

Pengaruh Penambahan Partikel Biomassa Terhadap Densitas Campuran Padatan Dan Profil Tekanan Pada Sistem *Cold Model Dual Reactor Fluidized Bed*

I Kadek Mudita, I N. Suprpta Winaya, I Putu Lokantara
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Teknologi fluidisasi dual reactor fluidized bed (DRFB) merupakan teknologi dual reactor yang terdiri dari reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Namun pada penelitian kali ini DRFB dibuat dari akrilik yang bertujuan untuk mengamati proses pencampuran dan perpindahan massa yang terjadi pada sebuah sistem tertutup. Pada penelitian ini material hamparan yang digunakan adalah pasir silika dan untuk biomasanya menggunakan partikel serbuk pellet ikan. Dual reactor fluidized bed yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter, 10 cm untuk reaktor gasifikasi (reaktor 1) dan 5 cm untuk reaktor pembakaran (reaktor 2). Variasi I (material hamparan : partikel biomassa serbuk pellet ikan = 400 gr : 200 gr), Variasi II (material hamparan : partikel biomassa serbuk pellet ikan = 400 gr : 400 gr), dan Variasi III (material hamparan : material hamparan : partikel biomassa serbuk pellet ikan = 400 gr : 600 gr). Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas campuran padatan terbesar adalah pada variasi I dengan perbandingan campuran material (material hamparan : biomassa partikel serbuk pellet ikan = 400 gr : 200 gr), dan untuk profil tekanan terbesar adalah pada variasi III. Hasil densitas campuran padatan pada variasi I (400 gr : 200 gr) yaitu dengan densitas campuran padatan 2,0744 gr/cm³.

Kata kunci : Fluidisasi, Dual Reaktor Fluidized Bed, Fluidisasi

Abstract

Fluidization technology dual reactor fluidized bed (DRFB) is a technology dual reactor which consists of a gasification reactor and the reactor combustion. However, In this research DRFB made of acrylic which aims to observe the phenomenon of the process of mixing and mass transfer in closed systems. In this research the bed material used is silica sand and fish pellet powder particles. Dual reactor fluidized bed used in this research diameter, 10 cm for the gasification reactor (reactor 1) and 5 cm for the combustion reactor (reactor 2). Variations I (material bed: particle biomass powder pellet fish = 400 g: 200 g), variations II (material bed: particle biomass powder pellet fish = 400 g: 400 g), and variations III (material bed: material overlay: particle biomass powder pellet fish = 400 g: 600 g). The results showed that the greatest density solids mixture is in the variation of the first with a ratio of material (bed material : fish biomass pellet powder particles = 400 gr: 200 gr), and to the greatest pressure profile is the variation III. The result of the density of the mixture of solids in the variation I (400 g: 200 g) that is the mixture of solids density 2.0744 g / cm³.

Keywords : Fluidized, Dual reactor fluidized bed , Fluidization

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan utama baik untuk kehidupan masyarakat maupun industri. Krisis energi yang terjadi beberapa tahun terakhir ini merupakan salah satu masalah yang dihadapi saat ini. Akibat menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Konsumsi energi yang cukup tinggi ini yaitu hampir sekitar 95% dipenuhi dari bahan bakar fosil yang sebagian besar merupakan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang memiliki cadangan sangat terbatas yaitu 3,7 miliar barel atau 0,3% dari cadangan dunia [1]. Maka diperlukan pengembangan energi alternatif yang dapat mengganti bahan bakar fosil. Energi alternatif yang cocok digunakan adalah energi biomassa karena jumlahnya yang berlimpah dan mudah diperbaharui.

Sebagai negara agraris, Indonesia sebenarnya memiliki potensi biomassa yang cukup besar salah satunya adalah biomassa pellet ikan yaitu olahan biomassa yang siap pakai, yang memiliki sifat

propertis menyerupai biomassa pellet yang sudah ada di pasaran. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang diperoleh secara langsung dari makhluk hidup (tumbuhan). Yang termasuk bahan-bahan biomasa meliputi kayu, limbah perkebunan/pertanian/hutan, dan komponen organik dari industri. Biomasa dikonversi menjadi energi dalam bentuk bahan bakar cair, gas, panas, dan listrik. Keuntungan memakai biomassa adalah zat volatile yang tinggi menyebabkan mudah terbakar. Akan tetapi biomassa juga memiliki kelemahan yaitu kandungan kalornya yang lemah. Sumber-sumber biomassa yang sudah diketahui masyarakat secara luas seperti sekam padi, jerami padi, cangkang kelapa, serabut kelapa, ampas tebu, limbah rumah potong hewan, dan limbah gergaji kayu.

Gasifikasi merupakan salah satu teknologi terbaik untuk mengkonversi bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas mampu bakar (CO, CH₄, H₂). Salah satu teknologi gasifikasi telah berkembang pesat adalah sistem *fluidized bed* (FB).

Dimana pada teknologi ini terjadi pencampuran antara material hamparan dan bahan bakar. Keunggulan dari proses gasifikasi ini, yaitu : dapat digunakan biomassa nilai kalor yang relatif rendah dan kadar air yang cukup tinggi, kontak antara padatan dan gas bagus, efisiensi tinggi, dan emisi rendah. Efisiensi yang dapat dicapai dengan teknologi gasifikasi sekitar 30-40%, lebih tinggi dari teknologi pembakaran biasa [2].

Teknologi penggunaan energi biomassa dan sampah sebagai bahan bakar telah berkembang pesat salah satunya diterapkan pada sistem *fluidized bed* (FB). Bahan bakar biomassa yang berasal dari bahan organik terbarukan adalah salah satu sumber energi terbesar ketiga di dunia, setelah batubara dan minyak. Teknologi FB telah terbukti sebagai cara yang efektif untuk mengkonversi berbagai limbah menjadi energi bersih.

Dalam proses gasifikasi diperlukan sebuah reaktor, biasanya reaktor yang telah digunakan selama ini memiliki kendala yaitu menyisakan bahan bakar yang tidak terbakar berupa arang atau *char*, sehingga salah satu teknologi fluidisasi yang sedang dikembangkan yang terdiri dari *dual-reactor* yaitu reaktor *fluidized bed* untuk proses gasifikasi dan reaktor pembakaran. Teknologi gasifikasi yang memisahkan proses reaksi endoterm dan eksoterm menjadi fokus pengembangan teknologi gasifikasi saat ini. Prinsip kerja dari reaktor ini ialah jika dalam proses gasifikasi atau pengkonversian bahan bakar menjadi gas terdapat sisa bahan bakar yang belum terkonversi, maka sisa bahan bakar tersebut akan disirkulasikan ke reaktor pembakaran dan kemudian kembali ke proses gasifikasi hingga bahan bakar habis terkonversi menjadi gas.

Pentingnya *solid mixing* pada sistem gasifikasi *fluidized bed* sangat berpengaruh dalam sirkulasi campuran bahan bakar dan *bed material* di dalam tipe *dual reactor fluidized bed* (DRFB). Luong telah melakukan penelitian tentang studi laju sirkulasi padatan pada *circulating fluidized bed*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa, dengan meningkatkan ukuran partikel padatan, maka laju sirkulasi padatan menurun [3]. Shen meneliti pengaruh ukuran partikel pada pencampuran partikel dalam *fluidized bed 2D*. Mereka mengamati bahwa fluktuasi konsentrasi di kedua sumbu vertical dan horizontal meningkat sebagai akibat dari pertumbuhan partikel [4]. Gorji meneliti bahwa peningkatan kecepatan gas *superficial* akan meningkatkan laju pencampuran dan mengurangi waktu pencampuran, serta laju pencampuran menurun dengan meningkatkan ukuran partikel [5].

Pada DRFB fenomena sirkulasi partikel/material padat perlu diamati serta menjadi faktor penting terhadap proses percampuran dan perpindahan masa yang terjadi pada sebuah sistem tertutup. Dalam penelitian ini model DRFB yang digunakan adalah *cold model* yaitu *dual reactor* yang tanpa terjadinya proses gasifikasi dan pembakaran,

dimana reaktor dibuat dari akrilik yang bertujuan untuk mengamati fenomena aliran campuran material hamparan yaitu pasir silika dan bahan bakar yang terjadi di dalam *riser* pada *upper bed* yang disirkulasikan menggunakan *siklon* menuju *downer* sebelum masuk kembali ke *riser* melalui *loopseal*. Karakteristik laju jumlah massa *bed material* dan bahan bakar yang melewati *riser* dan *downer* akan dikaji dengan memvariasikan jumlah campuran *bed material* dan bahan bakar yang dimasukkan pada DRFB.

2. Dasar Teori

2.1. Pirolisis, Pembakaran dan Gasifikasi

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi material organik dengan panas tanpa mengandung oksigen. Bila oksigen ada pada suatu reaktor pirolisis maka akan bereaksi dengan material sehingga membentuk abu (*ash*). Untuk menghilangkan oksigen, pada proses pirolisis biasanya di bantu oleh aliran gas *inner* sebagai fungsi untuk mengikat oksigen dan mengeluarkan dari reaktor. Produk pirolisis berupa gas, fluida cair dan padat berupa carbon dan abu [6]. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H_2 , CO , CO_2 , H_2O , dan CH_4), tar, dan arang. Pirolisis terbagi menjadi dua, yaitu :

- Pirolisis primer
Pirolisis primer adalah proses pembentukan arang yang terjadi pada suhu $150^\circ C - 300^\circ C$.
- Pirolisis sekunder
Pirolisis sekunder adalah proses perubahan arang / karbon lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hydrogen dan gas – gas hidrokarbon

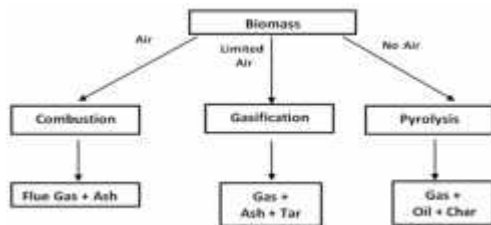
Pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (udara atau oksigen) yang menghasilkan panas dan cahaya. Bila biomassa digunakan sebagai bahan bakar, reaksi oksidasi yang menghasilkan panas, dimana karbon, hydrogen, oksigen, sulfur yang mudah terbakar, dan nitrogen yang terkandung dalam biomassa akan bereaksi dengan udara atau oksigen, dikenal diindustri sebagai proses pembakaran. Proses pembakaran dimulai dengan reaksi fase gas, reaksi permukaan, atau keduanya diikuti dengan proses-proses lain seperti peleburan, penguapan, dan pirolisis. Berdasarkan gas sisa hasil pembakaran, pembakaran dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua bahan yang terbakar membentuk gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O), sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.
2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan gas karbon monoksida (CO), dimana salah satu penyebabnya adalah kekurangan oksigen.

3. Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termo kimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran [7]. Proses gasifikasi dan pembakaran adalah proses termokimia yang sangat berdekatan. Bila ditinjau dari reaksi kimia yang berlangsung, pada proses pembakaran menggunakan udara/oksigen dalam jumlah yang berlebih sedangkan pada proses gasifikasi menggunakan udara/oksigen yang terkontrol/terbatas. Bahan bakar padat yang umum digunakan seperti batu bara dan biomassa, sedangkan produk utama dari hasil gasifikasi secara umum adalah gas mampu bakar seperti CO, CH₄, H₂, dan produk gas lainnya seperti CO₂. Perbedaan pirolisis, pembakaran dan gasifikasi berdasarkan kebutuhan udara yang diperlukan selama proses, yaitu :

- Jika jumlah udara/bahan bakar (AFR, *air fuel ratio*) sama dengan 0, maka proses disebut pirolisis.
- Jika AFR yang diperlukan selama proses kurang dari 1.5, maka proses disebut gasifikasi.
- Jika AFR yang diperlukan selama proses lebih dari 1.5, maka proses disebut pembakaran

Untuk lebih jelasnya perbedaan pirolisis, pembakaran dan gasifikasi seperti pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Perbedaan pirolisis, pembakaran dan gasifikasi [8]

2.2. Teknologi Gasifikasi

Teknologi gasifikasi merupakan salah satu bentuk peningkatan pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan biomassa melalui konversi dari bahan padat menjadi gas, dengan menggunakan proses degradasi termal material-material organik pada temperatur tinggi di dalam pembakaran yang tidak sempurna. Proses ini berlangsung didalam suatu alat yang disebut reaktor/gasifier, bahan bakar biomassa dimasukkan kedalam reaktor untuk dibakar secara tidak sempurna. Dengan kata lain proses gasifikasi merupakan proses pembakaran parsial bahan bakar padat, dengan melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat. Hasil pembakaran berupa

uap air dan karbon dioksida direduksi menjadi gas yang mudah terbakar, gas hasil proses gasifikasi ini disebut dengan gas produser. Umumnya kandungan dari gas produser yaitu karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂) dan metan (CH₄), gas-gas ini dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak untuk berbagai keperluan seperti menggerakkan mesin tenaga penggerak (diesel dan bensin), yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, menggerakkan pompa, mesin penggiling dan lainnya. Selain itu gas ini juga dapat dibakar langsung untuk mesin pengering, oven dan sebagainya yang memerlukan pembakaran yang bersih.

2.3. Pencampuran dan Sirkulasi padat

Sistem *DRFB* sederhana untuk pembakaran gasifikasi secara kontinu dari biomassa [9]. Material *bed* di transportasi secara pneumatik oleh jet udara dari *vessel* pertama (*combustor*) ke *vessel* kedua (*gasifier*) melalui *riser* dimana sisi masuk berada di bawah plat distribusi udara dari *combustor* untuk meminimalkan pencampuran udara. Material bahan menuju *vessel* kedua dan ditangkap serta dikembalikan ke *vessel* pertama melalui *standpipe* dan "*L*"-*valve*. Dibutuhkan nilai sirkulasi internal *solid* tinggi untuk memberikan panas yang dibutuhkan untuk gasifikasi, produk dan pipa asap keluar diantara kedua unit harus diminimalkan. Eksperimen dilakukan pada berbagai kondisi operasi untuk mempelajari waktu tinggal padatan (kulit kacang), pencampuran gas (dengan CO₂ sebagai pengusut), dan sirkulasi padatan. Sirkulasi *bed* ini dimasukan pasir dengan ukuran 164 μm dan 1,2 mm biomassa.

Hasilnya didapat nilai sirkulasi padatan yang tinggi dan terkontrol bisa dipertahankan diantara kedua unit *vessel*. Waktu tinggal biomassa lebih sedikit dibandingkan dengan pasir di semua waktu ketika biomassa lebih ringan dan keluar dari *bed* lebih cepat daripada partikel pasir. Waktu tercepat partikel biomassa pada *gasifier* adalah 30 detik, waktu yang cukup untuk menyelesaikan proses penguapan (*volatilization*). *Gas cross-flow* (menyebabkan kontaminasi gas produk) dapat diminimalkan dengan mengoptimalkan posisi sisi masuk *riser* dan laju gas menuju kedua *vessel*.

2.4. Biomassa

Biomassa adalah suatu bahan atau material yang didapatkan dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Biomassa disebut juga sebagai 'Fitomassa' dan sering kali diterjemahkan sebagai *bioresources* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Menurut Kamus Bahasa Inggris Oxford istilah biomassa pertama kali muncul diliteratur pada tahun 1934. Di dalam *journal of marine biology association*, ilmuwan rusia bernama *bogorov* menggunakan biomassa sebagai tatanama. Biomassa merupakan

sumber daya terbarukan dan energi yang diperoleh dari biomassa disebut energi terbarukan. Dari persektif sumber daya energi definisi umumnya adalah istilah umum untuk sumber daya hewan dan tumbuhan serta limbah yang berasal darinya dimana ia terkumpul dalam jangka waktu tertentu (tidak termasuk sumber fosil) Biomassa sangat beragam dan berbeda dalam hal sifat kimia, sifat fisis, kadar air, kekuatan mekanis dan sebagainya dan teknologi konversi menjadi bahan dan energi juga beragam [10].

Sumber daya biomassa dapat digunakan berulang kali dan bersifat tidak terbatas berdasarkan siklus dasar karbon melalui proses fotosintesis. Sebaliknya sumber daya fosil secara prinsip bersifat terbatas dan hanya untuk sementara. Selain itu emisi CO₂ yang tidak terbalikan dari pembakaran fosil akan memberikan efek yang serius terhadap iklim global.

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang mengacu pada bahan biologis yang berasal dari organisme yang belum lama mati (dibandingkan dengan bahan bakar fosil). Sumber-sumber biomassa yang paling umum adalah bahan bakar kayu, limbah dan alkohol. Biomassa sangat efektif sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Biomassa membentuk bagiannya sendiri melalui proses fotosintesis. Energi yang menggantikan bahan bakar fosil dapat diperoleh dari siklus, yaitu pembakaran biomassa, emisi karbondioksida dan refiksasi karbondioksida. Oleh karena itu, emisi karbondioksida dapat direduksi dengan cara mengganti bahan bakar fosil dengan biomassa.

Sumber energi biomassa pun mempunyai kelebihan sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menjadi sumber energi dalam jangka waktu yang sangat lama dan berkesinambungan (*sustainable*).

2.5. Pasir Silika

Pasir kuarsa atau Pasir Silika mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O, berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 1715°C, bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12 – 1000 °C.

Material hamparan (*bed material*) yang digunakan pada gasifikasi sirkulasi *fluidized bed* sangat berpengaruh terhadap berhasil tidaknya proses fluidisasi yang dihasilkan. Pada sistem ini, material hamparan akan difluidisasi dengan menggunakan dorongan agen gasifikasi seperti udara, oksigen, uap atau campurannya.

Dalam studi ini akan digunakan pasir silika sebagai material. Pasir silika merupakan material yang sangat baik dalam menyimpan kalor. Pasir silika memiliki titik lebur yang tinggi sampai mencapai 1800°C, sehingga sangat cocok digunakan untuk aplikasi gasifikasi sirkulasi *fluidized bed*.

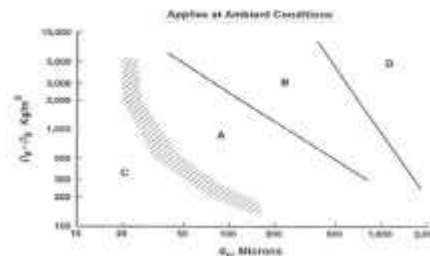
Disamping untuk material hamparan pada sistem ini, pasir silika banyak digunakan dalam industri semen, gelas, pengecoran besi baja, keramik dan lain-lain.



Gambar 2. Pasir Silika

2.6. Klasifikasi Pasir Geldart

Pasir diklasifikasikan berdasarkan bagaimana pasir tersebut terfluidisasi saat dialirkan aliran udara pada kecepatan udara tertentu. Setiap masing-masing kelompok pasir memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti bagaimana terbentuknya gelembung, *solid mixing* yang terjadi, tingkat mengembangnya pasir dan besarnya nilai penurunan tekanan yang semuanya dipengaruhi oleh diameter partikel pasir dan kerapatan pasir tersebut.



Gambar 3. Diagram klasifikasi jenis-jenis pasir [11]

Klasifikasi jenis-jenis pasir menurut Geldart, yaitu:

a. Group A

Pasir dikategorikan dalam group A menurut geldart biasanya memiliki massa jenis kurang dari 1400 kg/m³ dan memiliki ukuran berkisar antara 20 sampai 100 μm. Material ini paling mudah terfluidisasikan di bandingkan kelompok yang lain.

b. Group B

Pasir group B menurut Geldart cenderung untuk memiliki ukuran berkisar antara 40 sampai 50 μm dan massa jenis air berkisar antara 1400 sampai 4000 kg/m³.

c. Group C

Pasir group C merupakan pasir yang ukuran rata-ratanya lebih kecil dibandingkan yang lainnya (<30μm) atau massa jenis yang lebih kecil juga sehingga gaya-gaya antar partikel mempunyai pengaruh yang lebih besar daripada gaya gravitasi. Pasir jenis ini sangat sulit terfluidisasi.

d. Group D

Pasir group D biasanya memiliki ukuran lebih besar daripada 600 μm atau massa jenis yang besar. Kelompok ini membutuhkan kecepatan fluidisasi yang besar, sehingga sangat sulit untuk proses pencampuran.

2.7. Densitas Partikel

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah. Densitas dari partikel biomassa dan material hamparan merupakan hal yang mempengaruhi dalam fluidisasi [12]. Salah satu alat bantu untuk mengukur densitas adalah piknometer. Piknometer biasa juga dipakai untuk pengukuran material berpori seperti batuan, Sampel yang akan diukur massa jenisnya dihaluskan terlebih dulu sampai berbentuk serbuk. Dengan demikian pori-pori benar-benar hilang dalam sampel yang kini berbentuk serbuk tersebut. Berikut rumus perhitungan densitas dari material uji yang digunakan :

$$\begin{aligned} m_t &= m_{(a.u + m.u + aq)} - m_p \\ m_{aq} &= m_t - m_{m.u} \\ V_a &= \frac{m_{aq}}{\rho_{aq}} \\ V_{m.u} &= V_p - V_a \\ \rho_{m.u} &= \frac{m_{m.u}}{V_{m.u}} \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan :

- m_t = massa total (gr)
- $m_{(a.u + m.u + aq)}$ = massa (alat ukur + material uji + aquades) (gr)
- m_p = massa piknometer (gr)
- $m_{m.u}$ = massa material uji (gr)
- V_a = volume aquades (ml)
- $V_{m.u}$ = volume material uji (ml)
- V_p = volume piknometer (ml)
- V_{aq} = volume aquades (ml)
- $\rho_{m.u}$ = massa jenis material uji (gr/ml)

2.8. Kecepatan Semu

Kecepatan semu (U_o) didefinisikan sebagai laju aliran volume gas dibagi dengan luas penampang hamparan [13]. Jadi kecepatan semu (U_o) dapat ditentukan dengan rumusan sebagai berikut:

$$U_o = \frac{\dot{V}_g}{A_b} \quad (2)$$

dimana :

\dot{V}_g = Laju aliran volume gas (m^3 /menit)

A_b = luas penampang hamparan (m^2)

Kecepatan semu (U_o) ditentukan nilainya berada diantara kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) dan kecepatan terminal (U_t), sehingga laju aliran volume gas agen gasifikasi dapat dihitung.

3. Metode Penelitian

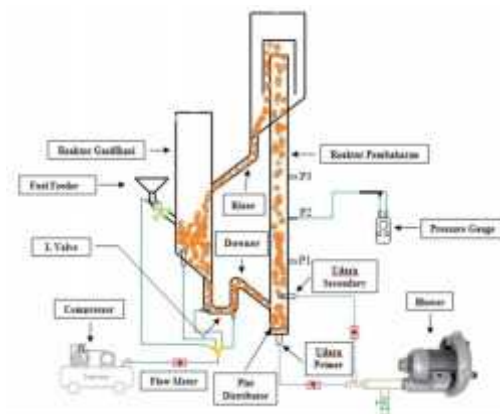
Penelitian dan pengujian ini menggunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

3.1. Preparasi Pellet Ikan dan Pasir Silika

Partikel Biomassa serbuk pellet ikan didapat dari pencacahan pelet ikan menjadi ukuran antara 0,4 – 0,5 mm. Begitu pula dengan material hamparan pasir silika yang diperoleh dari proses pengayakan dengan menggunakan ayakan/screen mesh ukuran 0,4 mm dan ayakan/screen mesh ukuran 0,5 mm. Pengukuran massa jenis dari pellet ikan dan pasir silika dilakukan dengan timbangan berskala mili-gram dan piknometer.

3.2. Alat Penelitian

Pada pengujian penelitian ini menggunakan unit pengujian *Cold Model Dual Reaktor Fluidized Bed* (DRFB) yang transparan berbahan *acrylic* agar dapat melihat sirkulasi partikel biomassa dan material hamparan didalam reaktor. Adapun skematik peralatan eksperimen DRFB dapat dilihat pada Gambar 4 dengan komponen-komponen utama sebagai berikut :



Gambar 4. Skematik Dual Reaktor Fluidized Bed (DRFB)



Gambar 5. Foto alat uji DRFB berbahan pipa akrilik

Pertama pasang *pressure gauge* sepanjang reaktor 2, selanjutnya masukan campuran *bed* material pasir silika dan partikel biomassa serbuk pellet ikan kedalam reaktor 1 (reaktor gasifikasi) pada berbagai variasi komposisi yang direncanakan, kemudian pasang selang udara yang menghubungkan *flowmeter* 1 dan kompresor udara, selanjutnya masukkan udara fluidisasi (udara primer) ke dalam reaktor pada kecepatan tertentu sesuai dengan rencana penelitian yang diukur dengan *venturimeter*, kemudian ukur tekanan sepanjang reaktor 2 dan

pastikan bekerja dengan baik, kemudian catat pengukur kecepatan udara, pengukur tekanan massa campuran yang mengalir pada *downer* dan *riser*.

4. Hasil Pembahasan

Setelah melakukan preparasi bahan dan pengujian pada *dual-reactor fluidized bed* (DRFB) diperoleh beberapa data hasil serta data perhitungan.

4.1. Data Hasil Perhitungan Densitas Pellet Ikan dan Pasir Silika

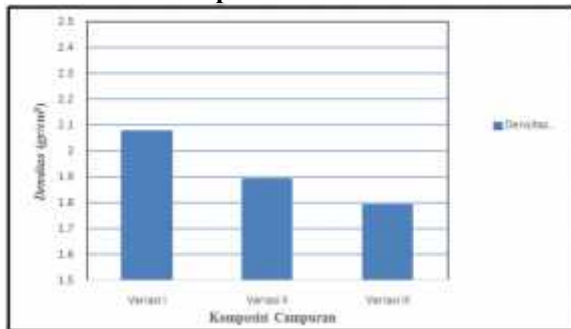
Pemilihan partikel biomassa dan material hampan yang tepat perlu diperhatikan agar dapat terfluidisasi dan bersirkulasi pada DRFB. Densitas dari partikel biomassa dan material hampan merupakan hal yang sangat mempengaruhi dalam proses fluidisasi, densitas campuran padatan dan profil tekanan. Berikut hasil uji densitas partikel biomassa pellet ikan dan material hampan pasir silika menggunakan piknometer.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Densitas

Material	Densitas (gr/cm ³)
Pellet Ikan (ρ_{mu})	1,485
Pasir Silika (ρ_{mu})	2,588

Berdasarkan Tabel 1 hasil perhitungan densitas, didapat nilai densitas partikel biomassa serbuk pellet ikan sebesar 1,485 gr/cm³ dan nilai densitas untuk material hampan pasir silika sebesar 2,588 gr/cm³, dengan demikian dapat dilihat bahwa pellet ikan memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan dengan densitas material hampan pasir silika.

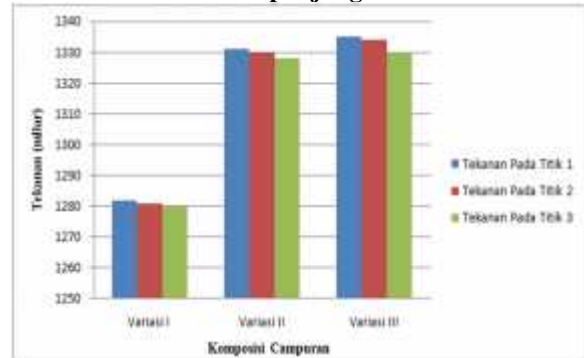
4.2. Densitas Campuran Padatan



Gambar 6. Grafik hubungan komposisi campuran dengan densitas campuran padatan

Dilihat dari Gambar 6 diatas, diketahui densitas campuran pada variasi I (400 gr : 200 gr) memiliki densitas tertinggi dan variasi III (400 gr : 600 gr) memiliki densitas terendah dikarenakan jika semakin banyak partikel biomassa pellet ikan yang dimasukkan kedalam reaktor maka densitas campuran padatannya akan menurun.

4.3. Profil Tekanan Sepanjang Reaktor 2



Gambar 7. Grafik hubungan komposisi campuran dengan tekanan pada reaktor 2

Dilihat dari Gambar 7 diatas, pengukuran tekanan pada variasi I, II dan III di sepanjang reaktor 2 mengalami peningkatan tekanan secara signifikan. Hal ini diakibatkan oleh densitas campuran padatan yang menurun dari variasi I ke variasi III, serta penambahan partikel biomassa pellet ikan pada material hampan.

5. Kesimpulan

Dari penelitian dan analisa data sebelumnya dapat disimpulkan bahwa penambahan partikel biomassa terhadap densitas campuran padatan dan profil tekanan pada DRFB adalah penambahan massa partikel biomassa mengakibatkan naiknya tekanan pada reaktor 2 dari variasi I ke variasi II dan III secara signifikan. Komposisi campuran material partikel biomassa pellet ikan dan hampan pasir silika pada variasi I (400 gr : 200 gr) memiliki densitas campuran padatan terbesar dari variasi II dan III, yaitu dengan densitas campuran padatan 2,0744 gr/cm³.

Daftar Pustaka

- [1] Djadjang, Sukarna, (2012). *Green Energy*. [http://gistrong.wordpress.com/tag/green-energy-2/] (diakses tanggal 17 April 2015).
- [2] Syamsiro, (2013). *Seri Teknologi Tepat Guna : Pengembangan Kompor Biomassa Yang Bersih dan Ramah Lingkungan*.
- [3] Bhattacharyamaka S.C, Luong P.H, (1993). *A Study of Solid Circulation Rate in a Circulating Fluidized Bed*, Division of Energy Technology, Asian Institute of Technology, Thailand.
- [4] Shen L., & Zhang M, (1998), *Effect of particle size on solids mixing in bubbling fluidized bed*, Powder Technology, 97, 170–177.
- [5] Gorji-Kandi S.M. Alavi-Amlashi, N. Mostoufi, (2014). *A solids mixing rate correlation for small scale fluidized beds*,

Department of Chemical Engineering, Iran
University of Science and Technology,
Tehran and School of Chemical
Engineering, College of Engineering,
University of Tehran, Tehran, Iran.

- [6] Septa Mohammad, Ayatullah, (2009). **Bioetanol Tenaga Yang Terbarukan**. Available at : <http://septa-ayatullah.blogspot.com/2009/01/bioetanol-tenaga-yang-terbarukan.html>
- [7] Santoso, (2012). **Gasifikasi-Pyrolysis-Pembakaran**. [http://santosorising.blogspot.co.id/2012/07] (diakses tanggal 15 Nopember 2016).
- [8] Prabir Bassu, (2010). **Biomassa Gasification and Pyrolisis Practical Design**. Elsevier.
- [9] Latif A., Yates G., Felice R.D, (1999), **Gas mixing and solid circulation in a circulating fluidized bed for the continuous combustion-gasification of biomass**. In: Werther, J. (Ed.), *Circulating Fluidized Bed Technology VI*. Dechema, Frankfurt am Main, Germany.
- [10] Yokoyama Shinya, (2008), **The Asian Biomass Handbook**, The Japan Institute of Energy.
- [11] Geldart, (1973), **Types of Gas Fhidization**, *Powder Technology*, 7 (1973) 285-292.
- [12] Puji Kumala Pertiwi, (2015). **Pengujian densitas dan porositas pada variasi serbuk**, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [13] Prabir Basu and Fraser Scott A, (1991), **Circulating Fluidized Bed Boilers : Design and Operations**, Hainemann, USA

