
STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH DENGAN TEKNOLOGI *DRY ANAEROBIC CONVERSION*

Didik Eko Budi Santoso dan Gunawan
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang
e-mail : didickobudisantoso@yahoo.com

Abstrak

Pemanfaatan sumber energi terbarukan dan peralatan konversinya semakin variatif. Sampah kota sebagai sumber masalah kebersihan, dapat ditinjau sebagai sumber energi alternative dengan teknologi yang ramah lingkungan baik proses maupun produksinya. Proses penguraiannya yg diarahkan menjadi biohas menjadikan proses ini menghasilkan energi alternatif sekaligus mengurangi volume sampah organik. Penelitian dengan mengambil data sampah kota Semarang, didasarkan pada pertumbuhan volume sampah yang semakin meningkat tajam pertahunnya. Studi perencanaan pembangkit dengan energi gas metan sebagai energi primernya disimulasikan menggunakan teknologi *Dry Anaerobic Conversion*, dimana dilakukan fermentasi anaerobic dalam bioreaktor yg membutuhkan waktu proses selama 30 hari. Diasumsikan digunakannya *pre mover* dengan mesin diesel sebagai penggerak alternator didapatkan potensi energi sampah yg terkandung di dalamnya dapat dibangkitkan daya sebesar 572.910 kwh, hal ini didapat dari konversi nilai volume gas metan yang terbentuk 88.140 m³.

Kata kunci : volume gas metan, daya terbangkit, Perencanaan, PLTSa dengan teknologi dranco.

1. PENDAHULUAN

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh NUDES (National Urban Development Strategy, 2003) menunjukkan rata-rata buangan sampah kota adalah 0.5 kg/hari. Dengan mengalikan data jumlah penduduk kota maka dapat diketahui prakiraan potensi sampah kota khususnya kota semarang yaitu sekitar 753.913 kg/hari atau sekitar 754 ton/hari. Jumlah penduduk kota semarang ini dapat ditunjukkan dari data BPS (Badan Pusat Statistik) mengenai jumlah penduduk kota semarang pada tahun 2009 yaitu sekitar 1.507.826.

Secara umum sampah kota terdiri dari 75% sampah organik dan sisanya adalah sampah anorganik. Dari sinilah jumlah sampah organik dikota semarang dapat diperkirakan ± 565.435 kg/hari. Proses penguraian bahan organik oleh mikroba dilangsungkan dalam sebuah tanki bioreaktor yang beroperasi secara batch, dimana sampah organik dimasukan setelah melalui proses pencacahan yang difermentasikan selama 30 hari. Fermentasi bahan organik untuk membentuk biogas dibiarkan berlangsung secara alami kecuali pengadukan supaya konsentrasi sludge dalam bioreaktor homogen. Waktu fermentasi optimal yang dibutuhkan untuk pembentukan biogas dari campuran sampah organik adalah 26 hari. Penambahan air sangat berperan penting dalam proses penguraian senyawa organik ini dapat dilihat dari volume produksi biogas yang dihasilkan dari perbandingan antara senyawa organik dan air. (Thahir, 2009). Study perencanaan PLTSa dengan teknologi dranco mengambil sampel data volume sampah dari TPA Jatibarang - kota Semarang. Tujuan dilaksanakannya perencanaan PLTSa ini sebagai berikut :

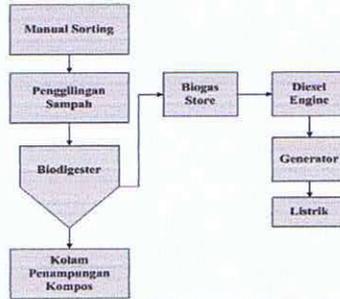
- Mendapatkan gambaran potensi energi yang terkandung dari pengelolaan volume sampah.
- Menganalisa data untuk digunakan sebagai acuan dasar dalam perencanaan PLTSa dengan teknologi dranco.
- Mencari sumber energi alternatif dengan memanfaatkan sampah organik sebagai bahan baku untuk proses fermentasi agar menghasilkan gas metan

2. METODOLOGI

Sistem perancangan PLTSa dengan Dranco meliputi :

1. Fermentasi sampah organik: Perhitungan substrat (mt) dari sampah organik dan volume bioreaktor yang tepat guna menentukan daya terbangkit dari gas metan yang dihasilkan.
2. Perencanaan mekanikal dan elektrikal.: Desain antara potensi energi yang dihasilkan dengan peralatan konversin energi yang berkesesuaian.

Logika yang digunakan dalam kajian ini dapat digambarkan pada diagram berikut;



Gambar 1. Diagram Sistem Perencanaan PLTSa dengan Dranco

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rancangan Biodigester

Biodigester dibuat dengan bentuk silinder dengan posisi vertikal. Biodigester digunakan untuk menyimpan sampah organik selama 30 hari. Perbandingan komposisi sampah organik hasil pencacahan dan air adalah 1 : 4 dimana :

$$\text{Air yang harus di tambahkan} = 4 \times \text{sampah organik} = 4 \times 565 \text{ ton} \\ \text{mt} = 2.260 \text{ ton}$$

Hasil diatas menunjukkan massa total larutan substrat padat (mt) yang dihasilkan sebesar ;

a. Volume Substrat Padat (Vf)

$$V_f = \frac{mt}{\rho_m} = \frac{2.260 \text{ ton}}{1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}} = 2.260 \text{ m}^3$$

b. Volume biodigester (Vd)

Volume biodigester dapat ditentukan jika volume substrat padat (Vf) sudah dapat diketahui maka volume biodigester berbentuk silinder dapat dihitung :

$$V_d = V_f \times t_r = 2.260 \text{ m}^3 \times 30 \text{ hari} = 67.800 \text{ m}^3$$

Dengan rumus volume silinder $V_s = \eta \cdot r^2 \cdot t$, maka tinggi dan diameter silinder dapat ditentukan :

Tinggi biodigester = 34.5 m dengan diameter biodigester = 50 m

Bentuk Biodigester silinder dengan posisi vertical dengan nilai nominal antara tinggi dan diameter silinder lebih besar diameter, dimaksudkan didalam biodigester dipasang baling-baling dengan penggerak motor. Fungsi baling-baling untuk memecah gumpalan sampah organik selama proses fermentasi.

c. Volume gas holder (tabung gas)

Tekanan biogas sangat rendah, untuk itu gas holder dapat digunakan bahan yang terbuat dari plastik. Untuk menghitung volume gas holder dapat menggunakan perbandingan antara volume substrat padat (Vf) dengan gas holder (Vg) dengan nilai perbandingan 1 : 2 dimana :

$$\text{Volume gas holder (Vg)} = \frac{V_f}{\left(\frac{V_f}{V_g}\right)} = \frac{67.800}{\left(\frac{1}{2}\right)} = 135.600 \text{ m}^3$$

Dari volume gas holder (Vg) maka tinggi dan diameter gas holder dapat ditentukan :

Tinggi gas holder = 75 m dengan Diameter gas holder = 48 m

d. Volume gas yang terbentuk

Kemampuan biogas sebagai sumber energi sangat tergantung dari jumlah gas metan yang dihasilkan, dengan ekuivalensi :

$$1 \text{ m}^3 \text{ biogas} = 0.65 \text{ m}^3 \text{ gas metan (CH}_4\text{) m}^3$$

$$CH_4 = 0.65 \times Vg = 0.65 \times 135.600 \text{ m}^3 = 88.140 \text{ m}^3$$

Dari gas holder (Vg) yang direncanakan akan dihasilkan 88.140 m³ gas metan (CH₄) dimana dalam setiap 0.65 CH₄ akan menghasilkan 6.5 kwh jadi bila gas metan dalam gas holder digunakan untuk membangkitkan listrik akan didapat ekuivalensi :

$$P = 88.140 \times 6.5 \text{ kwh} = 572.910 \text{ kwh}$$

3.2. Perencanaan Prime Mover

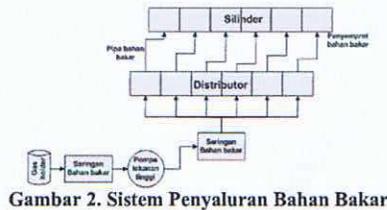
Analisis perencanaan prime mover pada PLTSa menggunakan mesin diesel sebagai berikut :

a. Mesin Penggerak

Motor diesel adalah motor torak yang proses penyalannya dengan kompresi. Pada langkah isap hanya udara segar saja yang masuk kedalam silinder. Pada waktu torak hampir mencapai TMA bahan bakar disemprotkan kedalam silinder maka akan terjadi proses penyalan untuk pembakaran, pada saat udara didalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Perbandingan tekanan kompresi serendah – rendahnya berdasarkan pertimbangan kekuatan material serta berat mesinnya oleh karena itu rancangan desain ini menggunakan perbandingan kompresi 15:1

b. Sistem bahan bakar

Gambaran sistem penyaluran bahan bakar akan diurutkan mulai dari gas holder sampai masuk kedalam silinder. Dalam sistem ini ada beberapa komponen yang digunakan pada pembakaran motor diesel meliputi, gas holder (tabung gas), saringan bahan bakar, pompa penyalur bertekanan tinggi. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan pada skema sistem penyaluran bahan bakar dibawah ini :



Gambar 2. Sistem Penyaluran Bahan Bakar

Saringan bahan bakar sangat diperlukan untuk mencegah masuknya kotoran kedalam pompa tekanan tinggi dan penyemprot bahan bakar karena kotoran didalam aliran bahan bakar dapat menyebabkan kerusakan, terutama keausan pompa dan penyemprot dan juga saluran bahan bakar bisa tersumbat sehingga mengganggu kerja motor diesel.

c. Perkiraan konsumsi bahan bakar biogas (kg/jam)

dengan nilai kalor biogas 700 kkal/m³

$$\text{Efisiensi mekanis } \eta_m = \frac{bhp}{ihp}$$

$$ihp = \frac{bhp}{\eta_m} = \frac{5}{0.75} = 7$$

$$\eta_t = \frac{ihp \times 4500}{(kons.bb \frac{kg}{jam}) \times \text{Nilai kalor} \frac{kkal}{m^3}} =$$

$$\text{Konsumsi bb biogas kg/jam} = \frac{ihp \times 4500 \times 60}{\eta_t \times \text{Nilai kalor} \frac{kkal}{m^3}} = \frac{7 \times 4500 \times 60}{0.9 \times 700 \frac{kkal}{m^3}} = \frac{1.890.000}{630 \frac{kkal}{m^3}} = 3.000 \text{ kg / hp-jam}$$

$$\text{isfc} = \frac{\text{kons.bb biogas} \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{i \text{ hp}} = \frac{3.000 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{7} = 428.5 \text{ kg/hp-jam}$$

$$\text{bsfc} = \frac{\text{kons.bb biogas} \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{b \text{ hp}} = \frac{3000 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{5} = 600 \text{ kg/hp-jam}$$

d. Konsumsi udara/jam

$$= F/A = 3000 : (15:1) = 200 \text{ kg/jam}$$

3.3. Perencanaan Elektrikal

Spesifikasi generator sinkron untuk perencanaan PLTSA dengan teknologi dranco :

Speed : 1500 Rpm

Rated Voltage : 220/400 V

Frekuensi : 50/60 Hz

Output type : AC Three Phase

Rated Power : 1000 KVA

Tabel.1. Hasil Analisa Perencanaan PltSa

No.	Parameter	Hasil Analisa
1.	Sampah organik	565 ton/hari
2.	Volume biodigester	67.800 m ³
3.	Gas methan	88.140 m ³
4.	Produksi listrik	572.910 kwh
5.	Mesin diesel, Hp	1214 Hp
6.	Kons.bb kg/hp jam	3000 kg/hp jm
7.	Kons.udara kg/jam	200 kg/jam
8.	Alternator, Kwh	800 kwh
9.	Tegangan, V	220/380 V
10.	Cos φ	0.8
11.	Frekuensi, Hz	50 Hz

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat disajikan ilustrasi konversi perubahan bentuk materi dari volume sampah dan energi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Hubungan volume sampah dengan produksi biogas serta daya listrik terbangkit

Dari gambar grafik diatas maka dapat dilihat potensi sampah kota dalam menghasilkan biogas yang digunakan sebagai bahan bakar untuk membangkitkan listrik. Dimana bila 753 ton/hari sampah yang dihasilkan penduduk kota semarang maka sekitar 75 % adalah sampah organik dan bila di jadikan substrat padat sebagai bahan baku untuk proses fermentasi anaerobik ada 2.260 m³ substrat.

Hal ini memungkinkan untuk dijadikan biogas yang bila dikonversikan kedalam bentuk listrik menjadi sekitar 572.910 kwh dari gas metan sebesar 88.104 m³.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah dengan teknologi *dry anaerobic conversion* di kota Semarang ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Potensi sampah kota Semarang dengan jumlah penduduk pada tahun 2009 sekitar 1.507.826 jiwa akan dapat menghasilkan buangan sampah mencapai 753 ton/hari. Dengan 75 % dari jumlah keseluruhan sampah kota akan dihasilkan sampah organik sebesar 565 ton/hari. Dimana bila sampah organik ini dikonversikan menjadi biogas akan menghasilkan gas metan (CH₄) sebesar 88.140 m³. Kemampuan gas metan bila dikonversikan menjadi listrik sebesar 572.910 kwh.
- b. Gas metan hasil dari proses fermentasi digunakan untuk bahan bakar mesin diesel dengan daya 1214 Hp. Dimana mesin diesel ini digunakan sebagai prime mover untuk menggerakkan alternator 1000 KVA dengan konsumsi bahan bakar 3.000 kg/hp-jam dan konsumsi udara 200 kg/jam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amurwaraharja Permana Indra, "*Analisis Teknologi Pengolahan Sampah Dengan Proses Hirarki Analitik Dan Metoda Valuasi Kontingensi*" ITB, Bandung, 2003.
2. Damirin Muhammad dkk, "*Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dengan Teknologi Dry Anaerobic Conversion*", Unissula, 2010
3. Deublin Dieter, Stenhauser Angelika, "*Biogas From Waste And Renewable Resource*" Wiley-Vch, German, 2008.
4. Dietzel Fritz, "*Turbin, Pompa dan Kompresor*" Erlangga, Jakarta, 1988.
5. Marsudi Djiteng, "*Pembangkitan Energi Listrik*" Erlangga, Jakarta, 2005.
6. Metcalf, eddy, "*Wastewater Engineering Treatment And Reuse*", Megraw Hill, New York, 2003.
7. Pudjnarsa Astu, Nursuhud Djati, "*Mesin Konversi Energi*" Andi, Yogyakarta, 2006.
8. Sudrajat, "*Mengelola Sampah Kota*" Penebar Swadaya, Jakarta , 2007.
9. Wahyuni Sri, "*Biogas*", Penebar Swadaya, Jakarta, 2009.