GASIFIKASI SEKAM PADI (*BIONER-1*)

Sjaffriadi dan Budi Nurachman

Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi
BPPT Gedung II Lantai 22 Jl MH Thamrin 8 Jakarta 10340
Email: budi_n@yahoo.com

Abstract

Indonesia has potential abundant biomass wastes. Annual paddy production in Indonesia is approximately 50 million tons, from which 14 tons of rice husks is produced, assuming that each ton paddy could produce 0.28 tons of rice husks. At its calorific value of 12.5 MJ/kg, the annual potential energy provided by these husks is around 175 GJ. A gasification system using rice husk would normally require 1.5 to 2 kg of rice husks to generate 1 kWh of electricity. Therefore, each ton of rice milled could produce wastes that equals to electricity generation of 150 kWh. Rice husk is about 14 to 28.5% of a rice grain, but mostly has an average value of 25%. A gasification Bioner-1 system is operated 14 hours per day in 366 days per year. This system will drive a rice milling unit for 8 hours per day and produce electricity for villagers for another 6 hours in the evening. At a fuel consumption of 25 kg per hour, the system will require 130 tons of husks that will be provided from rice fields of around 175 ha. Gas (syngas) produced from the gasification will be used for a dual fuel diesel engine system, supplementing diesel fuel. The diesel fuel substituted by the gas could reach about 75-80%. At a consumption rate of 25 kg/hour rice husks in the system, the husks consumption per kWh electricity is 1.5 kg (1.5 kg/kWh) and the efficiency of rice husks conversion is 15%. A small portion of tar could still escape from a gas cleaning system. The tar could be observed during overhaul of the diesel engine. The tar entering into the diesel engine is overcome through switching on the diesel engine for about 10 minutes and flushing using diesel oil right before it is shutted down. Through this method, the tar entering the diesel engine is completely burned.

Kata kunci *gasification, biomas, rice husk, diesel engine*

1. PENDAHULUAN

Limbah sekam padi dari proses penggilingan gabah padi menjadi beras dapat di manfaatkan dan dirubah melalui teknologi gasifikasi menjadi bahan bakar (energi) mesin diesel. Selanjutnya mesin diesel mengerakkan generator menghasilkan listrik, menggerakan mesin perontok, mesin pengering dan penggilingan gabah padi. Keberadaan teknologi gasifikasi yang memanfaatkan limbah sekam padi sebagai bahan bakar merupakan salah satu solusi mengatasi masalah lingkungan emisi CO₂.

Indonesia menyimpan potensi limbah biomasa yang besar. Produksi padi sekitar 50 juta ton padi dan setiap ton gabah menghasilkan 0,28 ton sekam, dalam setahun diperoleh 14 juta ton limbah sekam padi, nilai kalor sekam padi 12,5 MJ/kg, potensi penyediaan energi limbah sekam padi 175 juta GJ/tahun. Sistem gasifikasi sekam padi umumnya membutuhkan 1,5 – 2,0 kg sekam padi untuk membangkitkan listrik sebesar

1 kWh. Sehingga dari setiap penggilingan padi 1 ton akan menghasilkan limbah yang setara dengan jumlah energi listrik 150 kWh.

Sistem gasifikasi *Bioner-1* berbahan bakar sekam padi yang telah dikembangkan berskala 18 kWh, memproduksi gas mampu bakar yang dapat digunakan sebagai pengganti solar untuk bahan bakar mesin diesel, untuk menggerakan generator menghasilkan listrik dan mesin penggilingan padi. Sistem ini telah dioperasikan sepanjang tahun(366 hari) selama 14 jam per hari, yaitu 8 jam pada siang hari untuk menggerakan penggilingan padi dan generator pembangkit listrik 6 jam pada malam hari yang digunakan sebagai listrik pedesaan. Dengan konsumsi bahan bakar 25 kg/jam, untuk pengoperasian gasifikasi diperlukan bahan bakar sekam padi 130 ton yang dipasok dari persawahan seluas lebih kurang 175 ha.

2. METODOLOGI

Pembangunan dan pengoperasian *gasifier* dalam jangka pendek bukan merupakan masalah sulit. Tetapi, sukses komersial sistem gasifikasi sangat tergantung pada operasi jangka panjang dan kehandalan operasi sistem. Beberapa sistem gasifikasi telah gagal setelah kurang dari 199 jam masa operasi sebab terbentuknya tar dalam sistem maupun dalam mesin.

Membongkar mesin merupakan metode yang memakan biaya untuk menentukan apakah suatu gas cukup bersih untuk dioperasikan kembali. Pengetahuan yang cukup tentang kualitas dan kebersihan gas adalah perlu untuk disainer, pengembang, pembeli, dan pengguna *gasifier*. Dibandingkan dengan generasi pertama mesin gasifikasi sekam padi pada tahun tujuh puluhan (Robert Manurung, 1983), maka pada mesin gasifikasi *Bioner-1* telah dilakukan modifikasi untuk menangani sistem pembersihan dan pendinginan gas.

2.1. Peralatan dan Sistem Gasifikasi *Bioner-1*

Skema peralatan gasifikasi *Bioner-1* dapat dilihat pada Gambar 1,2,3; Gambar 4, 5 dan Gambar 6 yang terdiri dari 3 (tiga) sistem utama yaitu sistem gasifikasi (*gasifier*/reaktor gasifikasi), sistem pembersihan dan pendinginan gas dan sistem pembangkit tenaga listrik (*diesel engine*).

Reaksi gasifikasi berlangsung di dalam *gasifier* (reaktor) dimana gas dihasilkan. Sekam padi di umpankan secara kontinyu pada bagian atas *gasifier* yang terbuka dan mengalir turun kebawah karena pengaruh gravitasi. Udara sebagai media gasifikasi masuk melalui pori/celah unggun sekam padi. Pada awalnya, produk gas dikeluarkan dari sistem gasifikasi *Bioner-1* dengan menggunakan tabung Venturi. Setelah sekitar 10 – 15 menit produk gas ditarik ke dalam motor diesel karena daya isap mesin diesel. Produk gas dari *gasifier* yang masih mengandung debu, tar, dan uap air, dibersihkan dan didinginkan pada sistem pembersihan dan pendinginan gas. Sistem pembersihan dan pendinginan gas terdiri dari *cyclone*, *filter*, *cooler* (*heat exchanger*), dan *scrubber*. Gas bersih yang keluar dari sistem pembersihan dan pendingin gas digunakan sebagai bahan bakar motor diesel substitusi diesel/solar (Gambar 7 Sistem distribusi gas dan minyak solar kedalam motor diesel).

Pemakaian gas hasil gasifikasi untuk motor diesel masih membutuhkan sejumlah kecil minyak solar. Sistem distribusi gas dan minyak solar dapat dilihat pada Gambar 7. Motor diesel yang digunakan untuk menghasilkan listrik adalah motor diesel tipe F 3L 912 (Tabel 2).

Pengujian sistem gasifikasi dilakukan dengan presentasi gas yang dapat menggantikan bahan

bakar minyak diesel. Pengujian dilakukan dengan mengamati dan menghitung bahan bakar minyak diesel yang tergantikan/ disubsitisi oleh gas hasil gasifikasi seperti dapat dilihat pada Gambar 6 mengenai substitusi minyak diesel / solar terhadap waktu operasi).

Gambar 1 : Skema system gasifikasi Bioner (Sumartono, 1989)

Gambar 2. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi untuk Listrik Pedesaan dan Sumber Energi Penggerak Rice Mill Unit (RMU)

Gambar 3. Skematik operasi sistem gasifikasi untuk 1 (satu) kali siklus Panen (Sjaffriadi, 2003)

Gambar 4. Gasifikasi *Bioner-1* (Sjaffriadi, 1997; 1998; 1999; 2003)

Gambar 5. Sistem peralatan gasifikasi *Bioner -1* 18 kW untuk produksi listrik 18 kW (Sjaffriadi, 2003)

Gambar 6. Grafik substitusi minyak solar terhadap waktu operasi (Sjaffriadi, 1997; 1998; 1999; 2003)

Tabel 1. Spesifikasi Gasifikasi *Bioner-1* (Sjaffriadi, 1997; 1998; 1999; 2003)

	Engine	Alternator
Merk	Bisma lisensi	Stamford
Tipe	F3L912	UCL 234 B
Daya	25 kW	25 kVA
Putaran	1500 RPM	1500 RPM
Frekwensi		50 Hz
Phase		3
Power faktor		0.8
Voltage		380/220 V
Ampere		3.8 A
Stator WDG		0.2
Stator connection		Star
Ambien		40 ° C
Excitation volt		27 V
Excitation amps		0.9 V
Insolation		F

Tabel 2. Spesifikasi Genset pada Gasifikasi *Bioner - 1*

SPESIFIKASI BIONER			
1. Reaktor		4. Scrubber	
Kapasitas	: 0.2 m ³	Dimensi	: Ø150 x 600 mm
Internal material	: Castable SCR 1300	Material	: Carbon steel
External material	: Carbon Steel		
Kelengkapan	: - Impeller : - Temperatur control : - Saluran pembuangan abu		
2. Screen		5. Mesin Diesel 1	
Dimensi	: 200 x 200 x 100 mm	Model	: F3L 912
Mesh	: 1 mm	Tipe	: Diesel
Material	: Carbon steel	Silinder	: 3
		Langkah	: 112 mm
		Daya	: 25 kW pada 1500 rpm
3. Cooler		6. Alternator	
Dimensi	: 550 x 750 x 300 mm	Model	: G-25
No tube	: 14	Daya	: 25 KVA
Pass	: 3	Frekwensi	: 50 Hz
Material	: Stainless steel

Gambar 7. Sistem distribusi gas dan minyak solar kedalam motor diesel

2.2. Bahan bakar sekam padi

Percobaan menggunakan bahan bakar sekam padi pada gasifikasi *Bioner-1* digunakan

sarangan ukuran 10 mm. Sekam padi pada dasarnya merupakan campuran selulosa dan silika sebagai hasil sampingan proses penggilingan padi. Besar kandungan silika bervariasi tergantung keadaan tanah. Kadar air sekam padi sekitar 8–10%, tergantung transpirasi panas, gerakan, dan transportasi oleh udara. Sedangkan nilai kalor sekam padi sekitar 6200 Btu/lb. Sekam padi merupakan 14 - 28,5 % dari berat gabah varietas padinya, tetapi rata-rata 25 %.

Karakteristik sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 [Sumartono, 1989].

Tabel 3. Komposisi sekam padi

No	Unsur	Satuan	Pengujian Lab	Kering
1	Air	%	8,18	-
2	Abu	%	18,44	20,09
3	Bahan bakar	%	59,93	66,27
4	Karbon	%	13,45	14,64
5	Nilai kalor	Btu/lb	52,2	6755
6	Berat jenis	Lb/ft ³	17,26	-

3. Proses Gasifikasi

Proses gasifikasi dapat dilihat pada Gambar 8 diagram proses gasifikasi. Abu sisa pembakaran akan dikikis oleh *impeller* pada reaktor kemudian jatuh sambil disemprot air dari injektor, air tersebut berasal dari bak air yang sebelumnya didinginkan dicooler secara sirkulasi dengan bantuan pompa. Debu dibasahi dengan air tujuannya supaya tidak berham- buran dan mudah pengambilannya dengan *screw conveyer* untuk memudahkan pembuangannya.

Tabel 4. Komposisi abu sekam padi (Sumartono, 1989)

No	Unsur	Kandungan (%)
1	Silikon oksida	92,0
2	Mgnesium oksida	2,0
3	Mangan Oksida	0,2
4	Fero oksida	0,1
5	Kalsium oksida	0,1
6	Barium oksida	0,04
7	Potasium oksida	0,02
8	Aluminium oksida	0,01
9	Sodium oksida	0,01
10	Tembaga oksida	-
11	Nikel oksida	< 0,01
12	Karbon	2,5
13	Air	< 3,0

Temperatur maksimum yang diijinkan gas keluar reaktor 450°C, tetapi yang normal biasanya berkisar antara 150-350°C. Gas dari reaktor akan menuju *cyclone* untuk menangkap debu dan diinjeksikan dengan air kemudian dilewatkan *screen* kemudian disemprotkan air sebagai pembersih *screen*. Fungsi *screen* untuk menangkap debu yang lolos dari *cyclone* merupakan alat penyaringan yaitu berupa kawat kasa, gas yang tersaring akan terus menuju *cooler* sedang partikel-partikel yang tersaring akan menempel pada kawat kasa dan terikat air jatuh ke air di bawah.

Pada mesin pendingin gas didinginkan lewat *pin tube* dengan hembusan udara oleh kipas yang digerakkan V-Belt dari motor diesel. Tujuan didinginkan yaitu selain menurunkan temperatur juga supaya terjadi kondensasi pemisahan antara gas, air dan tar. Dari pendingin gas dialirkan menuju *scrubber* yang mana gas tersebut disemprot dengan air yang dipompakan dari bak air untuk membersihkan gas dan mendinginkan gas supaya siap untuk dimasukkan ke dalam motor bakar. Gas yang bersih akan naik sedang partikel-partikel ikutan seperti debu abu, air dan tar terikat air yang disemprotkan tadi. Gas yang sudah bersih akan dibersihkan sekali lagi di *filter* yang media penyaringnya berupa arang kayu. Kemudian dilewatkan pendingin (*cooler*) dengan media pendingin air tujuan untuk mengkondensasikan uap air dengan tar yang terikat kemudian masuk *cyclone* untuk memberi kesempatan pada gas untuk terkondensasi secara sempurna. Gas ini sudah siap untuk digunakan dalam campuran dengan bahan bakar solar.

Temperatur gas yang masuk ke motor diesel tidak boleh lebih dari 40°C. Banyaknya gas yang mengalir ke dalam motor diesel tergantung dari besarnya hisapan. Tekanan dalam sistem gasifikasi biasanya di bawah kondisi atmosfer (vakum). Berdasarkan kondisi tersebut, maka bila terjadi kebocoran, udara dari luar masuk ke dalam sistem dan secara langsung akan mempengaruhi kualitas dan jumlah gas yang masuk ke dalam motor diesel.

Untuk mengatasi kebocoran, psangat perlu diperhatikan batas permukaan air dalam bak jangan sampai kurang dari batas yang ditentukan (10 cm dari bibir bak) sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran gas dapat ditekan semaksimal mungkin.

Gambar 8. Diagram proses gasifikasi (Sjaffriadi, 1998; 1999; 2003)

4. Pembahasan

Perubahan kualitas dan kuantitas produk gas disebabkan oleh kadar air di dalam bahan baku, komposisi bahan bakar sekam padi dan waktu tinggal bahan bakar dan gas di daerah reduksi di dalam reaktor gasifikasi. Kualitas dan kuantitas udara yang masuk kedalam gasifier sangat besar pengaruhnya pada reaksi $C + O_2 \Rightarrow CO_2$ karena tinggi rendahnya temperatur di daerah oksidasi di pengaruhi oleh jumlah karbon yang bereaksi dengan oksigen. Hasil monitor temperatur di dalam gasifier digunakan untuk mengontrol dan mengetahui kapan pengisian kembali bahan bakar.

Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel tidak hanya yang disuplai dari gasifikasi, tetapi masih memerlukan sejumlah kecil minyak solar supaya penyalaan sendiri (*auto ignition*) dalam silinder motor masih bisa berlangsung.

Persentasi minyak solar yang di subsitusi gas hasil gasifikasi mencapai 75 – 80 %, dapat dilihat pada Gambar 1 mengenai grafik substitusi minyak solar terhadap waktu operasi. Laju rata-rata pemakaian sekam padi 25 kg per jam. Konsumsi sekam padi per kWh listrik 1,5 kg per kWh dan efisiensi konversi sekam padi sebesar 15 %.

Hilangnya energi (yang tidak terkonversi menjadi listrik) dalam sistem gasifikasi *Bioner -1* disebabkan beberapa konsisi seperti energi terabsorpsi oleh *gasifier*, terabsorpsi sistem pembersih dan pendingin gas dan juga ikut terbawa keluar sistem sebagai gas buang.

Produksi samping berupa tar sebagian kecil masih lolos dari sistem pembersih gas. Produk tar tersebut teramati pada waktu pembongkaran motor diesel. Tar yang masuk kedalam motor disel diatasi dengan penyalaan motor diesel sekitar selama 10 menit pembilasan

menggunakan minyak solar menjelang akan dilakukan *shut down*, dengan cara demikian tar yang masuk ke motor diesel akan terbakar habis.

5. Kesimpulan

Hasil percobaan yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa gasifikasi *Bioner-1* secara teknis layak menggunakan bahan bakar sekam padi untuk menggerakkan motor diesel (genset) 18 kW sebagai penggerak utama penggilingan padi ataupun pompa air.

Efisiensi konversi total 15 %, dengan bahan bakar sekam padi menjadi tenaga penggerak genset 25 kVA.

Produksi samping tar tidak masalah pada motor diesel, dapat diatasi dengan melakukan pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya proses kondensasi tar

DAFTAR PUSTAKA

- Robert Manurung, 1983. Gasifikasi Limbah Pertanian / Kehutanan Menjadi Bahan Bakar Gas Untuk Pembangkit Tenaga listrik, Makalah disajikan pada seminar pemanfaatan limbah pertanian/ perkebunan sebagai sumber energi, Bogor.
- Sjaffriadi, 1998. Pembuatan dan Uji Coba Gasifikasi Bioner bahan bakar Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik, di Gorontalo. Gorontalo.
- Sjaffriadi, 1999. Pembuatan dan Uji Coba Gasifikasi Bioner-1 bahan bakar Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik di Pekan Tua, Riau.
- Sjaffriadi, 2003. Pembuatan dan Uji Coba Gasifikasi Bioner-1 bahan bakar Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik dan penggilingan padi, di Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan .
- Sumartono, 1989. Sekam Padi sebagai Sumber Energi (Hasil-hasil Lokakarya, Strategi Penyediaan Energi), Jakarta.