

# Studi Penilaian Ekonomis Perencanaan Sistem Instalasi Biogas pada Kapal Penumpang dengan Metode CBA (Cost & Benefit Analysis)

Dian Prasetyawati<sup>1)</sup>, Dedy Wahyudi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

Email : [dheyan05@gmail.com](mailto:dheyan05@gmail.com)

**Abstrak** - Sistem instalasi biogas yang direncanakan akan dipasang di kapal penumpang ditinjau keuntungan dan kerugiannya dalam sistem cost and benefit system. Sistem ini direncanakan dapat memberikan kontribusi pasokan energi untuk pemanfaatan kelistrikan di kapal maupun untuk *gas cooking*. Skema perencanaan instalasi biogas dibuat dengan memperhatikan variabel jumlah penumpang dan perodesasi fermentasi yang akan dilakukan. Dengan kemampuan produksi gas dalam kisaran 12 m<sup>3</sup> perhari maka dengan konversi energi listrik 4,7 Kwh/m<sup>3</sup> maka dengan kondisi 1500 penumpang diperkirakan dapat membangkitkan energi baru sebesar 55,9 Kwh dan mampu menyediakan energi memasak untuk 79 orang. Sedangkan identifikasi biaya didapatkan bahwa nilai procurement cost sebesar Rp 2.000.000,- .start up cost Rp 96.930.000,- dan on going cost sebesar Rp 8.000.000,- . nilai kemanfaatan total dengan asumsi variabel harga energi saat ini didapatkan sebesar Rp Rp 142.853.620,- sehingga nilai identifikasi biaya dan manfaat didapat value BCR sebesar 1,14

Kata kunci : *biaya, efisiensi energi, metode CBA, Manfaat, sewage plant, renewable energi,*

## I. PENDAHULUAN

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.

Suatu konvensi yang mengatur tentang pencegahan polusi dan pencemaran lautan akibat aktivitas pelayaran atau terkenal sebagai Marpol telah mensyaratkan dengan jelas bahwa suatu kapal harus memiliki peralatan pengelolaan limbah dalam rangka mencegah pencemaran terhadap laut termasuk didalamnya harus adanya oil filtering, oil content meter, sewage treatment plant dan oil/water interface detector, semua peralatan diatas harus sudah tersertifikasi badan negara yang ditunjuk sehingga kapal tidak seenaknya membuang limbah kelautan.

Sistem instalasi biogas di kapal menjadi ide alternatif sebagai upaya penggabungan solusi antara permasalahan lingkungan dan krisis energi saat ini. Dengan melakukan pemanfaatan limbah sewage menjadi gas yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi yang menunjang operasional kapal baik untuk pemakaian elektrikal maupun power penggerak. Saat ini yang diperlukan dalam pengelolaan energi adalah adanya efisiensi energi baik dengan memanfaatkan secara bijak sumber energi lama maupun dengan membuat alternatif sumber energi baru.

Dalam pengadaan sistem perlu dilakukan suatu analisa secara ekonomi tentang rangkaian biaya dan manfaat yang relevan dengan aktivitas sistem tersebut. Dengan tujuan agar didapatkan perbandingan nilai ekonomi yang akurat dan dapat dipakai oleh pengambil keputusan untuk menjadi pertimbangan apakah pengadaan sistem tersebut perlu dilanjutkan atau tidak. Komponen yang akan dilibatkan dari biaya antara lain biaya persiapan, biaya investasi, biaya operasional dan biaya pemeliharaan/perbaikan. Sedangkan faktor keuntungan/benefit yang di identifikasi antara lain manfaat langsung, manfaat tidak langsung dan manfaat terkait.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Sewage plant adalah suatu sistem yang bertanggung jawab untuk menangani proses pembuangan limbah (kotoran) hasil toiletris berupa tinja dan urine dari kamar mandi ruang geladak akomodasi kapal untuk dibuang melalui overboard (O/B) atau ke shore connection dengan terlebih dahulu dilakukan pengolahan/treatment [1]. Ada dua jenis metode treatment yang dilakukan pada sewage kapal yaitu :

- 1) Metode kimiawi/Chemical Treatment
- 2) Metode Biologi / Biological treatment

Peraturan utama yang berbicara tentang pencegahan pencemaran air laut adalah *International Convention for the Preventions of Pollution from Ships 1973/78 (Marpol 73/78)* yang dibuat oleh IMO. Konvensi Marpol ini mengatur tentang standart dan peraturan pencegahan polusi dilaut yang disebabkan oleh oli, tumpahan minyak, bahan kimia, muatan berbahaya, air limbah, sampah, emisi gas berbahaya dan air ballast. Berikut pembagian pada Marpol yaitu :

- Annex I berisi tentang peraturan yang mengatur tentang pencegahan pencemaran oleh minyak
- Annex II berisi tentang peraturan pengawasan pencemaran oleh zat cair beracun yang diangkut di kapal dalam bentuk curah.
- Annex III berisi tentang peraturan pencegahan pencemaran oleh zat berbahaya yang diangkut dalam kemasan
- Annex IV berisi tentang peraturan pencegahan pencemaran oleh kotoran (sewage) dari kapal
- Annex V berisi tentang peraturan pencegahan pencemaran oleh sampah
- Annex VI berisi tentang peraturan pencegahan tentang pencemaran udara dari kapal

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Adapun proses degradasi ini tanpa melibatkan oksigen dan menghasilkan sekitar 50% gas methana, proses tanpa melibatkan oksigen ini disebut sebagai anaerobik digestion gas [Sahidu, 1963] Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari besar kecilnya konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>), semakin tinggi kandungan methana maka akan semakin tinggi pula energi / nilai kalor pada biogas begitu sebaliknya.

Analisa biaya dan manfaat adalah suatu alat analisa dengan menggunakan suatu prosedur yang sistematis dengan membandingkan serangkaian biaya dan

manfaat yang timbul dari suatu aktifitas atau kegiatan proyek [Tjiptoherianto, 1994]. Dalam metode CBA (Cost & Benefit Analysis ) pada dasarnya untuk dapat menganalisa proyek maka tahapan langkah yang harus kita ambil adalah :

- Menentukan semua manfaat dan biaya dari proyek yang akan dilaksanakan
- Menghitung manfaat dan biaya dalam nilai uang
- Menghitung masing – masing manfaat dan biaya dalam nilai uang sekarang

Adapun kelebihan dari CBA adalah biaya dan manfaat diukur dengan nilai uang sehingga memudahkan untuk dapat menganalisa mengurangi biaya dibandingkan manfaatnya, analisa biaya manfaat memungkinkan analisa yang lebih luas dari program yang akan dijalankan, memudahkan kita untuk membandingkan nilai proyek yang sama pada tempat yang berbeda. Sedangkan kelemahannya adalah sebagai berikut nilai uang tidak cukup untuk mengukur daya tanggap karena adanya variasi lain dari faktor lainnya, ketika harga tidak tersedia dipasaran maka kita harus membuat estimasi sendiri yang sifatnya subyektif, tekanan yang terlalu eksklusif pada efisiensi menyebabkan kriteria keadilan tidak dapat diterapkan

## III. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif dengan objek penelitian yang terukur dan dianalisa berdasarkan data yang ada di lapangan. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan pengolahan data dan hasilnyapun terukur dengan nilai – nilai riil. Analisa yang dilakukan meliputi dua komponen yaitu analisa dari segi biaya dan manfaat yang akan di jabarkan dengan poin – poin lagi. Keputusan layak atau tidak dikembalikan pada dasar perencanaan awal sistem sebagai salah satu konsep efisiensi energi pada kapal untuk membantu penurunan biaya operasional kapal.

Tahap pertama adalah melakukan analisa terhadap potensi energi dan perencanaan instalasi biogas, mempersiapkan data - data terkait potensi energi dari suatu kapal X meliputi :Data penumpang, lama pelayaran, kapasitas tangki sewage dan skema rancangan instalasi biogas dan membuat analisa data potensi energi biogas dari raw material yang tersedia pada periode tertentu. Tahapan kedua adalah menganalisa biaya dan manfaat instalasi biogas pada tahap ini dilakukan perhitungan komponen berikut meliputi biaya modal (capital Cost), biaya operasi dan

perawatan, biaya instalasi total, harga jual energi, pendapatan per tahun, nilai awal proyek, laba investasi, benefit cost ratio dan payback periode . Sedangkan tahapan terakhir adalah melakukan analisa kelayakan sistem secara ekonomis, pada tahap analisa data akan dilakukan tentang kelayakan sistem ini berdasarkan komponen benefit cost ratio dan laba investasi serta kontribusi sistem pada konsep efisiensi energi di kapal.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada tahap persiapan ini hal yang dilakukan ada dua yaitu melakukan kajian potensi energi berdasarkan perhitungan konversi energi dan simulasi sederhana tentang kapasitas peralatan yang perlu dipersiapkan. Dalam tahap kajian potensi energi akan dibuat beberapa model perhitungan dengan mengubah – ubah parameter yang ditentukan dengan tujuan masyarakat luas mendapatkan pandangan terhadap sistem instalasi biogas yang direncanakan.

Tabel 1 Kajian Potensi Energi

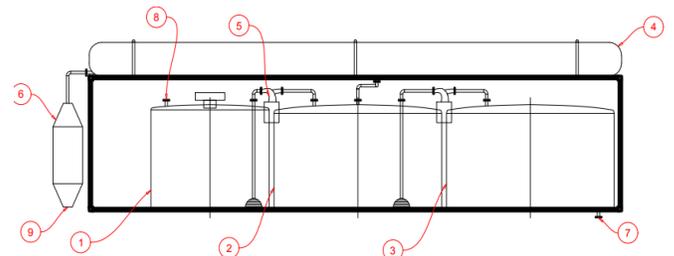
No	Jumlah Penumpang (orang)	Jumlah Bahan Baku (Kg)	Jumlah bahan baku kering (Kg – BK)	Jumlah Gas yang dihasilkan (m <sup>3</sup> /day)	Potensi Energi (Kwh/day)	Energi memasak (orang)
1	100	172,5	39,675	0,79	3,7	5
2	500	862,5	198,375	3,96	18,6	26
3	750	1293,75	297,56	5,9	27,7	39
4	1000	1725	396,75	7,9	37,13	52
5	1500	2587,5	595,125	11,9	55,9	79

BK = 0,23 BB ; konversi gas = 0,02 m<sup>3</sup>/kg BK ; 1m<sup>3</sup> = 4,7 Kwh; konversi gas dapur 0,15 m<sup>3</sup>/meal/day

Dengan kemampuan produksi gas dalam kisaran 12 m<sup>3</sup> perhari maka dengan konversi energi listrik 4,7 Kwh/m<sup>3</sup> maka dengan kondisi 1500 penumpang diperkirakan dapat membangkitkan energi baru sebesar 55,9 Kwh dan mampu menyediakan energi memasak untuk 79 orang. Hasil kajian dan simulasi potensi energi yang dapat dibangkitkan dari limbah toilet kapal mendapatkan hasil yang menjanjikan untuk dijadikan penopang kebutuhan energi listrik di kapal dan berpotensi menurunkan biaya operasional yang berhubungan dengan belanja kebutuhan akomodasi kapal.



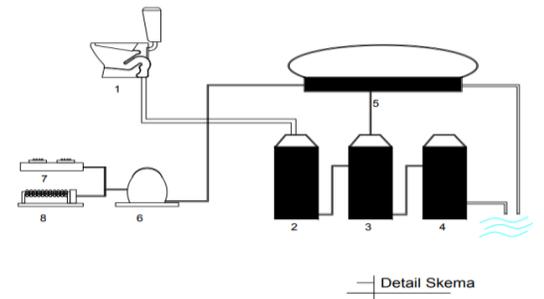
Gambar 1 Skema Perencanaan Instalasi 3D



Gambar 2 Skema Perencanaan Instalasi 2D

Keterangan gambar :

- 1. Preliminary pit
- 2. Digester Tank
- 3. Sludge Storage
- 4. Holding Gas
- 5. Inlet Digester
- 6. Gas Treatment Tank
- 7. Outlet Sludge Storage
- 8. Inlet Preliminary
- 9. Outlet to Bio Genset/stove



Gambar 3 Sistem Instalasi Biogas

Hasil identifikasi komponen biaya (cost) pada perencanaan instalasi biogas di kapal didapatkan antara lain biaya investasi, biaya operasional tetap dan biaya operasional variabel.

Tabel 2 Komponen biaya dan manfaat sistem

No	Komponen Biaya (Cost)	Komponen Manfaat (Benefit)
1	Biaya Investasi -biaya pembelian peralatan -biaya pemasangan peralatan	Pengurangan biaya pengadaan energi dikapal sebagai tenaga listrik dan energi gas dapur

2	Biaya Operasional Tetap -biaya pegawai -biaya pemeliharaan alat	Penjualan pupuk hasil sisa fermentasi digester
---	---	--

Komponen Biaya (Cost)

Tabel 3 Procurement Cost

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

Tabel 4 Start up Cost

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Pembelian peralatan	Rp 93.930.000
2	Biaya Pemasangan	Rp 3.000.000
	Total Procurement Cost	Rp 96.930.000

Tabel 5 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

Tabel 6 Komponen Keuntungan (benefit)

No	Uraian	Nominal
1	Manfaat energi listrik	$55,9 \times 30 \times 12 \times \text{Rp } 1380 = \text{Rp } 27.771.120$
2	Manfaat energi untuk memasak	$79 \times 30 \times 12 \times \text{Rp } 3000 = \text{Rp } 85.320.000$
3	Manfaat sludge sebagai pupuk	$2587,5 \times 50\% \times 12 \times \text{Rp } 500 = \text{Rp } 7.762.500$
4	Penghematan biaya penanganan limbah	Rp 4.000.000
	Jumlah	Rp 142.853.620

Tabel 7 Perhitungan selisih biaya (cost) dan manfaat (benefit) pada tahun 1

No	Uraian	Biaya	Manfaat
1	Biaya investasi peralatan	Rp96.930.000	-
	Biaya pengkondisian lokasi	Rp 2.000.000	
2	Biaya Operasional Tetap	Rp 8.000.000	-
3	Manfaat energi listrik	-	Rp 27.771.120
4	Manfaat energi gas cooking	-	Rp 85.320.000
5	Manfaat sludge sebagai pupuk	-	Rp 7.762.500
6	Penghematan biaya penanganan limbah	-	Rp 4.000.000
	Total	Rp 124.930.000	Rp 142.853.620
	Selisih cost & Benefit		Rp 35.923.620

Data yang tersaji dalam tabel diatas menunjukkan bahwa selisih antara total cost dan total benefit, dimana total benefit yang didapatkan lebih besar apabila dibandingkan dengan total cost. Dengan asumsi perhitungan diatas maka kemungkinan usulan pengadaan peralatan diatas dapat diterima sangat besar. 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 [Esa R, 2016]

$$BCR = \text{Rp } 142.853.620 / \text{Rp } 124.930.000, - = 1,14$$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Hasil kajian dan simulasi potensi energi yang dapat dibangkitkan dari limbah toilet kapal mendapatkan hasil yang menjanjikan untuk dijadikan penopang kebutuhan energi listrik di kapal dan berpotensi menurunkan biaya operasional yang berhubungan dengan belanja kebutuhan akomodasi kapal.
2. Adapun perhitungan nilai BCR sebesar 1,14 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)
3. Perlu analisa kelayakan sistem dari sudut pandang pengembalian investasi, future value dan metode lainnya untuk mendukung keputusan kelayakan sistem

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada DRPM atas pembiayaan terhadap penelitian ini dan Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah memberikan fasilitas kepada penulis hingga dapat melaksanakan penelitian dan menghasilkan luaran penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulya, Taufik Indrawan, 2011, *Studi Optimasi Perbandingan Perancangan Sewage untuk Kapal Corvette 90 meter menggunakan metode Biologi dan Kimiawi*.
- [2] Andik Yulianto, Agung Nugroho Adi, dan Hervian Lanang Priyambodo), *Studi potensi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Energi Listrik*
- [3] Agung, Pambudi, 2008, *Pemanfaatan Biogas sebagai Energi Alternatif*, Universitas Surakarta
- [4] Andi Hanif, *Studi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik 10 Kw Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi*
- [5] Achmad Fauzan Hery, Zamzami Septiropa, Selly Riansyah dan Faizal Romadhoni, *Pemanfaatan Biogas sebagai bahan bakar mesin bensin 1 silinder 4 langkah*, Universitas Muhammadiyah Malang
- [6] Sahidu, S , 1983 *Kotoran Sebagai Sumber Energi*. Dewaruci Press bekerjasama dengan PEMDA DKI Jakarta
- [7] Dian andriani, Arini Wresta, Aep Saepudin, Budi Prawara, *a review of recycling of human excreta to energy through biogas generation : indonesia case*
- [8] Tri Mulyani, Fenita sari, Nisa noor, 2015, *Eco development menuju MDGs 2015*
- [9] Tchobanoglous, G, Theisen H, Virgil S.A 1993. *Integrated Solid Waste Management Engineering, Principles and Management Issues*. McGraw Hill International Edition, Singapura
- [10] Narbuko, Cholid, Achmadi 1997, *Metodologi Penelitian*, Bumi Aksara, Jakarta.
- [11] Esa Rengganis, 2016, *Studi Kelayakan Pembangunan Instalasi Jaringan Pipa Air dengan Metode Cost & Benefit Analysis Guna Meminimalkan Waktu Material Handling*, Jurnal Angkasa
- [12] Ambar Pertiwiningrum, 2015, *Instalasi Biogas*, Pusat Kajian Pembangunan Peternakan Nasional, UGM
- [13] Tjiptoherianto P, Soesetyo B, 1994, *Ekonomi Kesehatan*, Jakarta, Rineka Cipta