

GASIFIKASI ARANG KAYU UNTUK PEMBANGKITAN TENAGA LISTRIK

(Charcoal gasification for electric power generation)

Oleh/By

Hartoyo, Tjutju Nurhayati Syachri

Summary

An experiment on charcoal gasification for power generation was conducted on a pilot scale of 7.5 KVA. This experiment used 50 kg mixed charcoal species having moisture content of 6.9 %, ash content of 2.5 %, volatile matter of 22.4 % and calorific value of 6733 cal/g.

The product gas was run through gas purifier, jet condenser, cyclone, gas cooler and filter. The gas was composed of carbon monoxide (26 to 31%), carbon dioxide (3 to 15%), methane (0 to 1%) with calorific values ranging from 2600 to 4100 cal/g.

The produce gas which was assumed to have been purified of tar and water vapour was fed into a power generator. The electric power generated ranged from 200 to 234 Volts at around 2.08 A and a revolution of from 1822 to 2110 RPM. It turned out that these gases still contained tar and water vapour which was observed at the engine, an indication that the gas purifier did not function well. This is evidenced by the fluctuation of the gas flow rate (from 9.8 to 1277 Nm³/hour).

The efficiency of charcoal conversion to electric and heat energy was 11.7% and 60% respectively for a load of 1.8 KW and 7 hours of operation, and 13,9 % and 50.5 % respectively for a load of 2.8 KW and 7 hours of operation.

I. PENDAHULUAN

Sejak terjadinya krisis energi pada akhir tahun 1973 perhatian dunia terhadap penelitian dan pengembangan gasifikasi biomas sangat besar baik di negara maju maupun negara berkembang. Di Indonesia pengembangan gasifikasi biomas diharapkan dapat menunjang upaya penyediaan listrik pedesaan terutama di daerah terpencil. Selain itu juga pengembangan gasifikasi akan dapat memberikan peran yang cukup besar terhadap pemanfaatan kayu atau limbah dari industri perkayuan sebagai sumber energi untuk pengadaan energi bagi industri itu sendiri.

Permasalahan utama dalam pengembangan gasifikasi kayu atau biomas selama ini terutama menyangkut masalah aspek teknis yaitu yang berhubungan dengan kelancaran proses reaksi gasifikasi, pembersihan gas dari campuran ter dan partikel-partikel padat serta fluktuasi gas yang kesemuanya itu dapat mengganggu daya kerja motor dan kenyamanan operasional.

Dalam kaitannya dengan pemecahan masalah tersebut di atas, di Pusat Penelitian Hasil Hutan telah dilakukan penelitian gasifikasi skala pilot kapasitas 7,5 KVA dengan menggunakan bahan bakar arang kayu untuk pembangkit tenaga listrik. Pene-

litian bahan baku arang didasarkan atas pertimbangan bahwa arang kayu akan menghasilkan sedikit ter sehingga diharapkan akan lebih mudah dalam proses pembersihan.

Dalam penelitian ini dilaporkan hasil uji coba gasifikasi yang berkaitan dengan proses dan perangkat gasifikasi meliputi pemurnian dan fluktuasi gas dan kondisi motor bakar. Sebagai tambahan dikemukakan pula efisiensi konversi arang kayu menjadi tenaga listrik dan panas.

III. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang kayu campuran sebanyak 50 kg untuk sekali percobaan. Sebagai uji perbandingan hasil digunakan bahan bakar minyak bensin.

B. Alat dan metode penelitian

Perangkat gasifikasi buatan Institut Teknologi Bandung (Gambar 1) terdiri dari reaktor gasifikasi, unit pembersih gas, motor bensin dan generator listrik. Keterangan masing-masing komponen secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut :

ini terjadi pula reaksi metanasi menghasilkan gas metan mudah bakar.

Temperatur yang dicapai pada daerah reduksi berkisar antara 250^o – 750^oC.

Gambaran mengenai proses dalam perangkat penghasil gas dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan konsumsi arang pada tiga kali percobaan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi arang dalam proses gasifikasi
Table 2. Charcoal consumption during gasification process

Nomer percobaan (Number of research)	Berat arang (Charcoal weight), kg		Arang terbakar (Charcoal burnt), %	Lama operasi (Duration of operation) jam (hour)	
	Umpan (Charge)	Terbakar (Burnt)			Sisa (Residue)
1	45	24	21	46,7	8
2	54	24	30	44,4	8
3	49	17,5	31,5	35,7	8

Perangkat konstruksi penghasil gas (Gambar 2) dengan udara yang dialirkan melalui pipa besi yang dipasang di bagian atas reaktor dan ujung pipa berakhir di daerah oksidasi menyebabkan ketidaklancaran pembakaran arang yang berpangkal pada ujung pipa di daerah oksidasi tersebut. Suhu oksidasi yang dapat mencapai 1150^oC menyebabkan pipa besi turut teroksidasi pula sehingga mengakibatkan terjadinya proses kerapuhan besi. Pipa menjadi berkurang panjangnya dan tidak lagi terletak pada daerah oksidasi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas perlu diadakan perubahan konstruksi pipa besi. Blower dipasang di bagian bawah atau samping reaktor dan pipa aliran udara terbuat dari metal tahan suhu tinggi dan dipasang pada dinding reaktor dekat dengan daerah oksidasi.

B. Proses pemurnian gas

Gas bakar panas hasil proses gasifikasi terdiri dari campuran CO, CO₂, H₂, CH₄, uap air, asam-asam kayu (asam piroligneous) dan partikel-partikel padat. Dalam penggunaannya sebagai bahan bakar untuk motor bensin, gas harus cukup bersih dari ter, partikel padat, asam-asam kayu dan tidak mengandung uap air. Untuk menghilangkan bahan-bahan tersebut gas dialirkan ke dalam perangkat pembersih gas yang terdiri dari siklon, pendingin gas, kondensor jet dan filter.

Proses pemurnian di dalam siklon dilakukan dengan cara siklon. Dengan cara ini diperoleh pemisahan antara gas dan partikel padat. Selanjutnya

gas mengalir ke dalam perangkat kondensor jet dan asam-asam kayu dan ter pendingin gas. Partikel-partikel padat dan lain-lainnya akan turun ke bagian bawah siklon.

Gas yang dihasilkan dari perangkat siklon masih mengandung sedikit partikel padat, uap air dan ter. Di dalam perangkat kondensor jet dan pendingin gas campuran gas ini dikondensasikan dengan tujuan terutama untuk memperoleh gas suhu dingin dan bebas air. Selanjutnya campuran gas ini dilewatkan ke dalam filter dengan tujuan untuk memisahkan gas bakar dari komponen-komponen tersebut di atas.

Gas bakar yang dihasilkan ini ternyata masih mengandung ter ringan yang tidak dapat dikondensasikan dengan baik di pendingin gas maupun di filter. Hal ini dapat dilihat pada periode tertentu dengan terbentuknya ter pada siklon, pendingin, filter dan karburator motor bakar.

Terbentuknya ter pada karburator motor bakar mengakibatkan jalannya motor bakar tidak stabil dan dengan sendirinya energi listrik yang dihasilkan tidak tetap. Selain itu dengan terbentuknya ter-ter di perangkat pemurnian gas maka masing-masing perangkat tidak berfungsi sebagaimana mestinya, bahkan bisa tersumbat oleh ter. Adanya ter tersebut menyebabkan sering dilakukan pembersihan karburator dan mesin motor bakar. Dengan demikian kerja motor bakar menjadi kurang praktis.

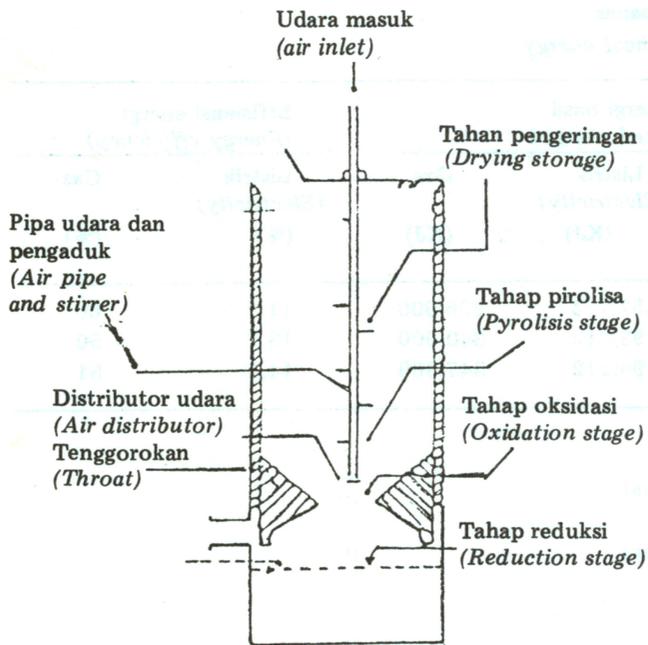
Disamping masalah ter juga asam-asam kayu ringan yang diharapkan akan terpisahkan seluruhnya di pendingin gas ternyata masih sebagian besar yang terkondensasi di motor bakar. Asam-asam ringan yang tidak terkondensasi dan masuk ke dalam motor bakar akan menyebabkan korosi pada mesin.

Pemurnian gas dari uap air melalui cooler juga tidak dapat diatasi. Hal ini terlihat bahwa uap air masih banyak terkondensasi dalam filter yang sebenarnya merupakan perangkat terakhir pada proses pemurnian gas. Banyaknya kandungan uap air dalam filter menunjukkan penurunan nilai kalor gas bakar tersebut.

Untuk mengatasi uap air, ter dan asam-asam kayu dalam gas bakar dianggap perlu untuk menambahkan bahan pengikat yang baik seperti kapur tohor, piridin dan lain sebagainya pada perangkat pemurnian gas tersebut.

C. Keragaan motor bensin dan generator

Konversi gas bakar hasil gasifikasi arang kayu menjadi energi listrik digambarkan dengan laju alir gas hasil atau fluktuasi dan energi yang dihasilkan. Kestabilan daya kerja mesin dan generator dipe-



Gambar 2. Proses pembakaran dalam reaktor
Figure 2. (Combustion process)

Angka variasi tegangan listrik, Ampere dan putaran mesin pada Tabel 4 menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup besar jika dibandingkan dengan bahan baku bensin. Pada motor bakar yang menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan tegangan 220 Volt bisa dicapai secara terus menerus, tetap dan stabil, karena hasil proses pembakaran bensin menjadi gas bakar sangat homogen baik komposisi maupun nilai kalornya.

Tabel 4. Hubungan laju alir gas dengan energi listrik yang dihasilkan

Table 4. Relationship of gas flow rate and electric energy produced

Waktu (Duration) jam (hour)	Laju alir gas (Gas flow rate)(Nm ³) jam (hour)	Tegangan Volt	Arus A	RPM
1	11,33	220	1,95	1822
2	9,8	220	1,99	1825
3	10,85	230	1,99	1933
4	11,46	231	2,13	1977
5	12,77	236	2,05	1969
6	12,22	235	2,17	2034
7	12,07	234	2,14	2000
8	11,06	226	2,18	2110
X	11,56	229	2,08	1962

Penggunaan bahan bakar bensin menyebabkan putaran motor stabil dan energi listrik yang dihasilkan

kannya juga stabil. Dengan menggunakan beban listrik sebesar 2,47 KW jumlah putaran generator yang dihasilkan dari bahan bakar bensin mencapai 2600 rpm.

Pada gasifikasi arang kayu yang hasil pengamatannya dapat dilihat pada Tabel 4 ternyata bahwa laju alir gas tidak stabil dan bervariasi antara 9,8 – 17,77 Nm³/jam yang menimbulkan jumlah putaran tidak stabil pula yaitu berkisar antara 1988 – 2110 RPM. Demikian pula arus listrik yang dihasilkan bervariasi antara 220 – 236 Volt dan 1,95 – 2,18 A. Dibandingkan dengan motor bensin maka motor bakar gas hasil gasifikasi arang kayu menunjukkan jumlah putaran generator lebih rendah yaitu rata-rata 1962 RPM meskipun jumlah beban yang digunakan sama.

D. Efisiensi konversi arang menjadi tenaga listrik dan panas

Efisiensi arang menjadi tenaga listrik dan panas diartikan sebagai perbandingan energi yang dihasilkan dengan energi potensial arang. Hasil perhitungan konversi arang menjadi tenaga listrik dan panas tercantum pada Tabel 5.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa efisiensi arang menjadi energi listrik dan panas dipengaruhi oleh beban listrik. Pada beban listrik 1,8 KW dan lama operasi 7 jam diperoleh efisiensi listrik 11,7%, sedangkan pada beban 2,8 KW selama operasi 8 jam diperoleh efisiensi 13,9%. Angka ini menunjukkan bahwa efisiensi listrik yang dihasilkan masih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi yang dihasilkan dari bahan bakar bensin yang umumnya lebih dari 40%. Rendahnya efisiensi listrik dari gasifikasi ini disebabkan oleh radiasi panas dalam reaktor dan kehilangan panas pada proses pemurnian gas, juga penurunan efisiensi di motor bakar dan generator listrik.

Angka efisiensi panas yang dihasilkan dari gasifikasi arang memperlihatkan nilai yang lebih tinggi yaitu 60% pada beban 1,8 KW dan 50,1% pada beban 2,8 KW. Efisiensi konversi arang menjadi gas bakar akan lebih tinggi apabila gas panas yang keluar dari reaktor langsung digunakan sebagai bahan bakar tanpa terlebih dahulu dimurnikan pada unit pemurni gas. Jika ditinjau dari efisiensi, pemanfaatan gas untuk bahan bakar secara langsung akan lebih menguntungkan. Selain itu gas sebagai bahan bakar tidak menimbulkan permasalahan yang rumit. Walaupun demikian pemanfaatan sebagai pembangkit tenaga listrik, apabila ditingkatkan efisiensinya dan dapat diatasi permasalahannya akan lebih memberi pengaruh positif yang luas terhadap masyarakat.

PETUNJUK BAGI PENULIS

BAHASA : Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia dengan ringkasan dalam bahasa Inggris atau dalam bahasa Inggris dengan ringkasan bahasa Indonesia.

FORMAT : Naskah diketik di atas kertas kuarto putih pada satu permukaan dengan 2 spasi. Pada semua tepi kertas disisakan ruang kosong minimal 3,5 cm.

JUDUL : Judul dibuat tidak lebih dari 2 baris dan harus mencerminkan isi tulisan. Nama penulis dicantumkan di bawah judul.

RINGKASAN : Ringkasan dibuat tidak lebih dari 200 kata berupa intisari permasalahan secara menyeluruh, dan bersifat informatif mengenai hasil yang dicapai.

TABEL : Judul tabel dan keterangan yang diperlukan ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris dengan jelas dan singkat. Tabel harus diberi nomor.

GAMBAR GARIS : Grafik dan ilustrasi lain yang berupa gambar garis harus kontras dan dibuat dengan tinta hitam. Setiap gambar garis harus diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

FOTO : Foto harus mempunyai ketajaman yang baik, diberi judul dan keterangan seperti pada gambar.

DAFTAR PUSTAKA : Daftar pustaka yang dirujuk harus disusun menurut abjad nama pengarang dengan mencantumkan tahun penerbitan, seperti teladan berikut :

Allan, J.E. 1961. The determination of copper by atomic absorption spectrophotometry. *Spectrochim. Acta*, 17, 459 — 466.

FAO. 1974. Logging and Log Transport in Tropical High Forest. *FAO Forestry Development Paper No. 18*, Rome.

Jane, F.W. 1955. *The Structure of Wood*. 1st ed. p. 328. London : Black.

CETAK ULANG : Kepada penulis diberikan 10 eksemplar cetak ulang.

NOTES FOR AUTHORS

LANGUAGE : Manuscripts must be written in Indonesian with English summary or vice versa.

FORMAT : Manuscripts should be typed double spaced on one face of A₄ white paper. A 3.5 cm margin should be left on all sides.

TITLE : Title must not exceed two lines, and should reflect the content of the manuscript. The author's name follows immediately under the title.

SUMMARY : Summary must not exceed 200 words, and should comprise informative essence of the entire content of the article.

TABLE : Title of tables and all necessary remarks must be written in Indonesian and English. Tables should be numbered.

LINE DRAWING : Graphs and other line drawing illustrations must be drawn in high contrast black ink. Each drawing must be numbered, titled and supplied with necessary remarks in Indonesia and English.

PHOTOGRAPH : Photographs submitted should have high contrast, and must be supplied with necessary information as in line drawing.

REFERENCE : References must be listed in alphabetical order of author's name with their year of publications as in the following example :

OFFPRINT : Authors are given 10 copies of offprints.