

BIOGAS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA STEAM POWER PLANT (Uji Kinerja Biogas Sebagai Bahan Bakar Pada Boiler)

Wirda¹⁾, Iskandar²⁾, Azharuddin³⁾, Steffi Monic Taroma⁴⁾

¹⁾²⁾³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

⁴⁾ Mahasiswi Prodi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji kinerja biogas sebagai bahan bakar untuk keperluan steam power plant. Dalam penelitian ini biogas digunakan sebagai bahan bakar pada boiler skala laboratorium. Untuk mengetahui kinerja bahan bakar sesuai kebutuhan, langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan mengadakan analisa neraca massa dan energi pada boiler dan menentukan efisiensi thermal untuk masing-masing kondisi operasi steam power plant pada tingkat tekanan yaitu 10 bar, 20 bar dan 30 bar. Dengan setiap tingkat tekanan tersebut dianalisa efisiensi thermal yang dihasilkan. Dari hasil perhitungan didapatkan efisiensi thermal pada 10 bar 61,25 %, 20 bar 67,89 % dan 30 bar 79,74 % sehingga dapat diketahui bahwa biogas mampu mencapai tekanan hingga 30 bar dan dari setiap tingkat tekanan efisiensi thermal tertinggi pada tekanan 30 bar.

Kata kunci : tekanan, efisiensi thermal.

Abstract

This research as a purpose to assess the performance of biogas as a fuel for steam power plant needs. In this research biogas is used as boiler fuel at laboratory scale. To determine the performance of the fuel as needed, the first step that must be done is to conduct mass and energy balance analysis on boiler thermal efficiency and determine for each of the operating conditions of the steam power plant at 10 bar pressure level, 20 bar and 30 bar. With every pressure level was analyzed resulting thermal efficiency. From the results of the calculation of thermal efficiency 61.25% at 10 bar, 20 bar and 30 bar 67.89% 79.74% so it can be seen that biogas is able to achieve pressures up to 30 bar and from every level of the highest thermal efficiency of pressure at a pressure 30 bar .

Keywords: pressure, thermal efficiency

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini masalah energi menjadi topik pembicaraan masyarakat baik ditingkat nasional maupun internasional. Energi telah disadari sebagai suatu kebutuhan pokok, konsumsi akan energi terus meningkat setiap tahunnya, sementara cadangan terbatas. Peningkatan konsumsi energi ini seiring dengan berkembangnya sektor industri dalam proses produksi untuk menghasilkan suatu produk. Salah satu bagian dari suatu industri yang menggunakan dan menghasilkan energi cukup besar adalah *steam power plant*.

Oleh karena itu dilakukan upaya untuk melestarikan penggunaan energi tersebut. Upaya yang telah dilakukan diantaranya adalah diversifikasi energi atau biasa disebut penggunaan berbagai jenis energi alternatif. Dengan dilakukannya diversifikasi energi sesungguhnya diperoleh pengalihan kebutuhan energi fosil ke energi biomassa yang lebih murah dan dalam penyediaannya cukup banyak.

Namun dalam penggunaan biomassa sebagai bahan bakar banyak mengalami kendala karena bentuk dan ukuran dari biomassa yang bervariasi baik dengan ukuran besar dan kecil. Oleh karenanya pada penelitian ini biomassa yang akan

digunakan sebagai bahan bakar boiler dikonversi terlebih dahulu menjadi biogas sehingga proses akan berlangsung lebih mudah dan kontinyu.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan biogas pada proses steam power plant langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan mengadakan analisa neraca massa dan energi pada boiler sehingga dapat diketahui kinerja bahan bakar sesuai kebutuhan sistem. Pendekatan yang dilakukan pada studi ini adalah uji coba biogas dari limbah sayuran sebagai bahan bakar boiler skala laboratorium pada tekanan maksimum 30 Bar.

1.1 TUJUAN

Sesuai dengan permasalahan yang telah disampaikan, maka secara rinci penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja biogas sebagai bahan bakar untuk keperluan steam power plant sesuai kebutuhan dan menentukan efisiensi thermal untuk masing-masing kondisi operasi steam power plant pada tingkat 10 s/d 30 Bar.

1.2 MANFAAT

1. Sebagai sumbangsi ilmu pengetahuan khususnya teknologi *steam power plant*
2. Kondisi operasi optimum nantinya dapat *scale up* dan dapat dipakai untuk pengembangan industri pembangkit tenaga listrik
3. Sebagai informasi bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Energi Polsri menggunakan perangkat *steam power plant* skala laboratorium hasil rancang bangun dan biogas sebagai bahan bakar hasil produksi tim peneliti. Permasalahan yang akan dibahas adalah menguji kinerja biogas sebagai bahan bakar boiler. Untuk mengetahui kinerja bahan bakar (biogas) sesuai kebutuhan dan menentukan efisiensi thermal untuk masing-masing kondisi operasi steam power plant pada tingkat 10 s/d 30 Bar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler

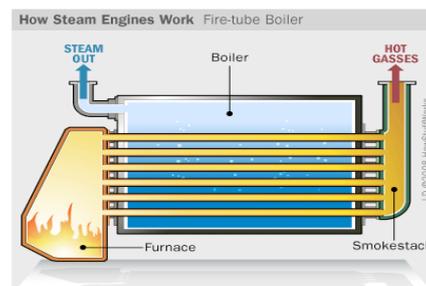
Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk uap panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem bahan bakar dan sistem *steam*.

2.1.1 Jenis- Jenis Boiler

Bagian ini menerangkan tentang berbagai jenis boiler: *Fire tube boiler* dan *Water tube boiler*,

a. Fire Tube Boiler

Pada *fire tube boiler*, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam *shell* untuk dirubah menjadi *steam*. *Fire tube boiler* biasanya digunakan untuk kapasitas *steam* yang relative kecil dengan tekanan steam rendah sampai sedang. Sebagai pedoman, *fire tube boilers* kompetitif untuk kecepatan steam sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm². *Fire tube boilers* dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *fire tube boilers* dikonstruksi sebagai "paket" boiler (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar.

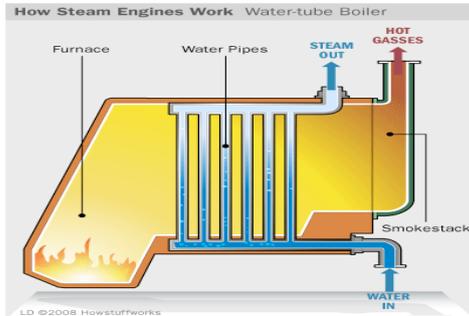


Gambar 2.1 Fire tube boiler

b. Water Tube Boiler

Pada *water tube boiler*, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus boiler untuk pembangkit tenaga. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boiler* yang

dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk water tube yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.



Gambar 2.2 Water Tube Boiler

Karakteristik water tube boiler sebagai berikut:

- Forced, induced* dan *balanced draft* membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran
- Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari plant pengolahan air.

Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi

2.1.2 Neraca Kalor

Parameter kinerja boiler, seperti efisiensi dan rasio penguapan, berkurang terhadap waktu disebabkan buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas dan buruknya operasi dan pemeliharaan. Bahkan untuk boiler yang baru sekalipun, alasan seperti buruknya kualitas bahan bakar dan kualitas air dapat mengakibatkan buruknya kinerja boiler. Neraca panas dapat membantu dalam mengidentifikasi kehilangan panas yang dapat atau tidak dapat dihindari. Uji efisiensi boiler dapat membantu dalam menemukan penyimpangan efisiensi boiler dari efisiensi terbaik dan target area permasalahan untuk tindakan perbaikan.

2.2 BIOGAS

Biogas adalah gas mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara (bakteri anaerob) terhadap limbah-limbah organik baik di digester (pencerna) anaerob maupun di tempat pembuangan akhir sampah (sanitary landfill). Gas ini sering dimanfaatkan untuk pemanas, memasak,

pembangkit listrik dan transportasi (Saragih, 2010:5)

Biogas dihasilkan dari fermentasi anaerob oleh bakteri metanogenesis pada bahan-bahan organik seperti kayu/tumbuhan, buah-buahan, kotoran hewan dan manusia merupakan gas campuran gas Metana (60-70%), CO₂ dan gas lainnya. Komposisi biogas bervariasi tergantung pada limbah organik dan proses fermentasi anaerob, dengan komposisi lengkap adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Komposisi biogas

Komposisi	%
Methana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

2.2.1 Kesetaraan Biogas

Kemampuan biogas sebagai sumber energi sangat tergantung dari jumlah gas metana. Setiap 1 m³ metana setara dengan 10 kwh. Nilai ini setara dengan 0,6 fuel oil. Sebagai pembangkit tenaga listrik, energi yang dihasilkan oleh biogas setara dengan 60—100 watt lampu selama enam jam penerangan. Berikut adalah Tabel 2.3 yang berisi nilai kesetaraan biogas dan energi yang dihasilkannya

Tabel 2.3 Nilai kesetaraan biogas dan energi yang dihasilkan

Bahan bakar	1 m ³ biogas setara dengan
Elpiji	0,46 kg
Minyak tanah	0,62 liter
Minyak solar	0,52 liter
Bensin	0,8 liter
Gas kota	1,5 m ³
Kayu bakar	3,5 kg

Sumber: hermawan dalam wardhana 2012

2.2.2 Proses Pembuatan Biogas

Secara garis besar proses pembentukan biogas adalah sebagai berikut:

- Tahap *Hidrolisis*

Pada tahap hidrolisis, bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraselular (selulose, amilase, protease dan lipase) mikroorganisme. Bakteri

memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

b. Tahap *Asidifikasi* (Pengasaman)

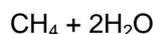
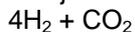
Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H₂) dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida, H₂S, dan sedikit gas metana (Murjito, 2010)

c. Tahap Pembentukan Gas Metana

yaitu perubahan dari asam asetat menjadi metan. CH₄ adalah produk akhir dari degradasi anaerob. Pembentukan metan dapat terjadi melalui dua cara. Cara pertama adalah fermentasi dari produk utama dari tahap pembentukan asam, yaitu asam asetat menjadi CH₄ dan CO₂ (Fairus et al, 2011) :



Cara kedua adalah penggunaan H₂ oleh beberapa methanogen untuk mereduksi CO₂ menjadi CH₄. Reaksi yang terjadi adalah:



2.2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Fermentasi Anaerobik

Beberapa faktor seperti umpan dan lingkungan sangat mempengaruhi perolehan biogas yang dihasilkan. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Komposisi umpan

Umpan yang digunakan biasanya memiliki kandungan nutrisi utama yang dibutuhkan mikroorganisme yang terlibat dalam proses, yaitu: karbon, berfungsi sebagai sumber energi dan unsur pembangun tubuh mikroorganisme. Nitrogen, berfungsi sebagai komponen pembangun tubuh mikroorganisme (protein

dan asam lemak) dan menciptakan stabilisasi kondisi lingkungan yang optimum bagi pertumbuhan mikroba, dan fosfat berfungsi sebagai komponen pembangun tubuh mikroorganisme dan sebagai makromineral serta menjaga kondisi lingkungan yang optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme. Garam-garam organik dalam jumlah kecil, berfungsi untuk mengontrol tekanan osmotik internal.

b. Kadar Air

Agar dapat beraktifitas secara normal, mikroba penghasil biogas memerlukan substrat dengan kadar air 90% dan kadar padatan 8– 10%.

c. Ukuran dan Densitas Umpan

Semakin kecil ukuran bahan baku yang digunakan, proses dekomposisi akan semakin cepat karena bidang permukaan bahan yang kontak dengan mikroorganisme semakin luas. Sebaliknya, untuk bahan baku yang berukuran besar

d. Derajat Keasaman (pH)

Terdapat perbedaan antara pH yang diperlukan oleh *acidogenic bacteria* dengan *methanogenic bacteria*. Acidogenic bacteria memerlukan pH berkisar 4,5 – 7. Sementara itu, methanogenic bacteria bekerja pada kisaran pH 6,2 – 7,8(5). Pada pH rendah, laju produksi dan akumulasi asam organik akan lebih berefek negatif terhadap bakteri methanogenik daripada kelompok bakteri yang lain.

Akumulasi asam-asam organik akan menghambat pertumbuhan mikroba yang terlibat dalam fermentasi dan akan membentuk buffer asam lemah yang akan menyebabkan pH semakin turun. Apabila kondisi ini berlangsung dalam waktu yang lama maka bakteri penghasil metan yang sangat sensitif terhadap lingkungan akan mati sehingga proses fermentasi akan berhenti. Nilai pH yang tinggi akan menyebabkan produksi ammonium yang cukup banyak. Ammonium dalam konsentrasi tinggi akan bersifat racun yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam fermentasi. Kestabilan pH fermentasi dapat dijaga dengan menggunakan kapasitas penyangga.

e. Temperatur

Umumnya digester yang digunakan untuk mengolah sampah kota (municipal digester) didesain untuk beroperasi pada rentang mesofilik. Secara alami rentang temperatur mesofilik (30-35°C) dapat dicapai oleh proses dekomposisi anaerobik secara normal (Fairus et al:2011).

2.2.4. Sifat Fisika dan Kimia komponen Biogas

a. Gas Metana (CH₄)

Sifat fisika metana sebagai berikut :

- Berat molekul : 16,04 gram/mol
 Densitas : 7,2 x 10⁻⁴ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
 Titik didih : -161,4 °C
 Titik leleh : -182,6 °C
 Nilai kalor CH₄ : 13.279,302 Kkal/kg
 Nilai kalor biogas : 6.720 – 9660 Kkal/kg (Harasimowicz dkk., 2007)

Sifat kimia metana sebagai berikut :

- Reaksi pembakaran sempurna gas metana menghasilkan gas karbondioksida dan uap air.



- Reaksi halogenasi gas metana menghasilkan klorometana dan HCl



b. Karbon dioksida (CO₂)

Sifat fisika karbon dioksida (Perry, 1997) sebagai berikut :

- Berat molekul : 44,01 gram/mol
 Densitas : 1,98 x 10⁻³ gram/ml (pada 1 atm dan 0°C)
 Titik leleh : -55,6 °C (pada tekanan 5,2 atm)
 Titik didih : -78,5 °C

Sifat kimia karbon dioksida sebagai berikut :

- Karbon dioksida bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk natrium karbonat (Vogel, 1985).

Reaksi:



c. Oksigen (O₂)

Sifat fisika oksigen (Perry, 1997) sebagai berikut :

- Berat molekul : 16 gr/mol
 Temperatur kritis : -118°C
 Tekanan kritis : 49,7 atm
 Titik didih : -183°C
 Titik beku : -218,4°C
 Densitas : 1,43 x 10⁻³ gr/ml

Sifat kimia oksigen sebagai berikut :

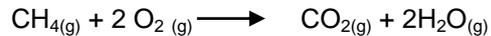
- Oksigen (O₂) diperoleh dengan cara elektrolisis

Reaksi:



- Oksigen bereaksi dengan alkana menghasilkan gas karbondioksida dan uap air (pembakaran sempurna).

Reaksi:



3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Steam power plant yang menjadi objek penelitian adalah perangkat alat hasil rancang bangun mahasiswa D IV Teknik Energi skala laboratorium yang terkoneksi dengan *Bio Reactor* sebagai penghasil gas methane.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Peralatan Operasi

Adapun alat operasi yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah 1 unit steam turbin generator yang terdiri dari komponen sebagai berikut:

- furnace, terdiri dari :
 - Burner :1 buah
 - Water tube on economizer :1 buah
 - Water tube on saturated :1 buah
 - Water tube on superheated :1 buah
 - Nozzel :1 buah
 - Cerobong gas buang :1 buah
- steam drum, terdiri dari:
 - T1 (temperature indicator) :3 buah
 - P1 (pressure indicator) :1 buah
 - Level volume feed water :1 buah
 - Valve steam :1 buah
 - Valve blowdown :1 buah
 - Valve air umpan :1 buah
- unit perangkat turbin uap
 - Roda daya :1 buah
 - Effluen kondensat :2 buah
- generator penghasil daya AC dan DC : 1 buah
- Panel instrumen, terdiri dari :
 - Lampu indikator :1 buah
 - Voltmeter :1 buah
 - Flowmeter :2 buah
- kompresor :1 buah

3.1.2. Peralatan Operasi Unit Reaktor Biogas

Alat operasi Unit Reaktor Biogas yang digunakan untuk proses penelitian adalah :

- Methagenation Reactor kapasitas 2000 L : 1 unit
- Hydrolysis and Acidegonesis Reactor kapasitas 1700 L : 1 unit
- Pompa sentrifugal 0,5 HP : 2 unit

3.2.2 Bahan yang digunakan

Berikut merupakan Bahan-bahan yang digunakan pada unit Steam turbin generator dan Reaktor Biogas :

1. Air Bersih : 1000 liter
2. Udara Tekan : 35 liter/jam
3. GCM : 1 kg
4. Sampah organik : 1 ton
5. Prosedur Percobaan
 - a. Memeriksa keberadaan air pada steam drum
 - b. Memastikan valve (v-01) terbuka
 - c. Setelah feed water terisi, valve (v-01) ditutup
 - d. Memastikan valve yang ada di area steam drum tertutup penuh ini dilakukan untuk menghindari adanya kehilangan tekanan pada saat operasi berlangsung
 - e. Membuka valve bahan bakar (v-02) dan mengatur laju alir bahan bakar dengan flowmeter (f-02).
 - f. Membuka valve udara (v-03) dan mengatur laju alir udara dengan flowmeter (f-03) dan di sesuaikan dengan rasio penelitian (15-35)
 - g. Memulai pembakaran dengan pengapian di luar
 - h. Membiarkan proses pembakaran hingga mencapai steady state, setelah itu melakukan pengambilan data temperatur

economizer, preheater dan superheater, dinding furnace, exhaust gas, tekanan steam. Dengan interval waktu 10 menit.

- i. Apabila tekanan steam sudah mencapai 10 bar, valve (v-04) di buka penuh.
- j. Selanjutnya dilakukan hal yang sama pada saat mencapai tekanan 20 bar dan 30 bar
- k. Mencatat voltase listrik yang di hasilkan oleh generator
- l. Mencatat temperatur kondensat yang keluar dari turbin uap.
- m. Setelah selesai pengambilan data, proses dihentikan dengan menghentikan distribusi bahan bakar dan udara dengan menutup valve bahan bakar (v-02) dan (v-03). Percobaan selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Dari hasil penelitian yaitu biogas yang dihasilkan dari bahan organik, didapatkan komposisi biogas dengan kandungan seperti yang terlampir pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Biogas

Komposisi	% mol
CH ₄	68,48
CO	0,3
CO ₂	29
N ₂	1,5
H ₂ O	0,15
H ₂	0,1
O ₂	0,5

Tabel.4.2 Tabel Hasil Pengamatan

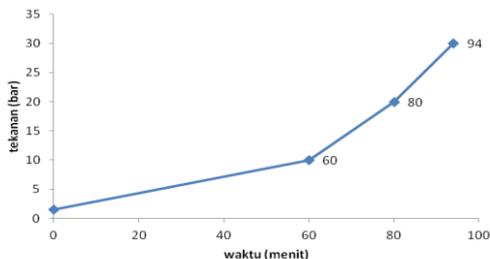
komponen	Temperatur (°c)	Tekanan (bar)	Waktu operasi (menit)	Massa (kg)
biogas	29	20	60	3
			80	3,9
			94	4,622
Udara	32	1	-	-
			170	24
Steam	215	20	60	35
			80	35
			94	48

No	Biogas		Steam		Efisiensi thermal (%)	SFC (kkal/kg)
	Kg	Mol	Tekanan (bar)	Temperatur (°C)		
1	3	122,828	10	170	61,25	1081
2	3,9	161,086	20	215	67,89	989,09
3	4,622	189,276	30	240	79,74	847,37

4.2.1 Profil temperatur dan tekanan steam Selama proses.

Proses pemanasan air umpan boiler menjadi steam dilaksanakan secara simultan dari tekanan atmosfer sampai tekanan 30 bar yang menjadi target maksimum. Selama proses pemanasan berlangsung variabel-variabel operasi seperti perubahan temperatur dan tekanan serta laju pemakaian bahan bakar diamati dengan seksama. Dari hasil pengamatan pada stadium awal kenaikan temperatur air umpan boiler berjalan lambat, hal ini disebabkan sebagian besar kalor terkuras untuk menaikkan kalor sensible air hingga mencapai titik didihnya, hal serupa terjadi pada kenaikan tekanan uap.

Penomena ini berlasung kurang lebih satu jam. Dimana temperatur steam mencapai 170 °C (10 Bar) jenuh. Setelah kondisi saturasi ini dilampaui, kenaikan temperatur membentuk trent eksponensial sampai tekanan 20 Bar, namun masih dalam kondisi transisi untuk menuju super heated. Trent superheated nampak jelas pada kenaikan tekanan dari 20 Bar menuju 30 Bar(240°C) dimana sistem sudah mencapai kondisi superheated, yakni kenaikan temperatur sudah melampaui temperatur saturated (230°C). Untuk lebih jelas penomena proses ditampilkan pada grafik berikut ini.

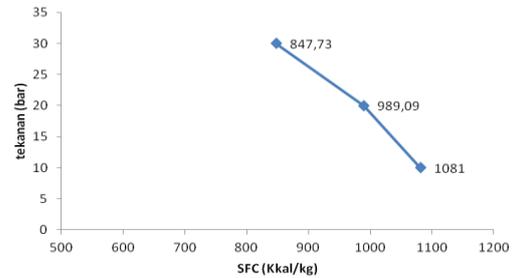


Gambar 4.1 Fenomena Proses

4.2.2 Efisiensi Thermal Boiler dan Specific Fuel Consume

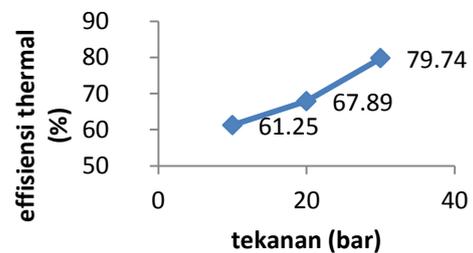
Dari hasil pengamatan dan perhitungan diperoleh efisiensi Thermal boiler untuk masing-masing tekanan 10 s/d 30 bar adalah 61,25 %, 67,89 % dan 79,74 % dan SFC berturut-turut 1081 ; 989 ; 847 Kcal/kg steam, hal ini menunjukkan bahwa kenaikan tekanan diatas 10 bar akan diperoleh penghematan energi dibanding tekanan 10 bar, hal ini disebabkan karena pada rentang 1-10 bar sebagian besar kalor digunakan untuk menaikkan kalor sensible air

hingga mencapai titik didihnya dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tekanan 10 bar. Secara lebih sfesific dapat diperlihatkan oleh SFC yang semakin mengecil dengan meningkatnya tekanan steam. Untuk lebih jelasnya nilai-nilai tersebut ditampilkan pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Hubungan SFC dan Tekanan

Dengan demikian, maka efisiensi thermal akan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan yang dicapai, dan diikuti dengan menurunnya konsumsi bahan bakar untuk mencapai target setiap kenaikan tekanan. Secara rinci dapat dilihat pada grafik 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hubungan Efisiensi dan Tekanan

5. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan perhitungan terhadap uji kinerja biogas pada steam power plant, maka dapat disimpulkan:

1. Tekanan operasi steam power plant pada 30 bar lebih efisien dari tekanan 20 bar dan 10 bar.
2. Peningkatan tekanan sampai 30 bar akan menurunkan nilai SFC, yang bearti terjadi penurunan konsumsi energi.
3. Ditinjau dari energi yang dibangkitkan oleh biogas mampu membangkitkan steam hingga 30 bar, maka dapat disimpulkan bahwa biogas dapat dijadikan energi masa depan untuk steam power plant.

DAFTAR PUSTAKA

1. Affandi, Yusuf et al. 'Tugas Rekyasa Termal Boiler': Institut Teknologi Sepuluh November
2. Fairus, Sirin et al. 2011. 'Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Energi Alternatif Biogas Dan Briket' Materi dipresentasikan dalam Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, 22 Februari 2011, Institut Teknologi Nasional, Yogyakarta.
3. Fessenden, Ralph J. and J. S. Fessenden, Kimia Organik Jilid 1, Edisi Ke-3, Erlangga, Jakarta, 1989, pp. 102 – 103.
4. Furi, Trievita Anna. 2010. 'Studi pengaruh rasio udara dengan bahan bakar biodiesel terhadap efisiensi thermal Water tube boiler' :Polsri
5. Gunawan, Totok. 2010. 'Desain air fuel ratio control berbasis optimasi kandungan O₂ pada gas buang di PT. PERTAMINA REFINERY UNIT IV CILACAP dengan menggunakan sistem fuzzy': Surabaya.
6. Hambali, E, dkk. 2008. "Teknologi Bioenergi". Agro Media: Jakarta
7. Harasimowicz, M., P. Orluk, G. Zakrzewska-Trznadel and A.G. Chmielewski, Application of Polyimide Membranes for Biogas Purification and Enrichment, Journal of Hazardous Materials, 2007, vol. 144, pp. 698 – 702.
8. Hidayat, Herman. 2004. Pengantar Teknologi Proses Pembakaran, Materi dipresentasikan dalam Pelatihan Teknologi Energi Dan Batubara.
9. Hougen, Olaf A. 1961. 'Chemical proses principles', part 1, modern asia edition: Tokyo.
10. Institut Pertanian Bogor. 2011. "Biomassa". <http://web.ipb.ac.id/BIOMASSA/pendahuluan.htm>, 25 maret 2013)
11. Kadir, Abdul. 2005. 'Energi', vol.3, p. 257
12. Konservasi Adalah Energi Investasi. (2010). Listrik Indonesia
13. Murjito. 2010. Desain alat penangkap gas methane pada sampah menjadi biogas. Teknik mesin universitas muhammadiyah Palembang.
14. Mahandri, Cokorde Prtapti. 2010. 'Fenomena Flame' <http://lontar.ui.ac.id/file?file=digital/132060-D%2000912-Fenomena%20flame-Literatur.pdf>
15. PT. PLN. 2006. 'Pengoprasian Sistem Bahan Bakar': Suralaya.
16. Perry, R. H., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition, Mc Graw Hill Companies Inc., New York, 1997, pp. table 2-1 & 2-2
17. Septanto, Arifiko. 2010. 'Integrasi Sistem Kontrol Dan Safety Pada Laju Pipa Bahan Bakar boiler Berbasis State Flow Diagram': Surabaya <http://id.scribd.com/doc/96175275/ITS-Undergraduate-9484-2404100041-Paper>
18. Vogel, Arthur, Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, Edisi Ke-5, Kalman Media Pusaka, Jakarta, 1985, pp. 110 – 118