

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Komposisi Biogas

Biogas mencerminkan suatu siklus lingkungan yang terjadi secara alamiah, dimana nutrisi yang terkandung dalam biomassa seperti nitrogen (N), phospor (P), dan kalium (K), diproses dalam bentuk luluhan (*slurry*). Kemudian melalui proses fermentasi anaerobik terhadap bahan – bahan organik dibawah kondisi yang pasti seperti suhu, pH, C/N ratio, *loading rate*, *toxicity* dan sebagainya, diperoleh gas yang mudah terbakar (*combustible gas*) serta pupukdalam bentuk sludge yang merupakan nilai tambah (Nijaguna, 2002). Adapun prosentase komponen – komponen yang terkandung dalam biogas di jelaskan dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komposisi Biogas

Komponen	Rumus Kimia	Prosentase (%)
Metana	CH ₄	54 – 70
Karbondioksida	CO ₂	27 – 45
Nitrogen	N ₂	0,5 – 3
Karbon Monoksida	CO	0,1
Hidrogen Sulfida	H ₂ S	Sedikit
Oksigen	O ₂	6

Sumber : Harahap dkk, 1978

Tabel 3.2 Komposisi Gas dalam Biogas (%) antara Kotoran Sapi dan Campuran Kotoran Ternak dengan Sisa Pertanian

Jenis Gas	Kotoran Sapi	Campuran Kotoran Ternak dan Sisa Pertanian
Metana (CH ₄)	65,7	54 – 70
Karbondioksida (CO ₂)	27,0	27 – 45
Nitrogen (N ₂)	2,3	0,5 – 3
Karbon Monoksida (CO)	0,0	0,1
Oksigen (O ₂)	0,1	6
Propen (C ₃ H ₈)	0,7	-
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	Tidak terukur	Sedikit sekali
Nilai Kalor (kkal/m ³)	6512	1800 – 2500

Tabel 3.2 di atas menjelaskan perbandingan komposisi gas dalam biogas antara kotoran sapi dengan campuran kotoran sapi dan sisa pertanian. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kandungan CH_4 pada kotoran sapi cukup tinggi, sehingga sangat berpotensi dalam pembentukan biogas.

Susilowati (2009) meneliti tentang potensi pemanfaatan cairan rumen sapi untuk meningkatkan kecepatan produksi biogas dan konsentrasi gas metan dalam biogas. Konsentrasi gas metan optimum dicapai pada penambahan cairan rumen 20% yaitu sebesar 39,15% CH_4 . Sedangkan akumulasi produksi biogas terbesar dicapai pada penambahan cairan rumen 50% yaitu sejumlah 155,37 ml, dengan perlakuan kotoran sapi 150 ml, air 75 ml dan rumen 225 ml.

B. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain

Berdasarkan sumber departemen pertanian, nilai kesetaraan biogas dengan sumber energi lain adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3 Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain.

Bahan Bakar	Jumlah
Biogas	1 m ³
LPG	0,46 kg
Minyak Tanah	0,62 liter
Solar	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Kayu Bakar	3,50 kg

Sumber : Wahyuni S, 2010

C. LPG (*Liquified Petroleum Gasses*)

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu dari Gas alam maupun Gas hasil dari pengolahan minyak bumi (*Light End*). Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan seperti Propana (C_3H_8), Butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6)

D. Produksi Biogas

Kandungan bahan kering kotoran setiap ternak dalam setiap harinya sangat perlu diketahui oleh peternak sebelum membangun unit pengolahan limbah. Jenis dan jumlah ternak akan sangat mempengaruhi ukuran digester biogas yang akan dibangun. Tabel produksi dan kandungan bahan kering kotoran dalam setiap harinya tercantum pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Produksi dan Kandungan Bahan Kering Kotoran Beberapa jenis Ternak

Jenis Ternak	Bobot Ternak/Ekor	Produksi Kotoran (kg/hari)	% Bahan Kering
Sapi potong	520	29	12
Sapi perah	640	50	14
Ayam petelur	2	0,1	26
Ayam pedaging	1	0,06	25
Babi dewasa	90	7	9
Domba	40	2	26

Sumber : United Nation, 1984

Salah satu dari beberapa hal yang menarik pada teknologi biogas adalah kemampuannya untuk membentuk gas dari limbah organik yang jumlahnya berlimpah dan tersedia secara bebas. Potensi produksi gas dari beberapa kotoran hewan dan tumbuhan, tercantum pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Perkiraan Produksi Biogas dari Beberapa Jenis Kotoran

Jenis Kotoran	Perkiraan Produksi Biogas (m ³)/kg kotoran
Sapi/Kerbau	0,023 - 0,04
Babi	0,04 - 0,059
Unggas	0,065 - 0,116
Manusia	0,02 - 0,028
Kuda	0,02 - 0,035
Domba/Kambing	0,01 - 0,031
Jerami padi	0,017 - 0,028
Jerami jagung	0,035 - 0,048
Rumput	0,028 - 0,055
Rumput gajah	0,033 - 0,056
Bagase	0,014 - 0,019
Sayuran	0,03 - 0,04
Aloa	0,038 - 0,055

E. Sludge

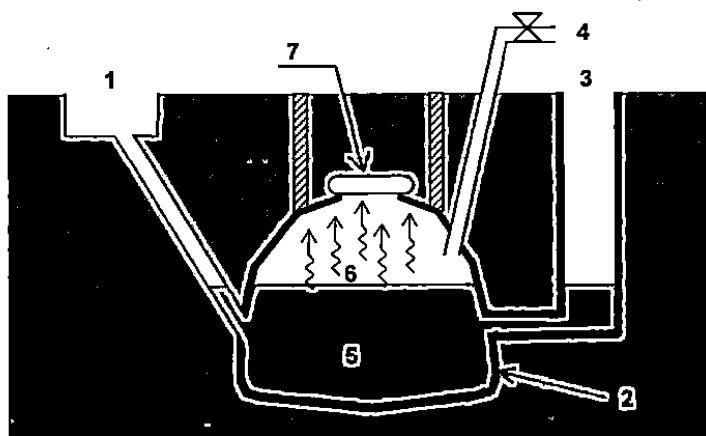
Sludge dari biodigester biogas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kompos. Kompos ini bermanfaat sebagai pupuk organik yang menyuburkan tanaman dan juga dapat dijual untuk menambah pemasukan. Kompos ini dijual Rp 400/kg atau Rp 20.000/karung. Besarnya limbah biodigester yang menjadi kompos sebesar 40 % dari berat input kotoran perhari. Apabila 10 sapi menghasilkan kotoran sebanyak 200kg/hari maka kompos yang dihasilkan pertahun setara dengan 29.200 kg (± 29 ton)/tahun. Dengan harga jual tersebut diatas, tambahan penghasilan pertahun dari penjualan kompos rata-rata sebesar Rp 11.680.000/tahun atau sekitar Rp 1 juta/bulan (Wahyuni S, 2010).

F. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya total adalah penjumlahan dari seluruh sub total kelompok pekerjaan, sehingga diperoleh total biaya pekerjaan. Total biaya ini belum termasuk keuntungan, pajak, asuransi, dan faktor lainnya. Oleh karena itu dalam penawaran RAB total yang telah diperoleh pada umumnya harus ditambahkan dengan faktor – faktor yang besarnya tergantung pada lokasi proyek, tingkat kesulitan pekerjaan, kemudian fasilitas penunjang seperti pengadaan bahan, tenaga kerja, keamanan dan lain – lain.

Rumus perhitungannya adalah $\text{Rencana Anggaran Biaya} = (\text{SNI} \times \text{Volume pekerjaan}) \dots \dots \dots (3.1)$

G. Komponen Utama Reaktor Biogas



Keterangan gambar:

1. Saluran *slurry* masuk
2. Tangki pencerna
3. Saluran residu keluar
4. Pipa gas
5. Kotoran Ternak
6. Gas Bio
7. Man Hole (Lubang perawatan)

Gambar 3.1 Komponen Reaktor Biogas

Adapun komponen utama reaktor biogas sebagai berikut :

1. Saluran *slurry* masuk

Campuran kotoran hewan (sapi atau kambing) dan air yang membentuk *slurry* dimasukkan melalui saluran masuk *slurry*. EPA USA 2002 (Prometheus, 2005) menyarankan agar reaktor biogas menggunakan *slurry* dengan kandungan padatan maksimal sekitar 12,5%. Dalam tataran praktis, (Aguilar dkk, 2001) menyarankan perbandingan 1 ember (ukuran standar) kotoran hewan dicampur dengan 5 ember air. Kotoran hewan dan air harus dimasukkan sudah dalam keadaan tercampur (*slurry*) - hal ini untuk memudahkan pengaliran *slurry* di dalam tangki utama serta menghindari terbentuknya sedimentasi yang akan menyulitkan pengaliran selanjutnya. *Slurry* bisa dimasukkan hingga 3/4 volume tangki utama (Garcelon dkk, 2007).

Volume sisa di bagian atas tangki utama diperlukan sebagai ruang pengumpulan gas serta menghindari penyumbatan saluran gas oleh *slurry*. Karena proses produksi methana ini berlangsung dalam lingkungan anaerob, maka *slurry* harus menutup saluran masuk ataupun saluran keluar tangki utama. Pada umumnya, produksi gas methana yang optimum akan terjadi pada HTR 20 - 30 hari (Garcelon dkk, 2007).

Hal ini berarti harus diperkirakan bahwa *slurry* akan berada selama 20 - 30 hari di dalam reaktor. Dengan mengetahui volume tangki utama dan harga HTR yang dipilih, akan dapat ditentukan banyaknya penambahan *slurry* setiap harinya. Untuk reaktor yang baru beroperasi, disarankan untuk membiarkan reaktor selama beberapa hari sebelum kemudian dilakukan pengisian *slurry* secara rutin setiap hari. Jumlah *slurry* yang perlu dimasukkan setiap hari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$m_{slurry} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h}{HTR} \times 10^3 \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan m_{slurry} adalah penambahan *slurry* per-hari [Liter/hari], D adalah diameter tangki utama [m], h adalah tinggi/panjang tangki utama [m], dan HTR adalah hydraulic retention time [20-30 hari]. Sedangkan untuk setiap liter

slurry, batasan EPA yang menyarankan kandungan padatan sebesar maksimal 12,5% dapat dijadikan patokan untuk menghitung massa kotoran hewan yang diperlukan.

2. Saluran residu keluar

Bila aliran di dalam tangki cukup lancar (tidak ada sumbatan) maka kesetimbangan tekanan hidrostatis *slurry* akan menyebabkan sebagian residu keluar manakala *slurry* ditambahkan ke saluran masuk tangki utama. Bila *slurry* pertama ditambahkan setelah n hari (< 20 hari), maka residu yang keluar pertama kali hanya memiliki HTR sebesar n hari. Ini berarti residu awal belum secara sempurna dicerna oleh reaktor.

Namun di sisi lain, residu terakhir dari *slurry* tahap awal akan memiliki HTR sebesar $HTR + n$ hari. Dengan demikian, mengendapkan *slurry* selama satu minggu (7 hari), dan selanjutnya melakukan pengisian *slurry* harian menggunakan harga $HTR = 20$ hari akan memberikan harga $HTR = 27$ hari untuk residu terakhir dari *slurry* tahap pertama. Residu keluaran reaktor biogas ini merupakan nilai tambah dari reaktor karena bisa digunakan sebagai pupuk berkadar nutrisi tinggi (Karim dkk, 2005).

3. Separator

Separator di dalam reaktor biogas memiliki fungsi untuk mengarahkan aliran *slurry* di dalam reaktor sehingga dapat dipastikan bahwa setiap bagian *slurry* akan berada di dalam reaktor selama masa HTR. Untuk membantu kelancaran aliran *slurry* di dalam reaktor, maka disarankan untuk menggunakan *slurry* dengan kandungan padatan yang sesuai dengan rekomendasi EPA USA (maksimal sekitar 12,5%). Bila *slurry* terlalu banyak mengandung padatan, dikhawatirkan akan terjadi sedimentasi yang cukup tebal yang diprediksi bisa mengganggu kelancaran aliran *slurry* selanjutnya. Pengadukan bisa dilakukan untuk menghindarkan terjadinya sedimentasi (endapan) di dalam reaktor. Pengadukan bisa dilakukan secara teratur setiap selang waktu tertentu. Selain berfungsi untuk menghindarkan terjadinya sedimentasi, pengadukan pada *slurry* dengan kandungan padatan sekitar 10%

akan meningkatkan produksi gas di dalam reaktor cukup signifikan (Karim dkk, 2005).

Oleh karena itu disarankan untuk membuat sistem pengaduk yang terintegrasi dengan bangunan reaktor. Sistem pengaduk bisa menggunakan tenaga listrik ataupun manual. Namun mengingat prinsip kesederhanaan reaktor skala kecil/menengah, disarankan untuk membuat sistem pengaduk manual.

4. Saluran gas

Gas dari reaktor biogas ini bersifat korosif (Aguilar dkk, 2001), maka saluran gas disarankan dibuat dari bahan polymer (bisa berupa pipa PVC ataupun selang PVC dengan sambungan yang cukup kuat). Bahan transparan lebih disukai untuk saluran gas (terutama pada bagian horizontal) karena penguapan cairan di dalam reaktor serta hasil reaksi dari dalam reaktor akan berpotensi menyebabkan genangan air yang bisa menyebabkan penyumbatan saluran gas.

Untuk keperluan pembakaran gas pada tungku, maka pada bagian ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja anti karat (berbentuk serupa nosel). Bila tekanan gas di dalam kantung penyimpan gas (untuk konstruksi *fixed dome*) sudah cukup tinggi atau posisi *floating drum* sudah cukup terangkat, maka katup bukaan gas bisa dibuka, dan gas bisa dinyalakan untuk keperluan memasak. Reaktor baru biasanya bisa menghasilkan cukup gas untuk memasak setelah 20 - 30 hari, sesuai dengan HTR yang umum digunakan (Aguilar dkk (2001), Rodriguez dkk).

Untuk memenuhi kebutuhan memasak sebuah keluarga dengan jumlah

... dan ... dengan volume reaktor biogas 2,4 m³

H. Perhitungan Volume Biodigester

Perhitungan ini menggunakan data – data sebagai berikut :

1. Jumlah kotoran sapi per hari yang tersedia. Untuk mendapatkan jumlah kotoran sapi perhari, digunakan persamaan :

$$\text{Jumlah kotoran sapi} = n \times 29 \text{ kg/hari} \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana n adalah jumlah sapi (ekor), 29 kg/hari (lihat Tabel 3.4) adalah jumlah kotoran yang dihasilkan oleh 1 (satu) ekor sapi dalam sehari.

2. Air yang harus ditambahkan

$$\text{Air yang harus ditambahkan} = a \times \text{jumlah kotoran sapi} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana a adalah jumlah perbandingan air yang digunakan.

3. Massa total larutan adalah banyaknya larutan yang akan dimasukkan ke dalam biodigester.

$$m_t = \text{Jumlah kotoran sapi} + \text{Air yang harus ditambahkan} \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan m_t adalah massa total larutan kotoran

Hasil perhitungan di atas menunjukkan massa total larutan kotoran padat (m_t).

Waktu penyimpanan (HRT) kotoran sapi dalam biodigester. Waktu penyimpanan tergantung pada temperatur lingkungan dan temperatur biodigester. Dengan kondisi tropis seperti Indonesia, asumsi waktu penyimpanan adalah 30 hari. Dari data-data perhitungan di atas, maka diperoleh volume larutan kotoran yang dihasilkan adalah sebesar:

$$V_f = m_t / \rho_m \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan ρ_m = massa campuran kotoran sapi dan air (1100 kg/m^3).

Setelah volume larutan kotoran diketahui, maka volume biodigester dapat

$$V_d = V_f t_r \dots \dots \dots (3.14)$$

dengan t_r = waktu penyimpanan (30 hari).

Umumnya pencampuran kotoran dari air dibuat dengan perbandingan antara 1 : 3 dan 2 : 1 (Uli Werner, 1989). Di Indonesia, untuk kotoran sapi umumnya dicampur dengan air pada perbandingan 1 : 1 sampai 1 : 2 (Suyitno dkk, 2010).

Setelah ukuran dari biodigester ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah merancang gas penampung. Volum dari penampung gas dinyatakan dengan V_g . Dalam perancangan ukuran penampung gas (V_g) harus diperhatikan laju konsumsi gas puncak (V_{g1}) dan laju konsumsi nol untuk jangka waktu yang lama (V_{g2}).

Jika $V_{g1} > V_{g2}$, maka V_g yang dipakai adalah V_{g1}

Jika $V_{g2} > V_{g1}$, maka V_g yang dipakai adalah V_{g2}

$$V_{g1} = \text{konsumsi gas maks/jam} \times \text{waktu konsumsi maks} \dots \dots \dots (3.15)$$

$$V_{g2} = G \times T_{zmax} \dots \dots \dots (3.16)$$

Dimana :

G = Produksi biogas (m^3 /jam)

T_{zmax} = Waktu maksimum pada saat konsumsi biogas nol (jam)

Besarnya G (produksi biogas per jam, m^3 /jam) dihitung dari produksi biogas spesifik (G_y) dari bahan baku dan pemasukan bahan baku harian (S_d).

$$G = \frac{G_y \times S_d}{24} \quad [m^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari}/24 \text{ jam} = m^3/\text{jam}] \dots \dots \dots (3.17)$$

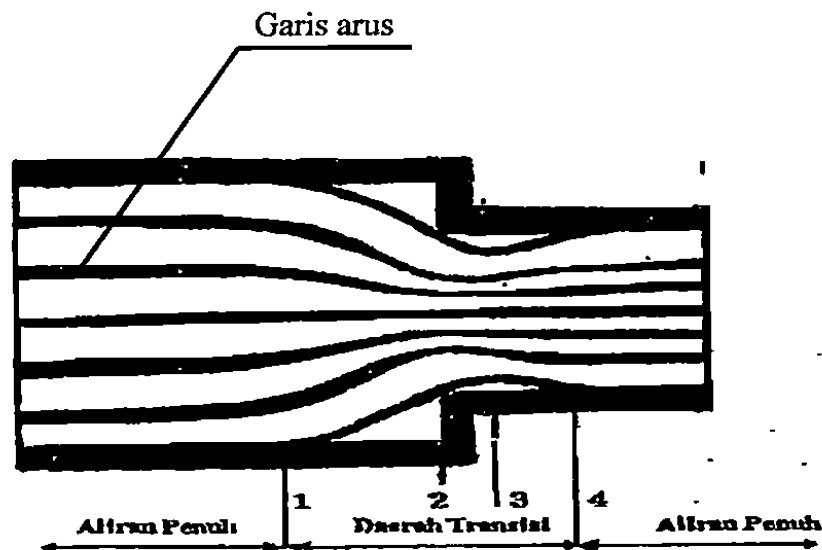
Dimana G_y dapat diperkirakan dari tabel 2.3. Perkiraan produksi biogas

lebih lanjut lihat pada tabel 2.4

Untuk keselamatan, ukuran dari penampung gas (V_g) dibuat 10-20% lebih besar dari hasil perhitungan diatas. Secara umum, perancangan volume biodigester dengan volume penampung biogas dapat dibuat dengan perbandingan 3 : 1 sampai 10 : 1 dengan 5 : 1 sampai 6 : 1 adalah yang paling umum digunakan (Uli Werner, 1989)

I. Garis Arus dan Tabung Arus

Garis arus (*stream line*) adalah kurva khayal yang ditarik di dalam aliran zat cair untuk menunjukkan arah gerak di berbagai titik dalam aliran, dengan mengabaikan fluktuasi sekunder yang terjadi akibat turbulensi. Garis singgung yang dibuat di sembarang titik pada kurva tersebut terus menunjukkan arah kecepatan partikel zat cair. Garis arus tidak akan saling berpotongan atau bertemu. Gambar 3.2. Menunjukkan garis arus pada aliran melalui bidang batas yang mengecil.



Gambar 3.2 Garis Arus

Oleh karena *vector* kecepatan di setiap garis arus adalah menyinggung garis arus tersebut, maka tidak ada komponen kecepatan yang tegak lurus padanya. Dengan demikian tidak ada aliran tegak lurus garis arus, sehingga

Masing-masing aliran tidak bisa memotong

garis arus maka jumlah aliran antara dua garis adalah sama (Bambang Triatmojo, 2008).

J. Debit Aliran

Jumlah zat cair yang mengalir tampang lintang tiap satu-satuan waktu disebut debit aliran dan diberi notasi Q . Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik (m^3/d) atau satuan yang lain (*liter/detik, liter/menit, dsb*). Di dalam zat cair ideal, dimana tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran V adalah sama di setiap titik pada tampang lintang. Apabila tampang aliran tegak lurus pada arah aliran adalah A , maka debit aliran diberikan oleh bentuk berikut :

$$Q = A \cdot V \text{ (} m^2 \times m/d = m^3/d \text{)} \dots \dots \dots (3.18)$$

$$Q = \frac{\text{Volume}}{t} \dots \dots \dots (3.19)$$

Dengan :

- V = Kecepatan aliran (m/d)
- Q = Laju aliran (m^3/d)
- A = Luas penampang pipa (m^2)
- t = waktu

K. Ukuran Kandang

Ukuran kandang harus disesuaikan dengan ukuran tubuh sapi dan jenis kandang yang digunakan, apakah kandang individu atau kandang kelompok. Umumnya, kebutuhan luas kandang sapi per ekor sekitar 1,5 x 2,5 m, 1,5 x 2 m, atau 1 x 1,5 m. Apa pun jenis kandang yang dibuat, baik kandang kelompok

L. *Benefit Cost Ratio (B/C)*

1. Konsep Dasar Analisis *Benefit Cost Ratio*

Keterbatasan anggaran pemerintah merupakan hal yang umum ditemui. Di sisi lain, pemerintah dihadapkan pada berbagai alternatif program yang akan dilaksanakan. Hal tersebut menyebabkan pemerintah harus jeli dalam menentukan program yang diprioritaskan. Pemilihan prioritas suatu proyek tidak mudah. Dalam memutuskan kelayakan suatu proyek yang berhubungan dengan sektor publik, pemerintah dihadapkan pada banyak pertimbangan dan permasalahan. Dalam hal ini, prioritas yang dipilih harus mempertimbangkan kepentingan publik atau masyarakat umum.

Terkait dengan proses pengambilan keputusan mengenai kelayakan suatu proyek atau program, pemerintah memerlukan suatu alat analisis yang mampu digunakan dalam meminimalkan kesalahan dalam pemilihan keputusan. Salah satu analisis yang dapat digunakan sebagai alat untuk memilih program yang layak diprioritaskan adalah dengan menggunakan analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR) atau disebut juga analisis manfaat dan biaya.

2. Pengertian Analisis *Benefit Cost Ratio*

Analisis manfaat-biaya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui besaran keuntungan/kerugian serta kelayakan suatu proyek. Dalam perhitungannya, analisis ini memperhitungkan biaya serta manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan suatu program. Dalam analisis *benefit* dan *cost* perhitungan manfaat serta biaya ini merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

Analisis ini mempunyai banyak bidang penerapan. Salah satu bidang penerapan yang umum menggunakan rasio ini adalah dalam bidang

(manfaat-biaya) maka analisis ini mempunyai penekanan dalam perhitungan tingkat keuntungan/kerugian suatu program atau suatu rencana dengan mempertimbangkan biaya yang akan dikeluarkan serta manfaat yang akan dicapai. Penerapan analisis ini banyak digunakan oleh para investor dalam upaya mengembangkan bisnisnya. Terkait dengan hal ini maka analisis manfaat dan biaya dalam pengembangan investasi hanya didasarkan pada rasio tingkat keuntungan dan biaya yang akan dikeluarkan atau dalam kata lain penekanan yang digunakan adalah pada rasio finansial atau keuangan.

Dibandingkan penerapannya dalam bidang investasi, penerapan *Benefit Cost Ratio* (BCR) telah banyak mengalami perkembangan. Salah satu perkembangan analisis BCR antara lain yaitu penerapannya dalam bidang pengembangan ekonomi daerah. Dalam bidang pengembangan ekonomi daerah, analisis ini umum digunakan pemerintah daerah untuk menentukan kelayakan pengembangan suatu proyek.

Relatif berbeda dengan penerapan BCR di bidang investasi, penerapan BCR dalam proses pemilihan suatu proyek terkait upaya pengembangan ekonomi daerah relatif lebih sulit. Hal ini dikarenakan aplikasi BCR dalam sektor publik harus mempertimbangkan beberapa aspek terkait *social benefit (social welfare function)* dan lingkungan serta tak kalah penting adalah faktor efisiensi. Faktor efisiensi mutlak menjadi perhatian menimbang terbatasnya dana dan kemampuan pemerintah daerah sendiri.

Secara terinci aspek-aspek tersebut juga mempertimbangkan dampak penerapan suatu program dalam masyarakat baik secara langsung (*direct impact*) maupun tidak langsung (*indirect impact*), faktor eksternalitas, ketidakpastian (*uncertainty*), resiko (*risk*) serta *shadow price*. Terkait perhitungan risiko dan ketidakpastian, hal ini dapat diatasi dengan

Efisiensi ekonomi merupakan kontribusi murni suatu program dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat. Sehingga yang menjadi perhatian utama dalam penerapan BCR dalam suatu proyek pemerintah yang berkaitan dengan sektor publik adalah redistribusi sumber daya (Anonim, 2009).

Rasio B/C didefinisikan sebagai rasio dari nilai ekivalen manfaat – manfaat terhadap nilai ekivalen biaya – biaya. Ukuran nilai ekivalen yang diterapkan dapat berupa nilai sekarang, nilai tahunan, atau nilai masa depan, tetapi biasanya, AW (*Annual Worth*) atau PW (*Present Worth*) yang digunakan. Rasio manfaat/biaya juga dikenal sebagai rasio tabungan – investasi (*saving – investmen ratio*, SIR) oleh beberapa badan pemerintah (Priyo, 2007).

$$\frac{B}{C} = \frac{PV \text{ pendapatan}}{PV \text{ pengeluaran}} \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana :

B/C = Rasio manfaat biaya

PV = Nilai sekarang

M. *Break Even Point* (Titik Impas)

1. Pengertian *Break Even Point*

Sering kita mendapat sebuah pilihan diantara dua alternatif dimana salah satu diantaranya mungkin lebih ekonomis dibawah sekumpulan kondisi dan yang lain mungkin lebih ekonomis dibawah kondisi lainnya. Dengan mengubah nilai satu dari variabel di dalam situasi itu, dengan memegang semua hal – hal lainnya yang berbeda di antara kedua alternatif itu tetap konstan, kita mencari sebuah nilai untuk variabel yang membuat

kedua alternatif tadi sama ekonomisnya. Nilai ini bisa disebut sebagai *break even point* (titik pulang pokok).

Break Even Point (BEP) adalah suatu teknik analisis untuk mempelajari antara biaya tetap, biaya variabel, keuntungan dan volume aktivitas. Masalah *Break Even Point* baru akan muncul apabila perusahaan tersebut mempunyai biaya variabel dan biaya tetap. Suatu perusahaan dengan produksi volume tertentu dapat menderita kerugian dikarenakan penghasilan penjualannya hanya mampu menutup biaya variabel dan hanya bisa menutup sebagian kecil biaya tetap. Dan sebaliknya akan memperoleh keuntungan, jika penjualan melebihi biaya variabel dan biaya tetap yang harus di keluarkan. *Break Even Point* menyatakan penjualan dimana total penghasilan tetap sama besarnya dengan total biaya sehingga perusahaan tidak memperoleh keuntungan dan juga tidak menderita kerugian.

Rumus – rumus titik pulang pokok bersangkutan dengan hal seperti investasi yang dinilai dengan penghematan ongkos prospektif, jam operasi tahunan yang perlu sebelum investasi ekstra yang diusulkan menjadi menguntungkan periode waktu dimana sebuah investasi usulan akan “menguntungkan dengan sendirinya” (misalnya, umur sampai pulang pokok). Secara umum, rumus itu mungkin tampak rumit, tetapi matematikanya yang terlibat dalam menyelesaikan hanyalah aljabar sederhana. Rumus tersebut hanyalah merupakan pernyataan dari situasi ongkos dalam simbol, angka, kerumitan yang jelas adalah berasal dari jumlah simbol yang besar.

Perhitungan *Break Even Point* mungkin sangat berguna didalam situasi dimana sebuah keputusan sangat sensitif pada sebuah variabel tertentu. Jika *Break Even Point* untuk variabel itu dapat dihitung maka mungkin untuk memperkirakan di sisi mana dari titik *Break Even Point* itu operasi akan berada meskipun terdapat ketidakpastian yang besar berkenaan dengan nilai yang pasti dari variabel itu. Bahkan didalam penggunaan ini, namun disukai untuk

menguntungkan, dan untuk memperkirakan konsekuensi dari kejadiannya di luar rentang itu (Eugene dkk, 1996).

2. Jenis biaya berdasarkan *Break Even Point*

Biaya yang dikeluarkan perusahaan dapat dibedakan sebagai berikut:

a. *Variabel Cost* (biaya Variabel)

Variabel cost merupakan jenis biaya yang selalu berubah sesuai dengan perubahan volume penjualan, dimana perubahannya tercermin dalam biaya variabel total. Dalam pengertian ini biaya variabel dapat dihitung berdasarkan persentase tertentu dari penjualan, atau variabel cost per unit dikalikan dengan penjualan dalam unit.

b. *Fixed Cost* (biaya tetap)

Fixed cost merupakan jenis biaya yang selalu tetap dan tidak terpengaruh oleh volume penjualan melainkan dihubungkan dengan waktu (*function of time*) sehingga jenis biaya ini akan konstan selama periode tertentu. Contoh biaya sewa, depresiasi, bunga. Berproduksi atau tidaknya perusahaan biaya ini tetap dikeluarkan.

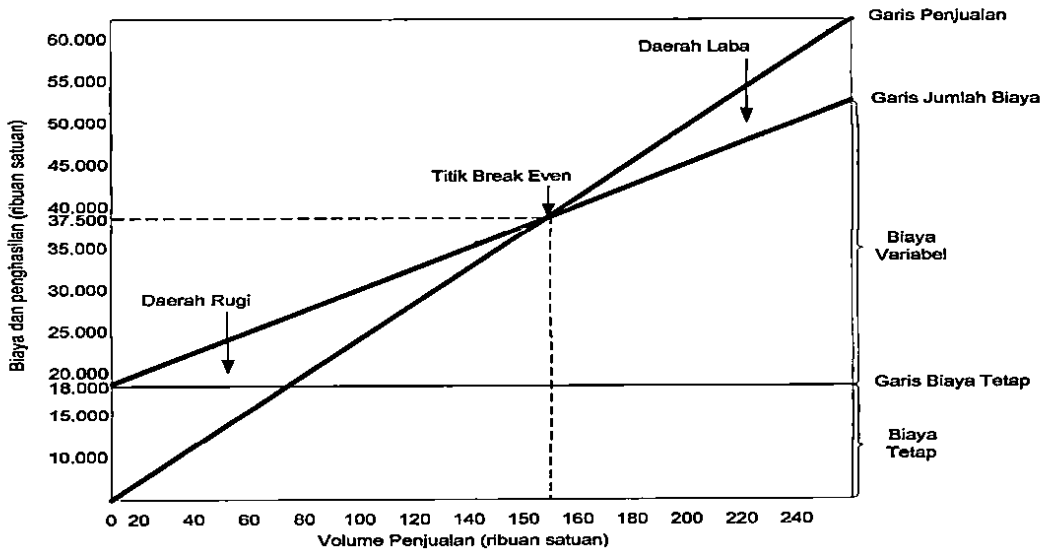
c. *Semi Variabel Cost*

Semi variabel cost merupakan jenis biaya yang sebagian variabel dan sebagian tetap, yang kadang-kadang disebut dengan semi *fixed cost*. Biaya yang tergolong jenis ini misalnya: Sales expense atau komisi bagi salesman dimana komisi bagi salesman ini tetap untuk range atau volume tertentu, dan naik pada level yang lebih tinggi.

Dalam penentuan *Break Even Point* (BEP) dapat pula dilakukan dengan grafik, dengan grafik *Break Even Point* (BEP) manajemen akan dapat mengetahui hubungan antara biaya, volume penjualan, dan laba. Di samping itu dengan grafik *Break Even Point* (BEP) manajemen dapat mengetahui besarnya biaya yang tergolong biaya tetap dan biaya variabel dan dengan

Selain itu, dengan grafik manajemen akan dapat mengetahui tingkat tingkat

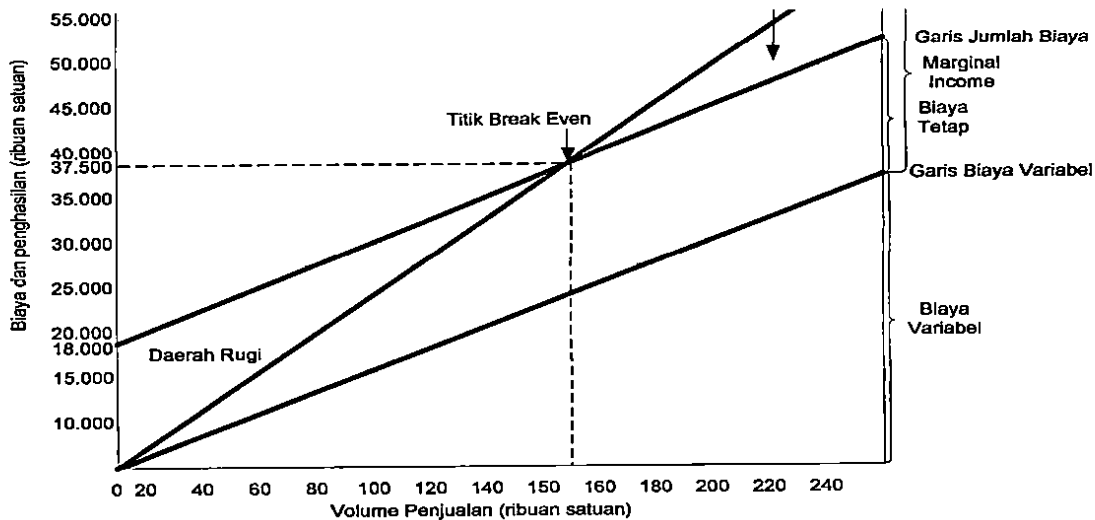
penjualan yang masih menimbulkan kerugian dan tingkat-tingkat penjualan yang sudah menimbulkan laba, atau besarnya rugi atau laba pada suatu tingkat penjualan tertentu.



Sumber : S. Munawir (2007)

Gambar 3.3 Grafik *Break Even Point*

Garis Biaya Tetap Digambarkan Secara Horizontal Sejajar dengan Sumbu x



Sumber : S. Munawir (2007)

Gambar 3.4 Grafik *Break Even Point*

Garis Biaya Tetap Digambarkan Secara Horizontal Sejajar dengan Sumbu x

Pembuatan grafik dapat dilakukan dengan langkah- langkah sbb :

- a. Sumbu datar (sb. x) menunjukkan volume penjualan yang dinyatakan dalam satuan kuantitas.
- b. Sumbu tegak (sb. y) menunjukkan pendapatan penjualan dan biaya dalam rupiah. Karena skala yang berbeda , biasanya dalam penggambaran, sumbu tegak lurus dibawahnya dibuat penyesuaian seperti huruf z.
- c. Pembuatan garis biaya dimulai dengan menarik garis biaya tetap lalu menarik biaya variabel pada setiap volume penjualan dengan biaya tetap. Setelah itu ditarik garis pendapatan penjualan pada setiap volume penjualan.
- d. Impas terletak pada titik perpotongan garis pendapatan dengan garis biaya. Bila titik perpotongannya ditarik kebawah maka akan diketahui jumlah volume penjualan pada titik impas, sedangkan jika ditarik kesamping maka akan diketahui jumlah penjualan pada titik impas.
- e. Garis bawah titik impas merupakan daerah rugi, sedangkan diatasnya merupakan daerah laba.