ISSN : 1907-3259

SEMAI TEKNOLOGI

JURNAL TEKNIK

ANALISA PERILAKU ALIRAN FLUIDA CAIR PADA PROSES ENCAPSULASI IC DENGAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS
Dadan Ramdan, C.Y. Khor, M.Z. Abdullah

PENGARUH FLEKSIBILITAS MANUFAKTUR DAN KAPABILITAS INOVASI TERHADAP KINERJA INDUSTRI (Studi Kasus di PIK Pulogadung, Jakarta Timur)
Untung Setiyo Purwanto

RANCANGAN SEBUAH REAKTOR *FLUIDIZED BED* UNTUK MENGAKOMODASI PROSES *AUTOTHERMAL* PADA REAKTOR GASIFIKASI BIOMASSA
Janter, Z.A. Zainal

ANALISA KONFLIK ARUS LALU LINTAS DI PERSIMPANGAN TANPA SIGNAL PADA JAM PUNCAK
(Study Kasus Jl. Pertempuran Helvetia By Pass – Jl. Veteran Helvetia Medan)
Edy Hermanto

PEMUKIMAN KUMUH DI PERKOTAAN (Studi Kasus di Kecamatan Medan Denai)
Nurmaidah

ANALISIS ADAPTASI DESAIN BANGUNAN FASILITAS WISATA TERHADAP ELEMEN-ELEMEN REGIONAL MENGGUNAKAN TEORI REGIONALISME KRITIS UNTUK MENINGKATKAN *SENSE OF PLACE KAWASAN*
(Studi Kasus: Kawasan Wisata Danau Toba)
Sherly Maulana

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS ASAM KHLORIDA
Zulkarnain

Volume 4 Nomor 2 Desember 2010

SEMAI TEKNOLOGI
Jurnal Fakutas Teknik

Volume 4, Nomor 2, Desember 2010
ISSN: 1907 - 3259

SEMAI TEKNOLOGI
(Sipil,Elektro,Mesin, Arsitektur
Industri & Informatika)

Penanggungjawab
Dekan Fakultas Teknik
Univeritas Medan Area

Dewan Redaksi
Ketua
Zaenal Arifin

Redaksi Pelaksana
Kamil Mustafa
Dien S.Halim
Ade Friadi

Anggota Redaksi
Jairi Tavip
Edy Hermanto
Hj.Haniza
Amru Siregar
Yance Syarif
Irwan

Sekretariat
Isra Mandasari

Alamat Penyunting dan Tata Usaha
Jl.Kolam No.1, Medan Estate
Telp.(061) 7366878, Fax. 7366998
Medan 20233.
lipi_warta@uma.ac.id - www.uma.ac.id

- Edisi ke-7, No.2, Vol. 4 Desember 2010 Jurnal Ilmiah SEMAI TEKNOLOGI Fakultas Teknik Universitas Medan Area ini menerbitkan sebanyak 7 judul artikel para dosen di lingkungan Fakultas Teknik UMA dan dosen luar. Ketujuh judul yang diterbitkan ini telah diedit dan diperbaiki sesuai peraturan yang berlaku.

- Ketujuh judul tersebut mewakili 6 jurusan yang ada di Fakultas Teknik Universitas Meda Area,

- yaitu :
  - Teknik Sipil : 1 judul
  - Teknik Elektro : 1 judul
  - Teknik Mesin : 1 judul
  - Teknik Arsitektur : 2 judul
  - Teknik Industri : 1 judul
  - Teknik Kimia : 1 judul

- Tulisan yang sudah masuk ke redaksi dan tidak dapat diterbitkan pada edisi ini akan diterbitkan pada edisi berikutnya.

- Kritik dan saran dari pembaca sangat kami harapkan, karena masih banyak kekurangan maupun ketidaksempurnaan pada edisi ini.

- Semua tulisan akan ditelaah terlebih dahulu oleh Penyunting dan Dewan Redaksi sesuai kaidah ilmiah .

- Redaksi berhak mengubah susunan dan kalimat tanpa mengubah isi sebenarnya.

DAFTAR ISI

JUDUL	HALAMAN
ANALISA PERILAKU ALIRAN FLUIDA CAIR PADA PROSES ENCAPSULASI IC DENGAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS ***Dadan Ramdan, C.Y. Khor, M.Z. Abdullah***	**(57-63)**
PENGARUH FLEKSIBILITAS MANUFAKTUR DAN KAPABILITAS INOVASI TERHADAP KINERJA INDUSTRI (Studi Kasus di PIK Pulogadung, Jakarta Timur) ***Untung Setiyo Purwanto***	**(64-74)**
RANCANGAN SEBUAH REAKTOR *FLUIDIZED BED* UNTUK MENGAKOMODASI PROSES *AUTOTHERMAL* PADA REAKTOR GASIFIKASI BIOMASSA ***Janter, Z.A. Zainal***	**(75-79)**
ANALISA KONFLIK ARUS LALU LINTAS DI PERSIMPANGAN TANPA SIGNAL PADA JAM PUNCAK (Study Kasus Jl. Pertempuran Helvetia By Pass - Jl. Veteran Helvetia Medan) ***Edy Hermanto***	**(80-90)**
PEMUKIMAN KUMUH DI PERKOTAAN (Studi Kasus di Kecamatan Medan Denai) ***Nurmaidah***	**(91-100)**
ANALISIS ADAPTASI DESAIN BANGUNAN FASILITAS WISATA TERHADAP ELEMEN-ELEMEN REGIONAL MENGGUNAKAN TEORI REGIONALISME KRITIS UNTUK MENINGKATKAN *SENSE OF PLACE KAWASAN* (Studi Kasus: Kawasan Wisata Danau Toba) ***Sherly Maulana***	**(101-105)**
PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS ASAM KHLORIDA ***Zulkarnain***	**(106-117)**

RANCANGAN SEBUAH REAKTOR *FLUIDIZED BED* UNTUK MENGAKOMODASI PROSES *AUTOTHERMAL* PADA REAKTOR GASIFIKASI BIOMASSA

Janter[1),2)], Z.A. Zainal[2)]
[1)] Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate Medan 20221
Telp. (061) 6625971, e-mail: janterps@gmail.com
[2)] School of Mechanical Engineering, University Sains Malaysia, Engineering Campus, 14300 Nibong Tebal, Penang Malaysia

ABSTRACT

In the beginning, gasification is an endothermal process, where the energy required comes from the system itself. Energy derived from combustion process by using excess air. The quality and composition of producer gas is less good with this method. Reactor designed to accommodate the autothermal biomass gasification process, whereby the energy required for gasification process comes from outside the system. Thus the reactor does not require air as gasification agent and can be replaced with steam or oxygen or mixtures thereof to improve the quality and composition of gas production. The reactor is designed to accommodate the process by using two concentric tubes. Both tubes are connected by small holes at the bottom and the top of the reactor thus heat carrier particles can be circulated internally and continuously throughout the process.

Keywords: *gasification, endothermal, autothermal, internal circulation.*

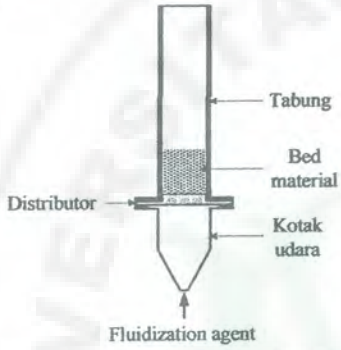
PENDAHULUAN

Gasifikasi adalah suatu proses kimia yang memerlukan panas (*thermochemical*) yang biasa diterapkan untuk mengubah energi yang tersimpan di dalam biomassa menjadi gas yang mudah terbakar (*pdroducer gas*) ataupun menjadi gas sintetis (*shyntetic gas*) [1]. Selanjutnya gas ini dapat digunakan untuk bahan bakar ketel uap (*boiler*) ataupun motor pembakaran dalam (*ICE*) untuk menggerakkan pembangkit listrik (*generator*) untuk membangkitkan energi listrik. Umumnya gasifikasi adalah proses pembakaran menggunakan sedikit udara atau disebut dengan (*partial combustion*) sebagai *gasification agent*. Artinya selain proses gasifikasi juga terjadi proses pembakaran (*combustion*) dalam waktu yang sama. Proses pembakaran ini adalah sangat penting untuk menghasilkan panas (*heat*) untuk menjaga temperatur sistem selama proses gasifikasi berlangsung. Proses ini tentunya menghasilkan produk gas yang kurang baik dari segi nilai bakar (*heat value*) dan komposisinya, juga akan bercampur dengan sisa pembakaran biomassa. Selain itu, produk gas akan ter-dilute oleh nitrogen yang mendominasi komposisi udara yang digunakan sebagai *gasification agent*.

Gasifikasi dapat juga dilakukan dengan tanpa menggunakan udara sebagai *gasification agent* yang disebut dengan gasifikasi tidak langsung (*indirect gasification* [1]. Dengan mengingat bahwa proses gasifikasi adalah proses yang *endothermal*, artinya sumber energi untuk proses adalah dari dalam sistem itu sendiri, yaitu panas hasil pembakaran biomassa, maka sebuah desain dan pengembangan reaktor yang baru dapat mengakomodasi proses ini, dimana sumber energi untuk reaktor berasal dari luar sistem. Dengan demikian uap, oksigen ataupun campuran keduanya yang tidak mengandung nitrogen dapat digunakan sebagai *gasification agent* yang tentunya akan meningkatkan kualitas dari produk gas. Proses seperti ini disebut dengan proses *autothermal* [2].

Fluidized bed (FB) adalah suatu sistem yang yang biasa digunakan untuk proses gasifikasi biomassa. Umumnya FB terdiri dari sebuah bejana yang umumnya berbentuk tabung (*vessel*) berisi partikel padat (*bed material*) dan dilengkapi dengan sebuah

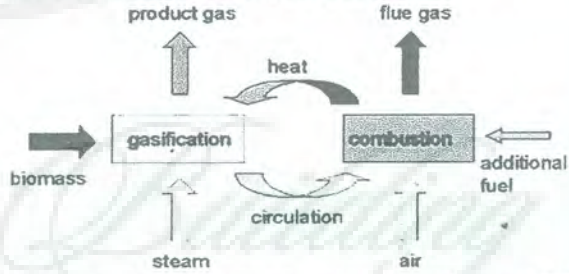
distributor untuk mendistribusikan *fluidization agent* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Bila tabung difluidisasi dengan menggunakan udara, uap, ataupun gas maka partikel bed akan berprilaku seperti layaknya fluida cair, dan jika sebuah lubang dibuat pada dinding tabung maka partikel padat akan keluar memancar dari dalam tabung [3].



Gambar 1. Skema sebuah fluidized bed

Dalam proses pembakaran (*combustion*) ataupun proses gasifikasi (*gasification*) biomassa, prilaku partikel padat ketika difluidisasi sudah banyak dimanfaatkan dimana partikel padat dapat bertindak sebagai media perpindahan panas (*heat carrier*) [4]. Beberapa konfigurasi *fluidized bed* sudah dikembangkan dan digunakan baik dalam pembakaran maupun penggasan biomassa yaitu *bubbling fluidized bed* dan *circulating fluidized bed* [5, 6]. Konfigurasi yang sedang dikembangkan yang merupakan kombinasi kedua tipe tersebut adalah *internally circulating fluidized bed gasifier* (ICFBG). Teknologi untuk mengkonversi energi biomassa dengan *bubbling fluidized bed* gasifier (BFG) sudah lama digunakan. Selain mampu menangani berbagai macam bahan bakar padat, juga dapat menggunakan ukuran biomassa yang bervariasi. Hal ini disebabkan oleh kehadiran partikel padat di dalam tabung. Partikel padat, bahan bakar biomass bercampur dengan gelembung-gelembung (*bubble*) udara yang timbul dari distributor dan teraduk secara turbulen dibawah pengaruh gaya apung dari laju aliran volume dari *fluidization agent* [7].

Teknologi *circulating fluidized bed gasifier* (CFBG) adalah perkembangan dari teknologi *bubbling fluidized bed*. Aliran *fluidizing agent* pada CFBG lebih besar dari BFG sehingga partikel padat dan residu terbawa keluar dari reaktor dan dimasukkan kedalam suatu pemisah (*cyclone separator*). Teknologi CFBG ini mampu menghasilkan kapasitas produksi yang lebih besar dari BFG dan memiliki efisiensi yang lebih tinggi. Hal ini dapat dicapai akibat dari sirkulasi partikel padat pembawa panas kembali ke dalam reaktor setelah proses pemisahan, dimana abu, partikel padat, arang (*char*) dipisahkan dari gas yang dihasilkan [6]. Arang adalah sumber panas bagi sistem, dimana jika arang in dibakar akan menghasilkan panas yang akan mempertahankan temperatur dari reaktor tetap stabil. Sebuah proses gasifikasi dimana energi yang diperlukan bersumber dari luar sistem (*external source*) secara skematik ditunjukkan pada pada Gambar 2 berikut ini. Panas yang diperlukan untuk gasifikasi secara *autothermic* dapat diperoleh dari (i) mengalirkan arang yang dihasilkan selama proses dalam gasifier ke ruang bakar, (ii) pembakaran dari arang yang dihasilkan di dalam gasifier, kemudian (iii) menggunakan sebuah sistem sirkulasi, baik secara eksternal maupun internal untuk mentransfer panas yang dihasilkan di ruang bakar untuk gasifier tersebut [2].



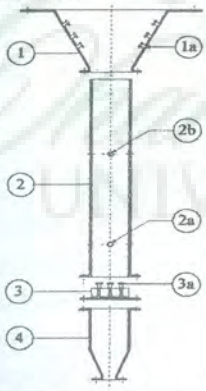
Gambar 2. Skema sebuah proses *autothermal* [8]

Dari diagram pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa bahan bakar padat dimasukkan ke dalam reaktor yang berfungsi sebagai gasifier. *Gasification agent* yang digunakan adalah selain udara, yaitu uap (*steam*), oksigen ataupun campuran keduanya.

Arang yang dihasilkan selama proses gasifikasi beserta partikel padat mengalir ke dalam reaktor pembakaran. Didalam reaktor pembakaran arang terbakar sehingga menghasilkan panas yang mengakibatkan temperatur partikel padat meningkat. Partikel padat kemudian keluar dari ruang bakar dan masuk ke ruang gasifikasi dan energi yang terkandung pada partikel padat digunakan untuk proses gasifikasi. Demikian proses berlangsung secara terus menerus sehingga disebut *internally circulating process* [3].

METODE PENELITIAN

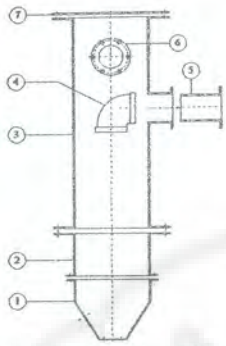
Beberapa metode untuk melakukan sebuah proses *autothermal* adalah dengan menggunakan lebih dari satu tabung dan dihubungkan oleh sebuah sistim sirkulasi. Sistem dengan dua buah tabung disusun secara paralel dan dihubungkan oleh sistem sirkulasi adalah salah satu metode yang sudah banyak digunakan. Sebuah tabung berfungsi sebagai reaktor pembakaran untuk menghasilkan energi panas dan tabung lainnya berfungsi sebagai reaktor gasifikasi. Dalam tulisan ini dibahas sebuah desain reaktor untuk mengakomodasi proses dimana partikel padat pengisi reaktor dapat bersirkulasi dari satu tabung ke tabung lainnya secara terus menerus tanpa menggunakan sistim sirkulasi sehingga panas yang dihasilkan di ruang bakar dapat dipindahkan ke ruang gasifikasi secara terus menerus dan efektip seperti yang ditunjukkan diagram pada gambar 2.



Gambar 3. Komponen reaktor pembakaran (*draft tube*)

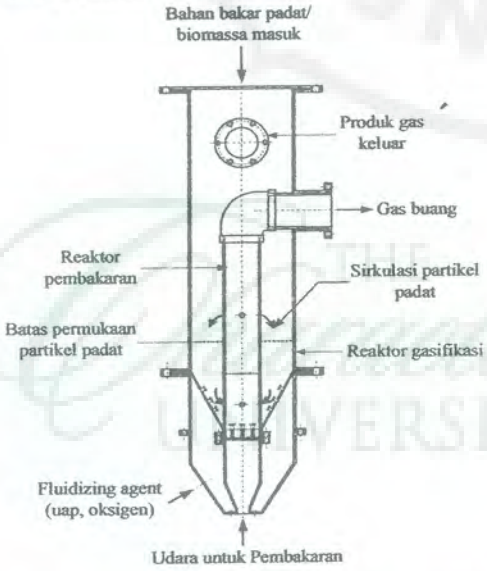
Sebuah reaktor yang terdiri dari dua buah tabung utama berbeda ukuran dan diameter disusun secara konsentris. Kedua tabung ini memiliki fungsi yang berbeda, dimana satu tabung untuk reaktor pembakaran atau disebut dengan *draft tube* dan yang lainnya untuk reaktor gasifikasi atau disebut dengan *annulus*. Dalam desain atau rancangan ini, pada Gambar 3 ditunjukkan komponen-komponen tabung yang berfungsi sebagai reaktor pembakaran. Reaktor ini dirancang untuk digunakan dengan rejim aliran *bubbling fluidized bed*. Rejim aliran seperti ini memungkinkan partikel padat tidak keluar dari sistem sehingga sistem ini tidak perlu menggunakan sistim sirkulasi untuk mengembalikan partikel padat kembali ke reaktor seperti yang biasa digunakan pada *circulating fluidized bed* (CFB).

Bagian No. 1 dan 1a pada gambar menunjukkan distributor untuk annulus yang dilengkapi dengan nosel-nosel yang memiliki lubang-lubang kecil (*orifices*). Distributor dan nosel ini berfungsi agar *gasification agent* masuk annulus dan terdistribusi secara merata. No. 2, 2a, dan 2b pada gambar masing-masing menunjukkan tabung pembakaran yang dilengkapi dengan lubang-lubang kecil yang akan berfungsi sebagai saluran masuk dan keluar partikel padat, sementara produk gas keluar melalui bagian No.8. Lubang pada bagian No. 2a adalah saluran partikel padat dan arang masuk ruang bakar. No.3 dan 3a masing-masing menunjukkan distributor untuk *draf tube* yang dilengkapi dengan nosel-nosel yang memiliki lubang-lubang kecil yang berfungsi untuk mendistribusikan *fluidizing agent* secara merata masuk ke dalam reaktor pembakaran. Bagian No.4 menunjukkan kotak udara (*air plennum*) untuk draft tube. Kotak udara berfungsi agar udara terdistribusi secara merata sebelum masuk distributor.Disamping itu kotak udara juga berfungsi menjaga kehilangan tekanan (*pressure drop*) pada distributor.



Gambar 4. Komponen reaktorgasifikasi (*annulus*)

Gambar 4. menunjukkan komponen reaktor untuk gasifikasi (*gasifier*). Komponen No. 1 dan 2 adalah kotak udara untuk reaktor gasifikasi. Kedua bagian ini dirancang terpisah dan dapat dibuka dengan mudah untuk memudahkan pembongkaran sistem saat pembersihan akan dilakukan (*maintenance*). Sistim ini juga mudah dibongkar apabila ruang bakar akan di modifikasi untuk alasan peningkatan performansi dan efisiensi. No. 3 adalah tabung untuk reaktor gasifikasi (*annulus*), No. 4, 5, dan 6 adalah masing-masing untuk saluran sisa pembakaran dikeluarkan. No. 7 adalah tutup (*cover*) bagian atas, dimana, sebuah lubang disediakan untuk saluran bahan bakar padat atau biomassa masuk ke dalam sistem.



Gambar 5. Komponen reaktorgasifikasi (lengkap)

Gambar 5 menunjukkan diagram desain lengkap setelah semua komponen-komponen penyusun reaktor disusun dan dipasang dengan baik. Dari diagram dapat dilihat bahwa *fluidizing agent* untuk ruang bakar dan gasifikasi masuk secara terpisah kedalam sistim. Laju aliran *fluidizing agent* pada kedua kotak udara dapat di kontrol untuk menghasilkan perbedaan tekanan (*pressure difference*) pada ruang bakar dan gasifikasi. Perbedaan tekanan pada kedua daerah inilah yang membuat partikel padat dapat bersirkulasi dari satu tabung ke tabung yang lainnya. Batas permukaan partikel padat di dalam ruang gasifikasi merupakan suatu faktor penentu pada performa dan efisiensi yang dihasilkan oleh sistim ini. Batas permukaan partikel padat pada ruang bakar dan ruang gasifikasi pada gambar menunjukkan keadaan kesetimbangan sistim. Dari gambar terlihat bahwa partikel padat akan keluar memancar dari ruang bakar ke ruang gasifikasi apabila ruang bakar tersebut difluidisasi. Partikel padat ini memiliki temperatur yang cukup tinggi sebab di ruang bakar terjadi proses pembakaran arang dengan menggunakan udara berlebih. Pembakaran arang ini akan melepaskan energi panas yang diserap oleh partikel padat sehingga temperaturnya menjadi naik. Energi panas yang dikandung oleh partikel padat tersebut dilepaskan di ruang gasifikasi dan digunakan sebagai energi untuk proses gasifikasi bahan bakar padat atau biomassa. Gas buang dari ruang bakar (*flue gas*) dan produk gas (*producer*) keluar dari reaktor secara terpisah. Gas ini kemudian diproses dengan pembersihan dan pendinginan sebelum digunakan untuk keperluan pembangkitan tenaga atau listrik.

SIMPULAN DAN SARAN

Rancangan reaktor pada tulisan ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan reaktor *circulating fluidized*, yaitu:

1) Prototipe yang lebih kompak dan dapat menghindarkan terjadinya proses aglomerasi di dalam reaktor.
2) Tidak menggunakan sistim sirkulasi pengembali partikel padat ke dalam reaktor.
3) Efisiensi yang tinggi sebab kehilangan panas (*heat lossess*) dapat

diminimalisasi dengan tidak menggunakan sistem sirkulasi.

4) Pembongkaran dan pembersihan (*maintenance*) yang mudah dilakukan.
5) Menghasilkan produk gas (*producer*) yang bersih dan memiliki nilai bakar/kalor yang tinggi.
6) Biaya pembuatan lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

Belgiorno, V., et al., *Energy from gasification of solid wastes.* Waste management, 2003. 23(1): p. 1-15.

Corella, J., J. Toledo, and G. Molina, *A review on dual fluidized-bed biomass gasifiers.* Ind. Eng. Chem. Res, 2007. 46(21): p. 6831-6839.

Yang, W., *Fluidization, solids handling and processing: industrial applications.* 1999: William Andrew Publishing.

Hofbauer, H., et al., *The FICFB gasification process.* Developments in thermochemical biomass conversion, 1997. 2: p. 1016-1025.

Yang, W., *Handbook of fluidization and fluid-particle systems.* 2003: CRC.

McKendry, P., *Energy production from biomass (part 3): gasification technologies.* Bioresource technology, 2002. 83(1): p. 55-63.

Lim, M. and Z. Alimuddin, *Bubbling fluidized bed biomass gasification--Performance, process findings and energy analysis.* Renewable Energy, 2008. 33(10): p. 2339-2343.

Hofbauer, H., et al. *Six years experience with the FICFB-gasification process.* 2002.