

# UJI PENGOPERASIAN FIXED BED GASIFIER BATUBARA KAPASITAS 100 kg/jam

Suhartono<sup>1</sup>, Suwito Gunadarma<sup>2</sup>, Dwiwahju Sasongko dan Herri Susanto<sup>3</sup>

*Unit gasifikasi batubara jenis down draught kapasitas 100 kg/jam untuk mensubstitusi minyak bakar 70 liter/jam melalui proses gasifikasi, menggunakan udara-air sebagai medium penggasifikasi telah terinstalasi pada unit pengering di pabrik teh. Unit gasifikasi terdiri dari reaktor gasifier, siklon, pendingin, kock out drum, blower dan burner.*

*Gas produser stabil terbakar di burner, tetapi hanya mampu membuat udara panas di unit pengering teh hingga 92 °C (suhu target 100 °C 120 °C). Diperkirakan tidak tercapainya suhu target disebabkan kapasitas gasifier kurang besar, sehingga gas produser yang disuplai kurang dan pembakaran di burner selalu dalam eksekusi udara yang tinggi.*

*Beberapa faktor gasifikasi yang diperkirakan mempengaruhi proses, antara lain :*

*a. batubara pecah menjadi partikel lembut, menyebabkan penurunan tekanan yang menghambat aliran,*

*b. hambatan aliran di ruang reduksi terjadi akibat pelelehan abu, menyebabkan penyumbatan aliran maupun penutupan arang, sehingga sulit bereaksi,*

*c. kandungan tar masih banyak, karena tidak adanya scrubber yang dipasang di depan pendingin.*

*Untuk menurunkan temperatur proses gasifikasi yang masih tinggi dan pelelehan abu diatasi dengan air yang disemurkan dalam bentuk kabut (spray) dalam daerah oksidasi melalui pemasangan pocker, penguapan air menyebabkan produksi hidrogen tinggi. Modifikasi lanjut difokuskan pada reaktor gasifikasi berupa perombakan throat (zona reduksi) untuk menurunkan temperatur proses dan meningkatkan pasokan gas hasil.*

Kata kunci : Gasifikasi, down draught

## I. Pendahuluan

Bahan bakar merupakan salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Bahan bakar memberikan kemudahan bagi manusia untuk mengolah bahan menjadi sesuatu yang mudah digunakan oleh manusia. Sampai saat ini masyarakat dan industri, khususnya di Indonesia masih banyak menggunakan bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan akan bahan bakar.

Ketergantungan masyarakat/industri terhadap bahan bakar minyak tersebut, menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis, sehingga harga minyak tersebut semakin tinggi akibat kelangkaannya. Karena itu, diperlukan bahan bakar alternatif sebagai **pengganti kebutuhan masyarakat/industri** terhadap bahan bakar minyak.

Di Indonesia, batubara telah lama dikenal sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak, walaupun dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar rumah tangga, batubara masih belum banyak digunakan. Batubara dapat dipakai sebagai bahan bakar langsung atau bahan bakar tidak langsung. Untuk pemakaian di industri batubara dapat diubah terlebih dahulu menjadi gas produser melalui proses gasifikasi

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>2</sup>PT. Sariwangi AEA Divisi Engineering Jl. Kebon Sirih No. 4 Bandung

<sup>3</sup>Departemen Teknik kimia, FTI-ITB, email herri@che.itb.ac.id

produser melalui proses gasifikasi.

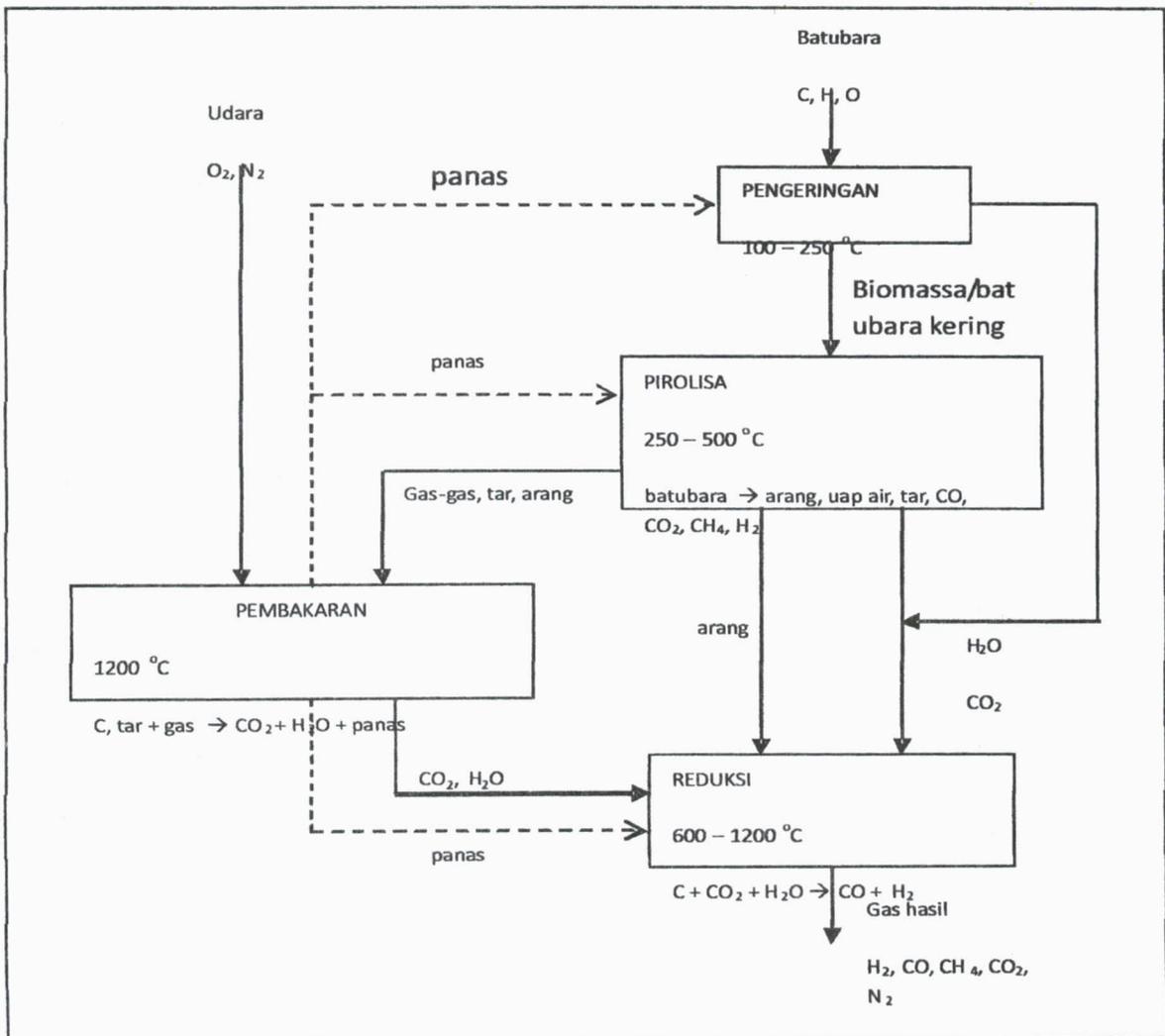
Mengingat semakin naiknya harga dan terbatasnya ketersediaan bahan bakar minyak, PT Sariwangi telah mensubstitusi minyak bakar dengan batubara melalui proses gasifikasi jenis *Fixed Bed Gasifier (Down Draught)* untuk keperluan pengeringan teh hitam di Patuha Wattee Ciwidey-Bandung.

Kehandalan unit ini telah dilakukan uji operasional secara cermat selama 5 bulan. Pengujian perioda panjang ini mencakup; pengoperasian tanpa henti sesuai dengan yang diharapkan (10 jam/hari), kajian teknis pengoperasian, modifikasi dan perawatan peralatan, dan evaluasi kelayakan ekonomi dengan kondisi yang lebih mendekati realitas komersial.

## II. Fundamental

Secara sederhana proses gasifikasi dapat dikatakan sebagai reaksi kimia pada temperatur tinggi antara batubara dengan udara, yang tahapannya dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 1).

1. Tahap pengeringan/penguapan. Akibat pengaruh panas, batubara mengalami pengeringan pada temperatur sekitar (25 - 100 °C).
2. Tahap pirolisis. Bila temperatur mencapai 250 °C, batubara mulai mengalami proses pirolisis, yaitu pemarkahan 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.



Gambar 1. Prinsip proses gasifikasi

3. Tahap reduksi. Pada temperatur di atas 600 °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 batubara 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 perekahan tar lebih lanjut. Tahap-tahap proses di atas dilaksanakan dalam satu alat yang disebut *gasifier* atau reaktor gasifikasi.

Jenis *gasifier* yang sesuai untuk memproses batubara adalah *down-draught*, dengan unggun batubara turun sendiri karena gaya gravitasi dan aliran gas juga turun melewati unggun tersebut.

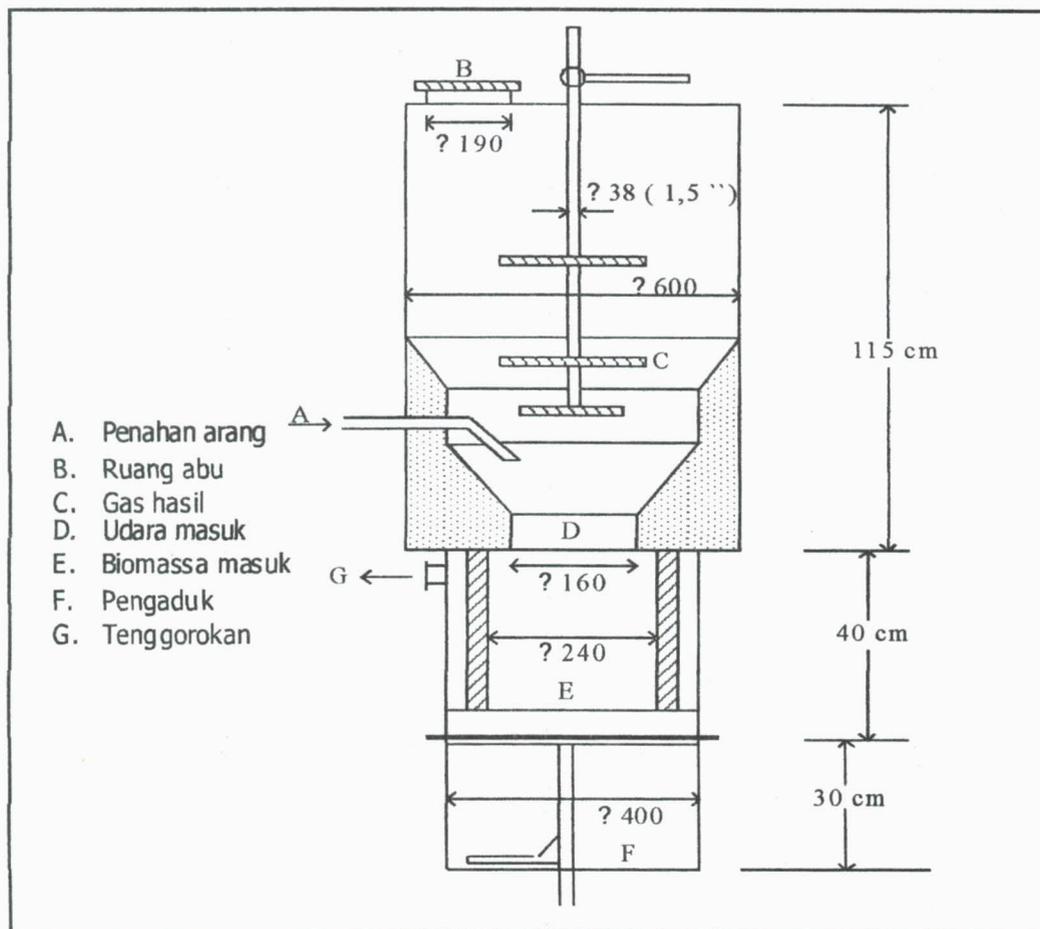
*Gasifier* ini mempunyai bentuk konvensional berupa silinder dengan satu penyempitan dibagian

tengah yang disebut tenggorokan (Gambar 2). Udara dimasukkan di daerah tersebut. Daerah sekitar tenggorokan inilah yang dimaksud dengan daerah oksidasi. Bentuk konvensional ini cocok untuk memproses asupan yang mempunyai ukuran partikel besar, seperti batubara.

Gas yang keluar dari gasifikasi masih mengandung kotoran dan temperaturnya tinggi, karena itu perlu pengolahan lebih lanjut

- a. Siklon untuk memisahkan debu kasar,
- b. Filter untuk menyaring debu halus,
- c. Pendingin gas,
- d. Pengendap air dan tar yang terkondensasi.

Bentuk peralatan tersebut bermacam-macam, misalnya filter dapat dibuat dari ijuk, batu sabut kelapa dan lain-lainnya. Gas dapat didinginkan dengan semprotan air atau dilewatkan dalam pipa panjang. Sedangkan pemisahan air dan tar dapat dilakukan dalam tangki besar atau saringan.



Gambar 2. Rancangan gasifier biomassa

Gas hasil gasifikasi terutama terdiri dari gas-gas mempan bakar yaitu CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> dan gas-gas tidak mempan bakar CO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>. Komposisi gas ini sangat tergantung pada komposisi unsur dalam batubara, bentuk dan partikel batubara, serta kondisi-kondisi proses gasifikasi.

### III. Metodologi

Jenis gasifier yang digunakan di pabrik teh merupakan jenis gasifier unggun tetap, batubara ditumpuk di dalam reaktor dan disangga dengan *grate*. Gasifikasi unggun diam (*fixed-bed*) ini menggunakan campuran udara-air sebagai medium penggasifikasi. Peralatan gasifikasi ini terdiri dari reaktor *gasifier*, siklon, pendingin, *knock out drum*, *blower* dan *burner* (Gambar 3).

Udara dimasukkan melalui *box air* (distributor) yang terletak pada bagian tengah gasifier, sedangkan air dihembuskan melalui *pocker* bagian atas *gasifier* dan abu yang dihasilkan dikeluarkan oleh *rotary grade* melalui bagian bawah *gasifier*.

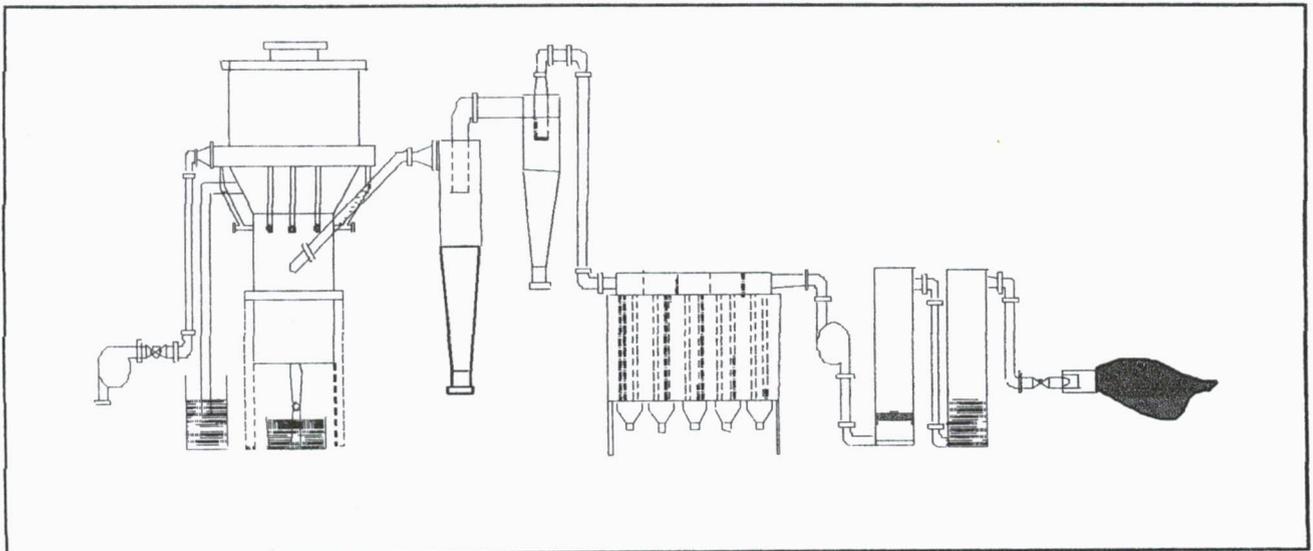
Sifat khas dari *fixed bed gasifier* ini adalah perbedaan temperatur pada berbagai tempat di dalam reaktor. *Gasifier* ini sangat mudah dibuat dan dioperasikan. Jenis ini cocok untuk pengolahan batubara dengan teknologi tepat guna seperti di pabrik teh Patuha Wattee Ciwidey. Sifat penting lain yang dimiliki oleh *fixed-bed reactor* adalah kemampuan untuk menerima batubara yang

mengandung abu dan *moisture* yang tinggi (hingga 35 % berat abu dan 35 % berat *moisture*). Reaktor jenis ini menggunakan batu bara berukuran 2 sampai 50 mm.

Gas mentah keluar dari *gasifier* pada suhu diharapkan antara 370 sampai 595 °C, tergantung dari jenis batu bara yang dipakai. Gas ini mengandung produk karbonisasi seperti ter, minyak, nafta, fenol, ammonia dan sedikit debu batu bara dan abu. Gas mentah ini dilewatkan melalui siklon, pendingin dan *knock out drum*. Gas yang keluar dari *gasifier* terutama terdiri dari CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O disuplai ke *burner* sebagai bahan bakar untuk pengering teh hitam.

Target uji pengoperasian yang dilakukan berupa waktu pengoreasian 10 jam, kapasitas batubara 100 kg/jam, gas produser yang dihasilkan tidak mengandung tar (bersih) dan mampu memanaskan udara pengering teh ( $\pm 18000$  ft<sup>3</sup>/menit) dengan kisaran suhu 100 °C 120 °C. Pada saat uji operasi gasifikasi berlangsung dilakukan pengamatan besaran yang diperlukan untuk mencapai target yang diharapkan, yaitu :

- a. Waktu operasi,
- b. Laju alir volume udara dan gas hasil,
- c. Hilang tekan pada reaktor,
- d. Berat umpan batubara,
- e. Suhu pada bagian gasifier
- f. Serangkaian modifikasi operasi dan rancangan di dalam dan di luar reaktor.



Gambar 3. Unit gasifikasi di pabrik teh

#### IV. Hasil dan Pembahasan

Uji pengoperasian unit gasifikasi batubara dapat dibagi ke dalam dua tahapan, yaitu periode uji pengoperasian tanggal 24 Oktober 2005-13 Desember 2005 sebelum diinstalasi pada unit pengering dan periode uji pengoperasian 22 Desember 2005-24 Februari 2006 unit gasifikasi yang sudah terinstalasi pada unit pengering teh.

Kajian teknis yang dilakukan pada uji pengoperasian tahap pertama ini berupa lama waktu tempuh pengoperasian, jenis dan umpan batubara, laju alir volume, serangkaian modifikasi alat, analisa gas hasil, sedangkan hilang tekan dan suhu pada reaktor diamati secara visual, karena belum terpasang instrumen pengukur. Contoh hasil uji pengoperasian disajikan pada tabel 1.

Uji pengoperasian dilakukan dengan umpan 500 kg, dengan kapasitas *blower* dorong sangat besar sekali, sedangkan *gasifier* hanya menampung laju alir udara 140 s/d 220 ft<sup>3</sup>/menit, jika lebih akan meletup di tangki air (*water seal pipe*). Uji pengoperasian terhenti, disebabkan beberapa hal berikut:

- a. gas produser sebagian keluar melalui *water seal pipe*, yang seharusnya hanya diperuntukan untuk mengeluarkan tar dan kondensat, karena penyumbatan di pipa gas panas oleh penumpukan tar dan abu/arang yang tidak dapat keluar pada *water seal pipe*,
- b. abu yang sangat ringan tidak terbawa ke siklon tetapi turun melalui pipa penurun abu dengan berat jenis lebih ringan dari air, sehingga terapung dan menumpuk dalam *gasifier*,
- c. konfigurasi penyangga arang (*grate*) tidak berfungsi mengalirkan abu ke bawah,
- d. *grate* hancur dan meleleh, menyebabkan batubara kecil yang jatuh dari *grate* masih terbakar yang ditunjukkan suhu reaktor sangat tinggi (bagian bawah),
- e. drum filter yang diisi sekam padi 50 cm menyebabkan penyumbatan karena penumpukan tar.

Upaya yang dilakukan terhadap kajian teknis pengoperasian yang telah dilakukan untuk memperbaiki kinerja unit *gasifier*, adalah :

- a. Percobaan dilakukan dengan memodifikasi *blower dorong* dipindah menjadi *blower hisap* (tanpa *blower dorong*). Pasokan udara hanya melalui hisapan *blower*, dengan laju rendah 120

- b. perbaikan *burner* dengan menambah lubang udara sekunder, dibuat jet (difuser) dari pipa 3 inci ke 2,5 inci dan dilengkapi "swirl",
- c. penyangga arang bergerak (*grate drive*) diturunkan 2 cm, dengan harapan debu tidak menumpuk dan lebih cepat turun, dengan putaran 1 kali/jam,
- d. dibuat lubang-lubang kecil transparan untuk melihat fenomena yang terjadi pada setiap bagian yang mendapat kendala (*gasifier* bagian bawah, siklon, dan pipa penghisap),
- e. umpan batubara segar dengan dilakukan pengayakan terlebih dahulu, dengan harapan debu yang dihasilkan tidak terlalu banyak, batubara besar sempat tertahan lebih lama dan terbakar.

Perbaikan alat dan teknis pengoperasian dapat memperbaiki kinerja unit *gasifier* yang ditunjukkan oleh waktu pengoperasian berlangsung lama (sesuai dengan jumlah umpan batubara), rentang penyulutan awal 7 - 15 menit (tergantung jenis batubara), gas produser terbakar stabil di *burner* dengan warna biru sampai kemerahan (tergantung jenis batubara). Sayangnya sekali, hasil analisa gas yang dilakukan di PPTM-Tekmira belum memberikan kesimpulan apapun.

Uji pengoperasian yang dilakukan di Patuha Wattee terinstalasi dengan unit pengering teh hitam, dengan jarak 40 meter dari unit gasifikasi. Beberapa hasil uji pengoperasian disajikan pada tabel 2.

Uji pengoperasian dilakukan dengan kondisi operasi dan modifikasi teknis sebagai berikut; umpan batubara 800 kg-1000 kg, laju alir udara hisap (tanpa udara pendorong) berkisar 120 ft<sup>3</sup>/menit-140 ft<sup>3</sup>/menit, *grate plate* dibuat tegak dengan *space* yang lebih lebar dari 1 cm, kaki-kaki unit pendingin dan filter dicelupkan dalam air (kolam), waktu pengadukan dengan siklus putaran 40-50 menit/1 kali. Gas produser disuplai pada unit pengering teh dengan panjang pipa gas hasil ± 40 meter dari keluaran *filter*

Dari uji yang dilakukan, gas produser terbakar stabil dan mampu beroperasi nonstop hingga lebih dari 8 jam, namun hanya mampu menaikkan suhu udara pengering hingga suhu 92 °C saja (target 100 °C -120 °C), hal ini diduga karena beban udara yang dipanaskan terlalu besar (18000 ft<sup>3</sup>/menit) dibanding dengan suplai gas yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil uji pengoperasian periode pertama

No.	Tanggal	Umpan Batubara	Waktu	Keterangan
1.	24/10/2005	500 kg	1 jam	Gas hasil putih dan sebagian keluar dari <i>water seal pipe</i>
2.	27/10/2005	500 kg	3 jam	Api stabil warna biru dan memerah setelah jam kedua
3.	12/10/2005	500 kg	4 jam	Gas terbakar stabil dan warna biru hingga transparan
4.	28/11/2005	500 kg	1 jam	Suhu reaktor tinggi, grate hancur, gas hasil hilang
5.	13/12/2005	800 kg	4 jam	Gas hasil banyak terbakar stabil pada dua <i>burner</i>

Tabel 2. Hasil uji pengoperasian periode kedua

No.	Tanggal	Umpan Batubara	Waktu	Suhu Udara Pengereng Teh	Keterangan
1.	22/12/2005	900 kg	8 jam	-	Api stabil, sisa batubara seragam (8 jam), satu lempeng grate hancur
2.	27/12/2005	900 kg	4 jam	52 °C	Api stabil, dihentikan karena suhu belum tercapai.
3.	04/01/2006	1000 kg	4 jam	52 °C	Dihentikan karena suhu yang diinginkan belum tercapai
4.	26/01/2006	900 kg	3.5 jam	92 °C	Suhu cenderung turun, grate utuh
5.	23/01/2006	500 kg	3.5 jam	92 °C	Dihentikan karena batubara habis
6.	24/02/2006	800 kg	6 jam	102 °C	Api stabil, reaktor panas sekali

Kendala-kendala teknis dan operasi yang masih ada, antara lain:

- a. suhu reaktor yang masih tinggi (reaktor membara),
- b. lempengan *grate plate* sering hancur,
- c. laju alir udara yang kecil (*blower* hisap),

Perbaikan teknis yang dilakukan berupa penambahan *blower* (dorong dan hisap), semburan air (*pocker*) kisaran 30 liter/jam, memperpanjang tenggorokan (zona reduksi 74 cm), mengurangi 1 siklon dan pendingin mampu menaikkan kapasitas

laju alir udara mencapai 270 ft<sup>3</sup>/menit dan dengan bantuan *burner* kecil (bahan bakar solar) dapat memanaskan udara pengereng teh hingga 102 °C selama operasi 6 jam, namun reaktor masih terlihat membara.

Kajian kelayakan ekonomi dengan kondisi yang lebih mendekati realitas komersial belum dilakukan, karena target suhu yang diharapkan belum tercapai dan belum ada data biaya investasi, konsumsi solar, konsumsi listrik, upah/jumlah operator dan sebagainya. Secara kasar jika unit

operasi ini berjalan baik (dapat beroperasi 10 jam nonstop), 100 kg/batubara (Rp 450/kg) dapat mensubstitusi konsumsi bahan minyak bakar (solar) sebesar 70 liter/jam (Rp 5200/liter).

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1. Kesimpulan

1. Suhu target pengering teh (100 °C 120 °C) belum dicapai, karena suplai gas produser kurang dan kapasitas reaktor kurang besar.
2. Lempengan *grate* sering hancur, karena suhu reaktor masih yang terlalu tinggi.
3. Konfigurasi *grate*, *burner*, modifikasi zona reduksi (*throat*), pemasangan *pocker* (semburan air), variabel operasi lain dan karakteristik batubara memberi pengaruh yang signifikan terhadap kelancaran operasi, gas yang dihasilkan dan kesetabilan api.

### V.2 Saran-saran

1. Kapasitas blower hisap diperbesar, minimal 1,5 kali *blower* dorong untuk meningkatkan suplai gas hasil, diharapkan dapat memenuhi target suhu pengering.
2. Zona reduksi diperpanjang (100 cm), untuk mendinginkan suhu reaktor.
3. Pemasahan indikator temperatur dan tekanan.
4. Reaktor diperbesar untuk memperbesar suplai gas dan mencapai target suhu yang diharapkan.

### Keterangan :

Makalah ini telah diseminasikan pada Seminar Nasional Teknik Kimia, Tanggal 18-19 Juli 2006, UNSRI, Palembang

### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Bapak Suwito Gunadarma dan Bapak Gojali Cs dari PT. Sariwangi Patuha Wattee Ciwidey Bandung, yang telah memberikan kesempatan adn akomodasi selama uji pengoperasian unit gasifikasi, baik ketika di Bandung maupun di Patuha Ciwidey.

### Daftar Pustaka

- ✍ G. Kolios, J. Frauhammer, G. Eigebenger, Autothermal Fixed-Bed Reactor Concept, Chemical Engineering Science 55 (2000) 5935-5967, Oktober 2004.
- ✍ Bingyan, Xu dkk, Circulating Fluidized Bed Gasifier For Biomassa, Paper No. 9407, Chinese Academy of Science, China.
- ✍ Devi Lapamudra, Krzyztof, Ptasinski, A review of The Pymary Measure for Tar elimination in Biomass Gasifivation Processes, Biomass & Bioenergy 24 (2003) 125 -140, 2003.
- ✍ H.E.M. Satssen and Knoef, Small Scale Gasification system, Biomass Tecnology Group BV, Netherland, 2003.
- ✍ \_\_\_\_\_, Coal Gasification for Power Generation, Chepron Texaco Wordlwide Power & gasufication, 13 September, 2002.
- ✍ \_\_\_\_\_, State of The Art Gas Tecnologies For Zero Emission IGCC's, Lurgi Oel-Chemie, Juli, 2002.
- ✍ \_\_\_\_\_, New Project of Saving Energy and Enviroment Prtotection, Xiamen J &K, China, 2005.
- ✍ Susanto, H, Pengujian PLTD-Gasifikasi Sekam 100 KW di Haur Geulis, Indramayu, ITB, September, 2005.
- ✍ Terry Johnson, Graeme Pleasance, Clean Coal Technology for Brown Coal Power Generation, The Australian Coal Review, 1996.
- ✍ Wijaya, Riza, Muhammad Subkhan, Penelitian Gasifikasi Batubara Kaltim, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Kimia, Institut Teknologi Bandung, 1996.
- ✍ Groeneveld, M.J., The Co-current Moving Bed Gasifier, Doctor Dissertation, TH Twente, 1980
- ✍ Kjellstrom, B., Practical Design of Producer Gas Systems, lecture note at the Producer Gas Course, Bandung, Maret 1985
- ✍ Manurung, R., Rice Gasification in Open Core Gasifier, Doctor Dissertation, ITB/Univ. of Groningen, 1994
- ✍ Manurung, R; H. Susanto and Sudarno H, Experiences in the Operation of Rice Husk Gasification for Rural Electricity, paper presented at ASEAN Conference on Energy from Biomass, Penang, Oktober 1986
- ✍ Susanto, H., Moving Bed Gasifier with Internal Recycle and Separate Combustion of Pyrolysis Gas, Doctor Dissertation, ITB, 1984
- ✍ Susanto, H; A. Koopman, and Sudarno H, Field Experiences of 15 and 60 kW Wood Gasification for Rural Electricity, paper presented at ASEAN Conference on Energy from Biomass. Penang, Oktober 1986.

- ✎ Susanto, Field Experiences on The Operation of Biomass Gasification System for Rural Electricity, ITB, Januari, 2005.
- ✎ Suhartono & Suganal, Perancangan Anglo Untuk Pembakaran Batubara Sakal Industri Kecil dan Rumah Tangga, UNJANI-PPTM, Bandung, 2005.
- ✎ Yeni S, Suhartono, Pemilihan Anglo untuk Pembakaran Briket Biocoal, UNJANI & PPTM, Bandung, 2003.
- ✎ Sumaryono, Teknologi Pembakaran Briket Batubara di Klaten, Jawa Tengah, 2000.
- ✎ Susanto, Fild Experience on The Operation 15 kW Gasification System For Rural Electricity, ITB, 2003.
- ✎ Ghazali, 3, D. Sasongko and Sudarno H, "Experiences in Using Rubbertree Wood as Feed stocks for Producer Gas Generator", the Second Int. Producer Gas Conference, Bandung, March 1985.
- ✎ Manurung, R and A.A.C.M. Beenackers, "An Open Core Rice Husk Gasifier for Small Scale Application", ibid.
- ✎ Soehadi R and H. Susanto, "Economic Analysis and Scenario on the Design for the Development of Gasification on National Scale", the Work shoo on Wood Energy Development in Indonesia, Dir. Forest Exploitation Jakarta, March 1988.