

Studi Kelayakan Sistem Instalasi Biogas sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Sewage Kapal

Betty Ariani¹, Dian Prasetyawati², Dedy Wahyudi³
Teknik Perkapalan – Fakultas Teknik^{1,2,3}
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Surabaya, Indonesia
Betty.ariani@gmail.com

Abstrak – Sewage plant merupakan sistem di kapal yang lekat dengan fungsinya melayani limbah urinal, toiletris, dan bekas cuci. Selama ini diketahui bahwa limbah hanya sebatas ditampung kemudian dilakukan treatment biologi maupun kimiawi untuk kemudian dibuang atau dipindahkan ke pembuangan akhir baik di darat maupun lautan. Dalam Marpol annex IV jelas tertuang larangan akan pencemaran terhadap lingkungan perairan. Sistem instalasi direncanakan dapat memberikan kontribusi pasokan energi di kapal. Skema sistem memperhatikan variabel jumlah penumpang dan periodisasi fermentasi yang dilakukan. Dengan kemampuan produksi gas 12 m³ perhari dengan asumsi 1500 penumpang diperkirakan dapat membangkitkan energi baru sebesar 55,9 Kwh dan gas cooking 79 orang. Kajian ekonomis terhadap kelayakan sistem dilakukan dengan beberapa metode yaitu cost & benefit ratio, Payback periode, Net present value dan internal rate ratio dan didapatkan nilai berturut – turut sebesar CBR adalah 1,58, payback periode selama 2 tahun 57 hari, nilai net present value sebesar Rp238.857.571,98 dan IRR sebesar 27,4% dengan nilai investasi sebesar Rp 98.930.000,- dapat dinyatakan bahwa perencanaan instalasi biogas ini layak dilakukan.

Key word – Instalasi Biogas, investasi, Sewage , Pengolahan limbah, studi kelayakan

I. PENDAHULUAN

Pembuangan limbah diperairan menyebabkan beberapa permasalahan antara lain menimbulkan kerusakan pada biota laut, mengganggu ekosistem perairan dan menimbulkan permasalahan pada masyarakat pesisir dan muara sungai. Meskipun secara tingkat bahaya dan resiko pencemaran laut akibat tumpahan minyak dan zat kimia adalah yang paling tinggi derajatnya, namun pembuangan limbah hasil proses dan operasional kapal seperti limbah

sewage ini juga turut berkontribusi dalam pencemaran lingkungan. Sistem pembuangan dikapal yang terkait dengan limbah toiletris yang berisikan tinja dan urine manusia yang berasal dari toilet ruang akomodasi disebut sebagai Sewage Plant. Sistem ini bertanggung jawab atas limbah aktivitas manusia ini mulai dari geladak akomodasi hingga ke pembuangan akhirnya baik melalui overboard maupun shore connection. Sistem ini melakukan treatment baik secara biologi maupun kimiawi ketika akan melakukan buangnya ke laut lepas akan tetapi ada beberapa kerugian yang di timbulkan dari hasil treatment ini yaitu masih adanya cemaran kimiawi walaupun skala kecil pada perairan seperti pemakaian klorin yang meracuni lingkungan. Dari studi yang dilakukan terhadap aturan marpol annex IV didapatkan sebuah fakta bahwa pembuangan kotoran harus disetujui oleh badan berwenang dimana kotoran tidak boleh langsung dibuang kelaut dan harus menunjukkan bahwa kotoran tidak padat, berwarna dan mengapung di perairan. Termasuk didalamnya terdapat sanksi yang berat baik pidana kurungan penjara dan denda uang jutaan rupiah bagi perusak lingkungan yang menyebabkan turunnya mutu air laut.

Pada saat ini sistem sewage yang ada pada kapal merupakan sebuah sistem pengolahan limbah yang belum menyertakan manfaat hanya berupaya memenuhi aturan lingkungan saja. Dari beberapa referensi rujukan didapatkan sebuah ide dasar tentang pemanfaatan sewage pada kapal, dengan melihat adanya kesamaan antara limbah urinal dan tinja dari sistem sanitasi di darat maka besar kemungkinan dapat dimanfaatkan serupa. Apabila pada pekerjaan mendatang di dapatkan sebuah perancangan instalasi tambahan pengolah biogas yang terintegrasi dengan sewage plant kapal maka akan didapatkan hasil positif pada pengelolaan lingkungan dan energi

alternatif sebagai upaya ekonomis mengurangi biaya operasional kapal. Jika kita membandingkan dengan sistem yang ada di darat maka sebenarnya di Indonesia sangat memungkinkan untuk dilakukan pemanfaatan limbah kotoran manusia untuk energi terbarukan mengingat kondisi jumlah penduduk yang besar. Sehingga sangat perlu dikembangkan teknologi – teknologi yang mendukung pembuatan biogas ini [1]. Dari kajian hasil penelitian yang lain [2][3] didapatkan adanya harapan perubahan yang signifikan pada lingkungan dan individu yang tinggal di dalamnya, dimana kondisi lingkungan menjadi bersih karena adanya pemanfaatan limbah kotoran hewan dan menjadi solusi ekonomi dan kelistrikan selama ini. Untuk di kapal maka yang paling memungkinkan adalah pada kapal penumpang dan kapal pengangkut ternak, mengingat bahan baku toiletris yang dihasilkan akan sangat menunjang kapasitas produksi gas yang dihasilkan.

Pada beberapa kajian hasil penelitian tentang biogas bisa dimungkinkan sebagai sumber energi listrik Untuk kasus di Indonesia sebagian besar pemanfaatan biogas hanya terbatas pada kegiatan untuk memasak dan memanaskan, padahal biogas mengandung bahan utama CH₄ yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar dalam pembangkit energi listrik karena mempunyai nilai kalor yang cukup besar yaitu sebesar 23.880 Btu/lbm [2]. Penjelasan hasil penelitian diatas adalah tentang penggunaan biogas sebagai bahan bakar dengan menggunakan penambahan regulator sederhana untuk biogas dan mixer udara biogas, akan tetapi belum didapatkan kinerja maksimal. Dimana beban optimal terjadi pada 150 watt dengan nilai konsumsi bahan bakar 0,000097333 liter/watt.[4]

II. METODOLOGI

Ada dua hal penting yang dilakukan dalam pelaksanaan riset ini yang pertama adalah melakukan analisa terhadap biaya dan manfaat dari perencanaan peralatan dan yang kedua adalah melakukan studi kelayakan terhadap sistem dengan menggunakan beberapa metode. Dalam melakukan analisa biaya dan manfaat instalasi dilakukan perhitungan komponen yang meliputi biaya permodalan (investasi peralatan), biaya operasional dan perawatan, biaya instalasi total, harga jual energi, pendapatan tahun pertama dan cash flow dengan asumsi perubahan kondisi beberapa item biaya dan harga hingga nilai benefit cost ratio. Sedangkan tahap analisa kelayakan digunakan parameter keputusan berdasarkan perhitungan payback periode, net present value dan internal rate ratio. Dari metode analisa

secara benefit cost ratio akan terlihat kontribusi sistem pada konsep efisiensi energi pada operasional kapal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ini adalah perencanaan sistem instalasi yang telah dibuat

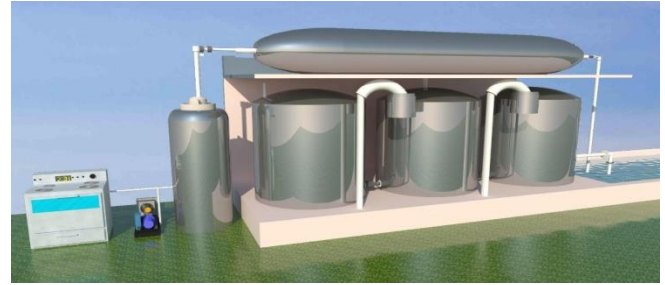


Fig. 1. Gambar 1 Sistem Perencanaan Instalasi Biogas

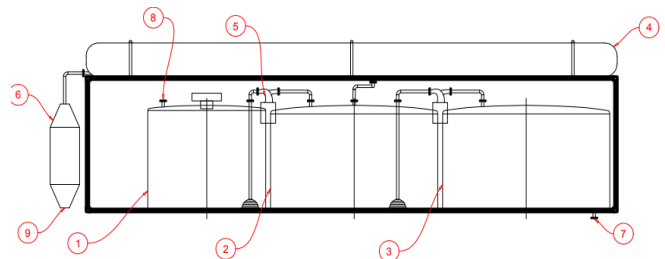


Fig. 2. Gambar 2 Sistem Perencanaan Instalasi Biogas

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. Preliminary pit treatment | 6. Inlet gas |
| 2. Tabung digester tank | 7. Outlet sludge tank |
| 3. Sludge tank | 8. Inlet preliminary pit |
| 4. Holding gas user | 9. Outlet gas to user |
| 5. Inlet digester | |
| 6. Inlet digester | |

TABEL 1 KOMPONEN KEUNTUNGAN

No	Uraian	Nominal
1	Manfaat energi listrik	27.95 x 30 x 12 x Rp 1380 = Rp 13.885.560
2	Manfaat energi untuk memasak	39.5 x 30 x 12 x Rp 3000 =

		Rp 42.660.000
3	Manfaat sludge sebagai pupuk	2587,5 x 50% x 12 x Rp 500 = Rp 7.762.500
4	Penghematan biaya penanganan limbah	Rp 4.000.000
	Jumlah	Rp 68.308.060

TABEL 2 PROCUREMENT COST

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Pengkondisian Lokasi	Rp 2.000.000,-
	Total Procurement Cost	Rp 2.000.000,-

TABEL 3 START UP COST

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Pembelian peralatan	Rp 93.930.000,-
2	Biaya Pemasangan	Rp 3.000.000,-
	Total Start Up Cost	Rp 96.930.000,-

TABEL 4 ON GOING COST

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Tenaga pengoperasi	Rp 6.000.000,-
2	Biaya perawatan	Rp 2.000.000,-
	Total On Going Cost	Rp 8.000.000,-

Berikut dilakukan analisa perhitungan keuntungan pendapatan sebagai bagian dari suatu analisa kelayakan dari suatu sistem atau kinerja peralatan yang baru. Digunakan beberapa skenario yang mengambil beberapa nilai asumsi untuk membantu proses analisa biaya dan manfaat. Asumsi yang dimaksud antara lain adalah penyusutan peralatan sebesar 10% pertahun, kenaikan biaya perawatan sebesar 5% per dua tahun dan biaya pekerja yang naik 5% per dua tahun. Peralatan diasumsikan memiliki nilai pakai selama 10 tahun dan tingkat inflasi sebesar 7%. Adapun peningkatan harga energi listrik sebesar 10% per 2 tahun, gas cooking 10% per 2 tahun, harga pupuk 5% per dua tahun dan penghematan penanganan limbah diasumsikan stabil.

TABEL 5 CASH FLOW TAHUN 1-10 (RUPIAH)

Keterangan	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3
Manfaat listrik	13.885.560	13.885.560	15.274.116
Manfaat gas cooking	42.660.000	42.660.000	46.926.000
Manfaat sludge	7.762.500	7.762.500	8.150.625
Manfaat biaya limbah	4.000.000	4.000.000	4.000.000
Biaya penyusutan peralatan	15.861.270	14.275.145	12.689.018
Tenaga pengoperasi	6.000.000	6.000.000	6.300.000
Biaya perawatan	2.000.000	2.000.000	2.100.000
Nilai cash flow	44.446.790	46.032.915	53.261.723

Tahun 4	Tahun 5	Tahun 6	Tahun 7
15.274.116	16.801.527	16.801.527	18.481.680
46.926.000	51.618.600	51.618.600	56.780.460
8.150.625	8.558.156	8.558.156	8.986.063
4.000.000	4.000.000	4.000.000	4.000.000
11.102.890	9.516.763	7.930.636	6.344.509
6.300.000	6.615.000	6.615.000	6.945.750
2.100.000	2.205.000	2.205.000	2.315.250
54.847.851	62.641.520	64.227.647	72.642.694

Tahun 8	Tahun 9	Tahun 10
18.481.680	20.329.848	20.329.848
56.780.460	62.458.508	62.458.508
8.986.063	9.435.366	9.435.366
4.000.000	4.000.000	4.000.000
4.758.381	3.172.254	1.586.127
6.945.750	7.293.037	7.293.037
2.315.250	2.431.012	2.431.012
74.228.822	83.327.419	84.913.546

A. Metode Benefit & Cost Ratio (BCR)

Berikut adalah perhitungan biaya dan manfaat yang dihitung mulai dari tahun ke 0 hingga tahun ke 10.

TABEL 6 PRESENT VALUE BENEFIT & COST

TAHUN	PV(C)	PV (B)
0	96.930.000,-	0
1	23.861.270	68.308.060
2	22.275.145	53.485.210,98
3	21.089.018	51.525.063,51
4	19.502.890	45.577.804
5	18.336.763	43.971.207,669
6	16.750.636	38.869.575,84
7	15.605.509	37.505.486,27
8	14.019.381	33.181.324,328
9	12.896.303	32.042.499,426
10	11.310.170	28.385.997,99
Total	272.577.085	432.852.230,013

Dari tabel diatas dilakukan analisa perhitungan rasio manfaat dan biaya sehingga didapatkan hasil 1,58 sehingga dikatakan proyek ini layak. Seperti diketahui bahwa semakin tinggi nilai total benefit maka makin tinggi nilai BCR sehingga makin tinggi pula nilai proyek yang bersangkutan. Adapun perhitungan nilai BCR jika menghasilkan $BCR \geq 1$ maka dikatakan bahwa benefit dari proyek tersebut lebih besar daripada pengorbanan yang dilakukan sehingga proyek tersebut dapat diterima atau layak (feasible) begitu pula sebaliknya jika perhitungan $BCR < 1$ maka dikatakan bahwa benefit dari proyek tersebut lebih kecil dari pada pengorbanannya sehingga proyek tersebut tidak layak. Setelah perhitungan benefit dan cost memiliki kategori feasible atau layak dijalankan maka aspek berikutnya yang tidak kalah penting adalah aspek finansial. Bahkan dikatakan bahwa aspek ini merupakan kunci dari studi kelayakan. Dikatakan demikian karena jika dalam penilaian studi finansial memberikan hasil yang tidak layak maka usulan proyek akan ditolak karena dianggap tidak memberikan manfaat secara ekonomi. Ada 3 metode yang biasanya dipakai untuk mendukung analisa kelayakan proyek yaitu metode Payback Periode (PP), metode Net Present Value (NPV) dan Internal Rate of Return (IRR). Dalam riset ini dilakukan analisa umur ekonomis selama 10 tahun dengan asumsi bahwa instalasi memiliki nilai pakai 10 tahun.

B. Metode Payback Periode (PP)

Untuk menganalisa investasi dengan metode payback periode maka yang dilakukan adalah menentukan jangka waktu yang dibutuhkan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan cara membagi jumlah investasi dengan cash flow tahunan.

Investasi instalasi biogas :

Investasi : Rp 98.930.000,-

Cash flow tahun 1 : Rp 44.446.790

: Rp 54.483.210

Cash flow tahun 2 : Rp 46.032.915

: Rp 8.450.295

Payback periode : (investasi / kas bersih) X 12 bulan

: (Rp 8.450.295/Rp

53.261.723)X12 bulan

: 1,9 bulan

Sehingga payback periode 2 tahun 57 hari.

C. Metode Net Present Value (NPV)

Merupakan metode analisa keuangan yang dipergunakan untuk mengukur kelayakan suatu usaha yang dilaksanakan dilihat dari nilai sekarang dengan membandingkan arus kas bersih yang diterima dibandingkan dengan nilai kas sekarang dari jumlah

investasi yang dikeluarkan. Dalam metode ini discount factor yang dipergunakan adalah 12 % sesuai tingkat suku bunga yang berlaku. Berikut adalah perhitungan net present value pada perencanaan sistem instalasi biogas yang akan di instal ini

TABEL 7 PERHITUNGAN NET PRESENT VALUE TAHUN 0-10 (RUPIAH)

Present Value	Nilai
PV ₀	- 98.930.000,-
PV ₁	39.684.633,9
PV ₂	36.697.158
PV ₃	37.910.642,39
PV ₄	34.868.309
PV ₅	35.545.321,45
PV ₆	32.602.866,49
PV ₇	32.923.628,5
PV ₈	30.039.992
PV ₉	30.114.715,9
PV ₁₀	27.400.305,25
Total NPV ₁₋₁₀	238.857.571,98

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan discount factor didapatkan hasil NPV sebesar Rp238.857.571,98 sehingga didapatkan kesimpulan bahwa usulan pengadaan instalasi biogas ini layak karena nilai NPV > 0

D. Metode Internal Rate of Return (IRR)

Metode internal rate of return merupakan metode yang digunakan untuk mengukur berapa tingkat pengembalian intern yang diperoleh dari suatu investasi. Metode ini melakukan proses trial and error sehingga tergolong relatif sulit dilakukan nilai harus dihitung hingga akhirnya diperoleh tingkat bunga yang akan menyebabkan NPV sama dengan nol. Menghitung IRR menggunakan metode interpolasi diantara tingkat discount rate yang lebih rendah yang menghasilkan NPV positif dan dengan tingkat discount rate yang lebih tinggi yang menghasilkan NPV negatif. Berikut tabel yang menunjukkan hasil perhitungan IRR pada instalasi biogas yang direncanakan:

TABEL 8 CASH FLOW DENGAN DF 12%

Tahun	Cash Flow	DF(12%)	PV of Cash Flow
1	Rp 44.446.790	0.893	Rp 39.690.983,47
2	Rp 46.032.915	0.797	Rp 36.688.233,25
3	Rp 53.261.723	0.712	Rp 37.922.346,776
4	Rp 54.847.851	0.636	Rp 34.883.233,236
5	Rp 62.641.520	0.567	Rp 35.517.741,84
6	Rp 64.227.647	0.507	Rp 32.563.417,029
7	Rp 72.642.694	0.452	Rp 32.834.497,68
8	Rp 74.228.822	0.404	Rp 29.988.444,088
9	Rp 83.327.419	0.361	Rp 30.081.198,25
10	Rp 84.913.546	0.322	Rp 27.342.161,812
Total PV of Cash Flow			Rp 337.787.571,98
Total Investasi			Rp 98.930.000
NPV			Rp 238.857.571,98

TABEL 9 CASH FLOW DENGAN DF 13%

Tahun	Cash Flow	DF(13%)	PV of Cash Flow
1	Rp 44.446.790	0.885	Rp 39.335.409,15
2	Rp 46.032.915	0.783	Rp 36.043.772,44
3	Rp 53.261.723	0.693	Rp 36.910.374,039
4	Rp 54.847.851	0.613	Rp 33.621.732,663
5	Rp 62.641.520	0.543	Rp 34.014.345,36
6	Rp 64.227.647	0.480	Rp 30.829.270,56
7	Rp 72.642.694	0.425	Rp 30.873.144,95
8	Rp 74.228.822	0.376	Rp 27.910.037,072
9	Rp 83.327.419	0.333	Rp 27.748.030,527
10	Rp 84.913.546	0.295	Rp 25.049.496,07
Total PV of Cash Flow			Rp 322.335.612,8
Total Investasi			Rp 98.930.000
NPV			Rp 223.405.612,8

$$\begin{aligned} \text{IRR} &: I_2 + (\text{NPV}_2 / \text{NPV}_1 - \text{NPV}_2) \times (I_2 - I_1) \\ &: 12\% + (238.857.571,98 / (238.857.571,98 - \\ &\quad 223.405.612,8) \times 1\% \\ &: 27,4\% \end{aligned}$$

Karena nilai IRR lebih besar dari tingkat keuntungan, maka dapat dikatakan bahwa proyek ini sangat layak untuk dijalankan. Dengan nilai IRR sebesar 27,4 % maka lebih tinggi dari tingkat suku bunga sekarang yaitu 12% pertahun.

IV. KESIMPULAN

Dalam riset ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pengolahan limbah toiletris dengan metode biogas dapat membangkitkan energi yang potensial sebagai pendukung operasional kapal baik sebagai gas cooking maupun bahan bakar genset.
2. Potensi dan kuantitas gas berbanding lurus dengan banyak sedikitnya bahan baku, mutu bahan baku dan proses pengolahannya.

3. Dari kajian metode cost benefit ratio, payback periode, net present value dan irr dinyatakan bahwa instalasi ini layak.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada DRPM RistekDikti atas pendanaan terhadap riset yang dilakukan serta Universitas Muhammadiyah Surabaya hingga terselesaikannya riset ini.

I. DAFTAR PUSTAKA

- Dian Andriani, Arini Wresta, Aep Saepudin, Budi Prawara, a Review of Recycling Human Excreta to Energy Through Biogas Generation; Indonesia Case, 2
- Andik Yulianto, Agung Nugroho, Hervian Lanang Priyambodo, Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur Kelurahan Hargobinangun, Pakem Sleman Yogyakarta, Juranl Sains dan Teknologi Lingkungan Volume 2 No 2 Juni 2010.
- Andi Hanif, Studi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi, Digital Library ITS, 2011
- Achmad Fauzan Hery, Zamzami Septiropa, Selly Riansyah, faizal Romadhi, Pemanfaatan Biogas/Landfill gas Sebagai Bahan Bakar Mesin Bensin 1 Silinder 4 Langkah, Jurnal Teknik Industri UMM, 2011
- Ambar Pertiwinigrum, Instalasi Biogas, Pusat Kajian Pembanguna Peternakan Nasional, UGM, 2015
- Esa Rengganis, Studi Kelayakan Pembangunan Instalasi Jaringan Pipa Air dengan Metode Cost & Benefit Ratio Guna Meminimalkan Waktu Material Handling, Jurnal Angkasa, 2016
- Sahidu S, Kotoran Sebagai Sumber Energi, Dewa Ruci Press Bekerjasama dengan Pemda DKI, Jakarta 1983

Halaman ini sengaja dikosongkan