

Peningkatan Kadar Karbon Monoksida dalam Gas Mempan Bakar Hasil Gasifikasi Arang Sekam Padi

Risal Rismawan¹, Riska A Wulandari¹, Sunu H Pranolo²,
Wusana A Wibowo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta, Telp./Fax (0271) 632112

e-mail: sunu_pranolo@yahoo.com

Abstrak

Hasil gasifikasi biomassa (misalnya sekam padi dan tongkol jagung) yang biasa disebut sebagai gas produser telah banyak diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan listrik sebagai campuran bahan bakar solar keperluan mesin diesel-genset atau pengganti gas alam keperluan mesin gas-genset. Komposisi tipikal gas produser antara lain 18% – 20% H₂ dan 15% – 20% CO sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Kualitas gas produser selain dinilai dari kandungan CO dan H₂, juga dari kandungan CO₂ dan pengotor lain, serta adanya partikel padatan dalam gas. Fokus penelitian ini yaitu kondisi operasi optimum gasifikasi arang sekam padi melalui pengaturan laju alir udara supaya dihasilkan gas mempan bakar maksimum. Variasi laju alir udara penggasifikasi (*Q*) yang digunakan yaitu 8,19 m³/jam, 9,13 m³/jam, 9,84 m³/jam, 10,55 m³/jam, 11,26 m³/jam, 11,74 m³/jam, dan 13,75 m³/jam. Penelitian dilakukan dengan reaktor gasifikasi *fixed-bed* kemudian gas yang dihasilkan dianalisis dengan gas *chromatography*. Hasil analisa menunjukkan kandungan CO terbesar yaitu 14,22% pada laju alir udara 11,26 m³/jam dengan suhu gasifikasi 916 °C dan tidak ada gas H₂ yang terbentuk.

Kata kunci: arang sekam padi, biomassa, gasifikasi, gas produser, karbon monoksida

1. Latar Belakang

Semakin lama kebutuhan energi semakin meningkat. Menurut Badan Pusat Statistical Review of World Energy tahun 2012, konsumsi energi dunia pada tahun 2007 sebesar 11.350 MTOE, pada tahun 2011 sebesar 12.275 MTOE, dan akan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Sebagian besar penyediaan energi primer saat ini berasal dari bahan bakar fosil. Agar kebutuhan energi tetap terpenuhi maka sumber energi terbarukan mulai mendapatkan perhatian. Salah satu sumber energi terbarukan adalah biomassa. Biomassa adalah materi organik yang berasal dari bahan-bahan biologis (Brown, 2003).

Biomassa dapat diperoleh dari limbah pertanian dan kehutanan, limbah organik, dan tanaman kemurgi. Pengembangan biomassa sebagai salah satu sumber energi

alternatif terbarukan di Indonesia berpotensi tinggi karena sumbernya melimpah. Tabel 1 menunjukkan jumlah produksi tanaman pertanian Indonesia tahun 2011.

Tabel 1. Produksi Pertanian di Indonesia Tahun 2011

Jenis Tanaman	Produksi (Juta Ton)	Jumlah Limbah (Juta Ton)	Jenis Limbah yang Dihasilkan
Padi	65,7	15	Sekam padi
Kelapa sawit	22,0	15,2	Tandan kosong kelapa sawit, serabut dan cangkang sawit
Jagung	17,6	6,36	Tongkol jagung
Kacang tanah	0,70	0,3	Kulit kacang
Tebu	2,3	0,9	Bagas tebu

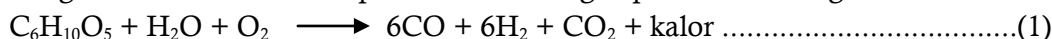
Sumber : Data Strategis BPS, 2012

Salah satu limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan yaitu sekam padi. Dari hasil panen padi sebesar 65,7 juta ton tahun 2011 dapat dihasilkan sekam padi kira-kira sebesar 13,6 juta ton (Data Strategis BPS, 2012).

Banyaknya sekam padi yang dihasilkan akan membutuhkan ruang besar pula untuk penyimpanan. Masalah tersebut dapat diatasi salah satunya melalui penggunaan sekam padi sebagai bahan bakar. Sekam padi memiliki berat jenis curah (*bulk density*) 125 kg/m³, dengan nilai kalor 13,8 MJ/Kg sekam padi. Panas yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi adalah 13,9 MJ/kg sekam padi. Pirolisis sekam padi pada suhu 420 °C menghasilkan 45% arang dengan nilai energi 15,9 MJ/kg, 18,6% minyak dengan nilai energi 6,5 MJ/kg menjadikan sekam padi sebagai bahan bakar biomassa pengganti bahan bakar fosil (Nugraha dan Setiawati, 2001).

Salah satu teknologi potensial untuk pemanfaatan limbah biomassa adalah teknologi gasifikasi. Gasifikasi memiliki lebih banyak keuntungan daripada proses pembakaran. Selain itu, gasifikasi cocok untuk seluruh jenis biomassa padat. Proses ini berlangsung di dalam satu alat yang disebut *gasifier*. Bahan bakar biomassa diumpungkan ke reaktor *gasifier* yang dibakar secara tidak sempurna (Higman, 2003).

Menurut Klass (1998), reaksi gasifikasi biomassa dengan oksidator udara dan oksigen secara sederhana dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:



Hasil yang diperoleh dari gasifikasi biomassa merupakan campuran beberapa macam gas. Komponen utama bahan bakar dalam gas biomassa adalah H₂ dan CO. Kandungan CO dalam gas biomassa 18% – 25%, sedang H₂ antara 11,1% – 16% (Susanto, 2005).

Gasifikasi terdiri dari empat proses, yaitu pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (endotermik), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (eksotermik) (Pranolo, 2010).

1. Tahap pengeringan. akibat pengaruh panas, biomassa mengalami pengeringan pada temperatur sekitar 100 °C.
2. Tahap pirolisis. Bila temperatur mencapai 250 °C, biomassa mulai mengalami proses pirolisis yaitu peretakan molekul besar menjadi molekul-molekul kecil akibat pengaruh temperatur tinggi. Proses ini berlangsung sampai temperatur 500 °C. Hasil proses pirolisis ini adalah arang, uap air, uap tar, dan gas-gas.
3. Tahap reduksi. Pada temperatur di atas 800 °C arang bereaksi dengan uap air dan karbon dioksida. Untuk menghasilkan hidrogen dan karbon monoksida sebagai komponen utama gas hasil.
4. Tahap oksidasi. Sebagian kecil biomassa atau hasil pirolisis dibakar dengan udara untuk menghasilkan panas yang diperlukan oleh ketiga tahap tersebut di atas. Proses oksidasi (pembakaran) ini dapat mencapai temperatur 1200 °C, yang berguna untuk proses peretakan tar lebih lanjut.

Media penggasifikasi yang umum digunakan dalam gasifikasi adalah udara dan kombinasi dengan oksigen atau uap air. Tabel 2 menunjukkan komposisi gas hasil gasifikasi pada berbagai macam media penggasifikasi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media penggasifikasi oksigen atau uap air memiliki komposisi gas hasil gasifikasi yang lebih baik dibandingkan media penggasifikasi udara.

Tabel 2. Komposisi Produk hasil gasifikasi dengan berbagai media penggasifikasi

Media Penggasifikasi	H ₂ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
Udara	15	20	2	15
O ₂	20	-	40	40
H ₂ O	40	25	8	25

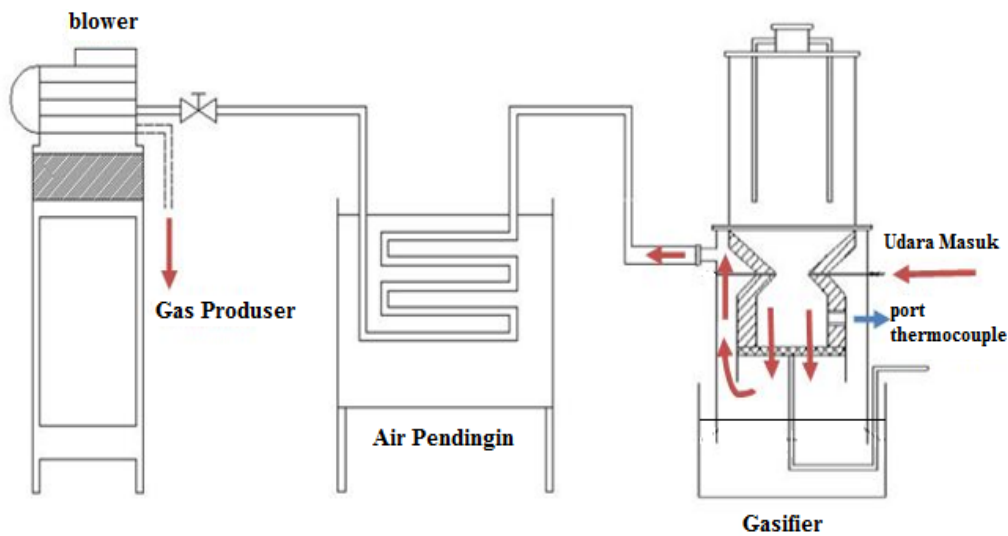
Sumber : Zuberbuhler, 2005)

Selain itu, temperatur media penggasifikasi akan mempengaruhi kuantitas gas meman bakar yang terkandung dalam gas hasil gasifikasi. Semakin tinggi temperatur media penggasifikasi maka kandungan H₂, CO, dan CH₄ di dalam gas hasil gasifikasi juga semakin pekat (Astari, 2009).

2. Metodologi

2.1 Peralatan dan Bahan

Bahan penelitian ini menggunakan arang sekam padi dan arang kayu sebagai starter pada proses gasifikasi. Rangkaian peralatan gasifikasi ditunjukkan pada Gambar 1.



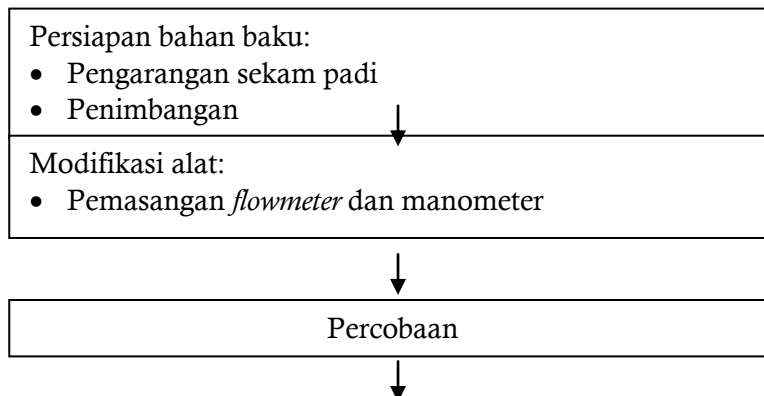
Gambar 1. Rangkaian Peralatan Gasifikasi

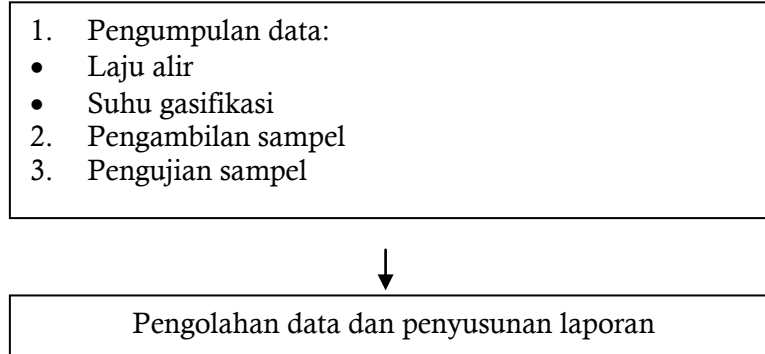
Spesifikasi alat gasifikasi:

- Diameter luar, selubung luar gasifier : 38 cm
- Tinggi gasifier : 103 cm
- Diameter dalam reaktor : 17 cm
- Diameter luar reaktor : 23 cm
- Kapasitas Gasifier : 3 kg/jam
- Daya Blower : 1 HP
- Instrumentasi : 2 buah *Thermocouple*
- Volume air pendingin : 0,26 m³

2.2 Prosedur Percobaan

Variabel bebas penelitian ini adalah laju alir udara. Percobaan dilakukan dengan variasi laju alir udara penggasifikasi, yaitu 3,9 m/s, 4,3 m/s, 4,6 m/s, 5,0 m/s, 5,3 m/s, 5,7 m/s, dan 6,6 m/s, dan massa arang sekam padi 3 kg. Alur kerja penelitian terlihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Alur Pelaksanaan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Kualitas dan kuantitas gas produser dapat dipengaruhi beberapa faktor, antara lain laju alir udara dan massa arang sekam padi. Hasil analisa proksimat arang sekam padi kering menunjukkan bahwa kandungan *fixed carbon*, abu, dan *volatile matter* arang sekam padi tersebut berturut-turut adalah 33,85%, 40,45%, dan 25,70%. Tahap pendahuluan percobaan ini diawali dengan peneraan manometer sebagai alat ukur laju alir. Hasil peneraan manometer udara merupakan fungsi beda tinggi raksa (Δh) pada manometer U. Hasil persamaan yang diperoleh yaitu

$$Q = 2,3677\Delta h + 6,2924 \dots \dots \dots (2)$$

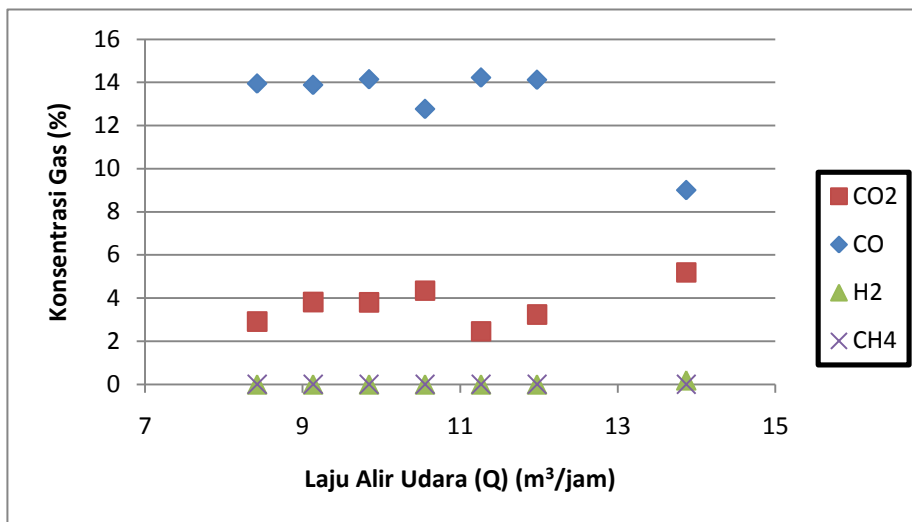
Persamaan di atas digunakan untuk perhitungan laju alir udara penggasifikasi yang digunakan dalam proses gasifikasi. Variasi laju alir yang dilakukan akan mempengaruhi suhu di dalam reaktor gasifikasi. Suhu teramati selama penelitian ini berkisar antara 714 – 924 °C. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran suhu gasifikasi pada berbagai nilai laju alir udara penggasifikasi (Q).

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu Gasifikasi

Q (m ³ /jam)	T gasifikasi (°C)	T gas produser (°C)
8,19	714	200
9,13	762	206
9,84	830	209
10,55	906	213
11,26	916	217
11,74	918	221
13,75	924	224

Mengacu pada hasil pengukuran suhu gasifikasi, diperoleh suhu gas produser berkisar antara 200-224 °C. Suhu tinggi dapat merusak blower, sehingga dalam penelitian ini digunakan pendingin koil untuk menurunkan suhu gas produser hingga mencapai suhu lingkungan.

Hasil percobaan dengan berbagai macam laju alir udara menunjukkan bahwa suhu gasifikasi meningkat seiring dengan kenaikan laju alir udara penggasifikasi (Tabel 3) karena jumlah udara sebagai agen penggasifikasi semakin besar sehingga karbon pada arang sekam padi semakin banyak yang tergasifikasi. Setelah pengukuran suhu gasifikasi, kemudian dilakukan pengambilan sampel gas produser atau gas hasil gasifikasi untuk dilakukan pengujian kandungan gas CO, CO₂, H₂, dan CH₄. Hasil analisa sampel gas produser dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Hubungan Laju Alir Udara dengan Konsentrasi Gas

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat dilihat komposisi gas mempan bakar yang dihasilkan yaitu CO. Kadar gas mempan bakar yang relatif lebih banyak adalah CO karena bahan baku dalam proses gasifikasi ini adalah arang sekam padi. Kandungan C dalam arang sekam padi sangat melimpah sehingga saat proses gasifikasi dihasilkan gas CO. Kandungan CO₂ yang sangat kecil makin memperkuat bahwa telah terjadi proses gasifikasi. Jika kandungan CO₂ besar maka yang terjadi bukan proses gasifikasi melainkan proses pembakaran biasa.

4. Kesimpulan

Komposisi CO dalam gas produser dapat ditingkatkan dengan pengaturan laju alir udara penggasifikasi. Kondisi operasi pada laju alir udara 11,26 m³/jam dan suhu reaksi 916 °C menghasilkan komposisi gas CO sebesar 14,22%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui Skema Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2013 dan Program Kreativitas Mahasiswa 2012.

Daftar Pustaka

Astari, G. P. 2009. Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna dan Temperatur Api pada Gasifikasi Reaktor

- Downdraft dengan Bahan Baku Tongkol Jagung. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Badan Pusat Statistik. 2012. BP Statistical Review of World Energy. http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf. 11 Oktober 2012
- Badan Pusat Statistik 2012. Data Strategis BPS. <http://www.bps.go.id/getfile.php?news=995.html>. 11 Oktober 2012
- Brown, C.R. 2003. Biorenewable Resources. page 4. Iowa State Press. Iowa
- Higman, C. and Van der Burgt, M. 2003. Gasification. Gulf Professional Publishing. USA
- Klass, D. L. 1998. Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemical. Academic Press. California
- Nugraha, S. dan Setiawati, J. 2001. Peluang Agribisnis Arang Sekam. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. Jakarta
- Pranolo, H 2010, *Potensi Penerapan Teknologi Gasifikasi Tongkol Jagung Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Pedesaan*, Dalam Seminar Nasional Energi Terbarukan Indonesia di Universitas Jendral Sudirman Purwokerto.
- Susanto, H. 2005. Pengujian PLTD-Gasifikasi Sekam 100 kW di Haurgeulis – Indramayu. Laporan Akhir. Departemen Teknik Kimia, FTI-ITB, Bandung.
- Turare, C. 1997. Biomass Gasification Technology and Utilization. Artes Institute. Flensburg
- Zuberbuhler, U. dkk. 2005. Gasification of Biomass-An Overview on Available Technologies. Center for Solar Energy and Hydrogen Research (ZSW). Stuttgart