasi panel lokal).
2. Khusus 2 buah pompa di dalam 1 shelter, material pump *shelter* baja minimum menggunakan *hollow* 30x60x2,3.
3. Khusus 3 buah pompa di dalam 1 shelter, material pump *shelter* baja minimum boleh menggunakan *hollow*, CNP atau INP.

4. Pekerjaan *scrubber* dan *buffer tank*

1. Pondasi *scrubber* dan *buffer tank* menggunakan *piling* dimana *piling* boleh menggunakan *strauss pile*, *mini pile* dan *bore pile*. Khusus *strauss pile* menggunakan mutu beton minimum K225. Khusus *mini pile* dan *bore pile* menggunakan mutu beton minimum K250.
2. *Equipment scrubber* dilengkapi dengan sling dimana dilengkapi pondasi *sling* 3 titik.

5. Pekerjaan gas treatment shelter

1. Setiap equipment bergetar maupun tidak bergetar seperti *chiller*, *blower*, *biogas filter*, KO drum dalam lain – lain, wajib disediakan shelter untuk melindungi dari cuaca hujan dengan mempertimbangkan jarak kantilever untuk tampias hujan, mempertimbangkan letak tata letak pondasi *equipment* yang dikoordinasikan dengan piping dan mechanical.
2. Pondasi menggunakan pondasi tapak dengan mutu minimum K225.
3. Material baja menggunakan IWF150.75.5.7.
4. Khusus area atap, atap wajib diberikan *wind bracing*.

6. Pekerjaan *flare pad*

Pondasi *flare pad* menggunakan piling dimana *piling* boleh menggunakan *strauss pile*, *mini pile* dan *bore pile*. Khusus *strauss pile* menggunakan mutu beton minimum K225. Khusus *mini pile* dan *bore pile* menggunakan mutu beton minimum K250.

7. Pekerjaan *office*, *laboratory*, *warehouse*, *control room* dan *guard house*

Pondasi menggunakan pondasi batu kali / batu gunung dilengkapi dengan anstamping dimana dilengkapi dengan pondasi tapak yang sejajar dengan kolom dengan mutu minimum K225. Atap menggunakan baja ringan dengan kekuatan minimum G550.

Koneksi antara batu bata dengan kolom menggunakan angkur dimana angkur berupa tulangan.

8. Pekerjaan *gas engine & auxiliary generator shelter*

Equipment ini wajib disediakan *shelter* untuk melindungi dari cuaca hujan dengan mempertimbangkan jarak *cantilever* untuk tampias hujan, mempertimbangkan letak tata letak pondasi *equipment* yang dikoordinasikan dengan *elektrical*. Pondasi menggunakan pondasi tapak dengan mutu minimum K225. Material baja menggunakan IWF150.75.5.7. Khusus area atap, atap wajib diberikan *wind bracing*.

9. Pekerjaan *water tank*

Pondasi menggunakan pondasi tapak dengan mutu minimum K225. Material tower baja menggunakan siku. *Tower* baja dilengkapi akses *maintenance* tangga siku.

10. Pekerjaan penangkal petir

Pondasi menggunakan mutu beton minimum K225 dengan dilengkapi pondasi sling 3 titik dengan mutu beton minimum K225.

Dimana biaya pekerjaan sipilnya senilai Rp. **2,987,106,111** dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Biaya Pekerjaan Sipil Sistim Penutup Lagoon

No	Pekerjaan	Spesifikasi	Jml	Sat	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
PEKERJAAN KONSTRUKSI SIPIL						
1	Pekerjaan Persiapan					
	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat		1	lot	45,000,000	45,000,000
	<i>Clearing</i> dan Pengukuran	Pembersihan Lahan	1	lot	373,500,000	373,500,000
	Papan Nama Proyek &					

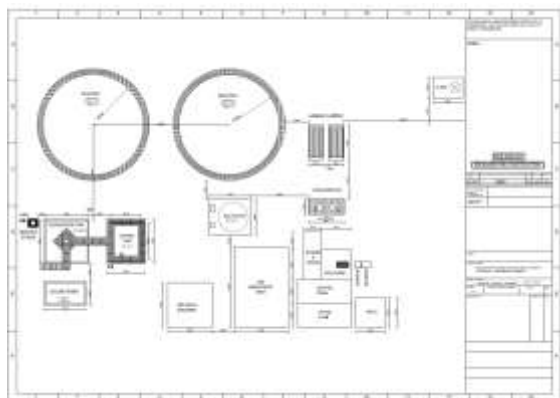
	Rambu K3		1	unit	2,485,938	2,485,938
	Fasilitas Sementara	Direksi Keet, Gudang, WC Sementara dan Barak Pekerja	1	lot	116,985,76 4	116,985,764
	Sumur Air		1	unit	14,319,000	14,319,000
	Pekerjaan <i>Cut and Fill</i> Reaktor Biogas		1	lot	680,654,00 0	680,654,000
	Pekerjaan Galian dan Timbunan Pengunci <i>Geomembrane</i>		1	lot	28,077,427	28,077,427
	Pekerjaan Pengisian Air		1	lot	21,649,117	21,649,117
2	Pekerjaan Jalan, Drainase, dan Pagar					
	Jalan Sirtu	Sirtu, tebal 15 cm	1	lot	75,182,979	75,182,979
	Drainase 645 m	U 500 x 400	1	lot	33,033,271	33,033,271
	Drainase Sekunder 497m	Batu bata, plester	1	lot	82,526,730	82,526,730
	Pagar Keliling 656 m	BRC HD-150	1	lot	209,920,00 0	209,920,000
3	Pekerjaan Struktur dan Arsitektur					
	<i>Mixing Pond</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K- 225	1	lot	120,000,00 0	120,000,000
	<i>Pump House Reactor</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K- 225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	171,000,00 0	171,000,000
	<i>Final Effluent Pond</i>	Tanah galian dengan level yang sesuai; dilapisi HDPE <i>geomembran</i> tebal 1 mm	1	lot	46,438,894	46,438,894
	<i>Scrubber System Pad</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K- 225	1	lot	96,000,000	96,000,000
	<i>Gas Treatment Shelter</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K- 225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	171,000,00 0	171,000,000

	<i>Gas Engine & Auxiliary Genset Shelter</i>	Urugan pasir & Lean concrete; Beton tulangan kualitas K-225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	145,800,000	145,800,000
	<i>Trafo House</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, keramik lantai.	1	lot	26,330,390	26,330,390
	<i>Flare Pad</i>	Urugan pasir & Lean concrete; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	37,500,000	37,500,000
	<i>Office</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, bak mandi, WC Jongkok, keran air, keramik lantai, <i>septic tank</i> .	1	lot	145,800,000	145,800,000
	<i>Guard House</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, keramik lantai.	1	lot	28,800,000	28,800,000
	<i>Pipe Support</i>		1	lot	40,000,000	40,000,000
4	Penyediaan Kelengkapan HSE					
	Penyediaan APAR CO2	CO2 4,5 kg	1	unit	3,547,500	3,547,500
	Penyediaan APAR Dry Chemical	Dry Chemical 3 kg	1	unit	10,642,500	10,642,500
						2,715,551,010
					PPN	271,555,101
					TOTAL	2,987,106,111.00

Pekerjaan sipil PLT Biogas Pome 700 kW sistim tangki

Luas lahan yang yang digunakan untuk fasilitas biogas plant adalah (60x34) m Dengan spesifikasi yang sama, kecuali reactor yang digunakan menggunakan sistim tangki

dengan kapasitas 2 x 2000 m³ dengan diameter 19 m dengan ketinggian tangki 9 m dengan layout seperti pada gambar 2.



Gambar 2. General Layout Sistim Tangki Pekerjaan Sipil yang dikerjakan dengan spesifikasi yang sama dengan spesifikasi teknis

PLT Biogas Pome sistim penutup lagoon, dengan menghilangkan item pekerjaan pond pada reactor dimana pengurangi biaya cut dan fill yang sangat banyak, pekerjaan land clearing mengalami pengurangan yang signifikan.

Struktur pondasi yang dipakai menggunakan pondasi raft foundation dengan melihat kondisi tanah berdasarkan hasil soil test. Untuk di tempat sei pagar area PTPN V ini bisa dipakai pondasi gabungan dengan pile atau pun tidak dengan kekuatan beton yang dipakai minimum K250.

Dimana biaya pekerjaan sipilnya senilai Rp. **2,976,380,000** dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Biaya Pekerjaan Sipil Sistim Tangki

No	Pekerjaan	Spesifikasi	Jm l	Sat	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
PEKERJAAN KONSTRUKSI SIPIL						
1	Pekerjaan Persiapan					
	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat		1	lot	45,000,000	45,000,000
	Clearing dan Pengukuran	Pembersihan Lahan	1	lot	40,800,000	40,800,000
	Papan Nama Proyek & Rambu K3		1	unit	2,500,000	2,500,000
	Fasilitas Sementara	Direksi Keet, Gudang, WC Sementara dan Barak Pekerja	1	lot	115,000,000	115,000,000
	Sumur Air		1	unit	14,000,000	14,000,000
	Pekerjaan Pondasi Reaktor Biogas 2x2000 m ³	Urugan pasir & Lean concrete; Beton tulangan kualitas K-250	1	lot	1,200,000,000	1,200,000,000
2	Pekerjaan Jalan, Drainase, dan Pagar					
	Jalan Sirtu	Sirtu, tebal 15 cm	1	lot	55,000,000	55,000,000
	Drainase	U 500 x 400	1	lot	25,000,000	25,000,000
	Drainase Sekunder	Batu bata, plester	1	lot	50,000,000	50,000,000
	Pagar Keliling	BRC HD-150	1	lot	49,500,000	49,500,000

3	Pekerjaan Struktur dan Arsitektur					
	<i>Vibration Screen</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	4,000,000	4,000,000
	<i>Equalization Tank</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	98,000,000	98,000,000
	<i>Buffer Tank</i>	Tanah galian dengan level yang sesuai; dilapisi HDPE <i>geomembran</i> tebal 1 mm	1	lot	84,000,000	84,000,000
	<i>Biological Scrubber</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	96,000,000	96,000,000
	<i>Cooling Tower</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	56,000,000	56,000,000
	<i>Gas Management Area</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	240,000,000	240,000,000
	<i>Gas Engine & Silencer</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225; rangka atap & atap tipe <i>zincallum</i> 0,45	1	lot	100,000,000	100,000,000
	<i>Blower & Dehum</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	24,000,000	24,000,000
	<i>Trafo House</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, keramik lantai.	1	lot	25,000,000	25,000,000
	<i>Gas Header</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	30,000,000	30,000,000
	<i>Flare Pad</i>	Urugan pasir & <i>Lean concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-	1	lot	37,500,000	37,500,000

		225				
	<i>Control Panel</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, Lantai beton	1	lot	108,000,000	108,000,000
	<i>Office</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, bak mandi, WC Jongkok, keran air, keramik lantai, <i>septic tank</i> .	1	lot	108,000,000	108,000,000
	<i>Foam Arrester</i>	Pondasi tapak, sloof dan kolom, dinding plester dan aci, rangka atap & atap <i>zincallum</i> 0,45, keramik lantai.	1	lot	15,000,000	15,000,000
	<i>Lamella Clarifier</i>	Urugan pasir & Lean <i>concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	50,000,000	50,000,000
	<i>Pipe Support</i>	Urugan pasir & Lean <i>concrete</i> ; Beton tulangan kualitas K-225	1	lot	20,000,000	20,000,000
4	Penyediaan Kelengkapan HSE					
	Penyediaan APAR CO2	CO2 4,5 kg	1	unit	3,500,000	3,500,000
	Penyediaan APAR <i>Dry Chemical</i>	<i>Dry Chemical</i> 3 kg	1	unit	10,000,000	10,000,000
						2,705,800,000
					PPN	270,580,000
					TOTAL	2,976,380,000

Perbandingan pekerjaan sipil sistim penutup lagoon dan sistim tangki bisa terlihat dalam tabel 3.

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

Penutup Lagoon	Tangki
Lahan yang dibutuhkan relative luas sekitar 225x 83 m	Lahan yang dibutuhkan tidak terlalu luas 60x34 m
Membutuhkan biaya land clearing yang tinggi	Membutuhkan biaya land clearing relative lebih murah
Biaya untuk pembuatan jalan, drainase dan pagar relative tinggi	Biaya untuk pembuatan jalan, drainase dan pagar tidak terlalu tinggi
Membutuhkan waktu yang relative lebih lama dalam pengerjaan penutup lagoon	Membutuhkan waktu relative lebih cepat, karena pekerjaan reactor sistim tangki bisa diparalel di fabrikasi di luar.
Biaya yang di perlukan sekitar Rp. 2,987,106,111.00	Biaya yang di perlukan sekitar Rp. 2,976,380,000

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Dari kajian perbandingan biaya pekerjaan sipil pada penggunaan sistim lagoon dan tangki pada PLT Biogas 700 kW dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Tinjauan dari kebutuhan area yang dibutuhkan bahwa sistim tangki lebih kecil luasannya yang dibutuhkan sekitar 60x34 m sedangkan area yang dibutuhkan pada sistim penutup lagoon membutuhkan luasan 225x83 m dengan perbandingan 9x lebih luas.
- Waktu Pekerjaan sipilnya lebih cepat pengerjaannya.
- Biaya pekerjaan sipilnya sistim tangki relative lebih murah jika kondisi tanah relative bagus bukan di tanah rawa atau berlumpur, dikarena jika ditanah dengan konsolidasi tidak baik maka bisa jadi biaya pekerjaan sipil sistim tangki menjadi lebih mahal karena di butuhkan tiang pancang untuk menjaga kestabilan dan kekuatan. Dalam pemilihan sistim teknologi juga harus juga memperhatikan keperluan luasan dan kondisi tanah yang akan menyebabkan mahalnya biaya pekerjaan sipil.

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

- Ika Wulandari. 2017. *Rencana Anggaran Pekerjaan Sipil. Technical Note*. BTBRD-BPPT
- 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 Pendahuluan. *Desain struktur sipil sistim tangki*. Insinas Flagship. 2018