

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Handoyo(2013),”Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Temperature Pembakaran Pada Tungku Gasifikasi Sekam Padi”. Pada penelitian ini diawali dengan memodifikasi saluran udara dari blower divariasikan kecepatannya. Kecepatan udara yang digunakan adalah 3,5 m/s, 4,0 m/s, dan 4,5m/s. Kemudian diukur temperature pembakaran dan temperature pendidihan air tiap 3 menit.

Irvandi,P.A.D.(2010),”Studi Karakteristik Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan *Fluidized Bed Combustor Universitas Indonesia*”. Pada penelitian *Fluidized bed combustor UI* termasuk jenis *bubbling fluidized bed* (BFB) yang mana saat beroperasi kecepatan aliran udara tidak cukup tinggi untuk membawa partikel hamparan yaitu pasir untuk terbawa keluar dari reactor melewati riser menuju siklon.

Riza R (2011),”Studi Variasi Suplai Udara Blower Untuk Pencapaian Pembakaran Mandiri Pada Eksperimen Uji Bahan Bakar Fluidized Bed Combustor” Pada penelitian *Fluidized bed combustor UI* termasuk jenis *bubbling fluidized bed* (BFB). Pada penelitian ini digunakan 2 varisi suplai udara 0.085 m/s dan 0.093 m/s guna menganalisa mengenai perbedaan temperature kerja pada saat pemanasan menuju kondisi kerja reaktor gasifikasi.

Nur Aklis(2013),”Studi Eksperimen Karakteristik Gelembung Pada *Bubbling Fluidized Bed*”. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan instalasi fluidized bed 2 dimensi yang terbuat dari kaca dengan ukuran 260 x 35 x 800 mm. Distributor udara yang digunakan adalah tiga jenis distributor udara yang terdiri distributor tipe 1 (jumlah lubang 3), tipe 2 (jumlah lubang 5), dan distributor tipe 3 (jumlah lubang 7). Sedangkan partikel yang digunakan terdiri dari : partikel 100% pasir kuarsa, partikel campuran 75% pasir + 21,7% kokas + 33,% kapur, dan partikel campuran 80% pasir + 5% kokas +15% kapur.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1.Energi Biomassa**

Biomassa didefinisikan sebagai bagian dari tumbuhan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar padat atau diubah ke dalam bentuk cair atau gas untuk menghasilkan energi. Berbagai jenis biomassa dapat digunakan dalam proses gasifikasi, mulai dari kertas, kayu, sekam padi hingga bonggol jagung.

Energi biomassa adalah jenis bahan bakar yang cara pengolahanya dengan cara mengkonversi bahan biologis seperti tanaman, kotoran hewan dan mikroorganisme.

#### **A. Jenis-Jenis Biomassa**

##### **1. Biomassa padat**

Berasal dari material kering organic, seperti pohon, sisa-sisa tumbuhan, ranting, daun yang kemudian di bakar langsung

untuk memperoleh energi panas.

## 2. Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbarui yang dihasilkan secara fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana *metanobacterium sp* dan proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik. (Price dan Cheremisinoff .1981)

## 3. Tanaman energi

Terdapat juga sejumlah tanaman energi yang ditanam secara komersial sebagai sumber energi. Tanaman ini dibudidayakan dalam skala besar dan diproses untuk menghasilkan bahan bakar seperti etanol dan alkohol. Berbagai tanaman sumber energi ini diantaranya adalah jagung, kedelai, rami, serta gandum. Produk bahan bakar yang dihasilkan meliputi butanol, etanol, metanol, propanol, serta biodiesel.

Energi biomassa memiliki kelebihan dan kekurangan beberapa diantaranya adalah :

### A. Kelebihan energi biomassa

- a. Merupakan energi terbarukan.
- b. Sumbernya dapat diproduksi.
- c. Menggunakan bahan bakar murah

## B. Kekurangan energi biomassa

- a. Untuk pembakaran langsung akan menghasilkan gas karbon dioksida, gas penyebab efek rumah kaca dan pemanasan global.
- b. Untuk menghasilkan energi yang banyak dibutuhkan energi biomassa yang banyak pula.
- c. Masih merupakan sumber energi yang mahal dalam memproduksinya dan mengubahnya ke dalam bentuk energi yang lain.

## B. Karakteristik Biomassa Sekam Padi

Sekam adalah bagian dari bulir padi-padian (*serealia*) yang berupa lembaran kering, bersisik, dan tidak dapat dimakan, yang melindungi bagian dalam (endospermium dan embrio). Sekam dapat dijumpai pada hampir semua anggota rumput-rumputan (*poaceae*), meskipun pada beberapa jenis budidaya ditemukan pada variasi bulir pula variasi bulir tanpa sekam (misalnya jagung dan gandum).

Sekam biasanya dapat ditemukan di setiap penggilingan padi. Saat ini pemanfaatan sekam padi tersebut masih sangat sedikit, misalnya digunakan dalam proses pembakaran batu bata dan genting. Sehingga, sekam padi masing termasuk barang yang kurang digunakan. Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* yang terdiri dari belahan

*lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan gabah padi, sekam akan terpisah dari butir beras. Dari proses penggilingan padi, biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30%, dedak 8-12%, dan beras giling 50-63% dari bobot awal gabah. Sekam padi memiliki kerapatan jenis *bulk density* 125 kg/m<sup>3</sup>, dengan nilai kalor dari 1 kg sekam padi sebesar 3300 kcal. Jika ditinjau dari kandungan kimianya, sekam padi mengandung bahan-bahan sebagai berikut :

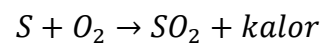
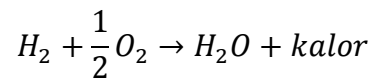
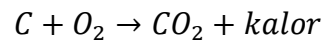
- a. Karbon : 1,33%
- b. Hidrogen : 1,54%
- c. Oksigen : 33,64%
- d. Silika : 16,98%

Selain itu, sekam padi mempunyai panjang sekitar 8-10 mm dengan lebar 2-3 mm dan tebal 0,2 mm. Karakteristik lain yang dimiliki sekam padi adalah kandungan zat *volatile matter* yang tinggi, yang berkisar antara 60-80%. [www.unimed.ac.id](http://www.unimed.ac.id)

### **2.2.2. Reaksi Pembakaran**

Pembakaran adalah reaksi kimia cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang disertai timbulnya panas atau kalor. Reaksi oksidasi membutuhkan oksigen dari udara bebas dengan komposisi oksigen 21% dan nitrogen 79%. Unsur terbanyak yang terkandung dalam bahan bakar adalah karbon, hidrogen

dan sedikit sulfur. Pembakaran pada umumnya terdiri dari tiga proses, yaitu



Pembakaran sendiri di bedakan menjadi 2, Yaitu

1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua konstituen yang terbakar membentuk gas karbon dioksida, air dan sulfur sehingga tidak ada bahan yang tersisa.
2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan karbon monoksida dimana salah satu penyebabnya adalah kurangnya oksigen

Dalam proses gasifikasi ini menggunakan proses pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan gas metan  $CH_4$  gas karbon dioksida  $CO_2$ , gas hidrogen  $H_2$ , hidrogen sulfida  $H_2S$ , gas karbon monoksida  $CO$  dan TAR.

Dalam proses pembakaran ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk memperoleh hasil pembakaran yang baik. Tapi pada kenyataanya, proses pembakaran ini selalu menghasilkan gas atau sisa pembakaran lainnya yang tidak disebut pada reaksi. Untuk memperoleh proses yang baik, harus memperhatikan parameter seperti mixing, udara, temperature, waktu dan kerapatan. Berikut ini

adalah hal yang harus diperhatikan dalam proses pembakaran, yaitu :

1. Mixing

Agar proses pembakaran berlangsung dengan baik, maka harus diperhatikan pencampuran bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran. Pencampuran yang baik dalam proses pembakaran disebut proses pembakaran sempurna.

2. Udara

Dalam proses pembakaran udara harus diperhatikan, karena menentukan apakah pembakaran tersebut berlangsung sempurna atau tidak sempurna. Pemberian udara yang tidak cukup akan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna.

3. Temperatur

Temperatur dalam proses pembakaran sangat mempengaruhi proses pembakaran. Jika temperature tidak tercapai maka pembakaran tidak akan berlangsung atau mati.

4. Waktu

Sebelum bahan bakar terbakar, bahan bakar akan mengeluarkan volatile meter agar dapat terbakar. Waktu bahan bakar mengeluarkan volatile meter itulah dinamakan waktu pembakaran.

## 5. Kerapatan

Kerapatan yang cukup diperlukan guna menjaga kelangsungan pembakaran.

### **A. Komponen utama dalam reaksi pembakaran**

#### 1. Zat yang dibakar

Unsur kimia dalam bahan bakar berpotensi menghasilkan energi kalor adalah karbon, oksigen, hydrogen dan sulfur. Setiap bahan bakar memiliki kandungan energi kalor. Jenis bahan bakar dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu :

##### A. Padat

- a. Batu bara
- b. Kayu
- c. Serbuk gergaji

##### B. Cair

- a. Bensin
- b. Solar
- c. Bensol

##### C. Gas

- a. LNG
- b. LPG

#### 2. Zat yang membakar

Zat yang berpotensi memberikan kalor dalam proses pembakaran seperti karbon, hydrogen, belerang dan nitrogen



semuanya bereaksi dengan oksigen untuk proses pembakaran. Kebutuhan udara dalam proses pembakaran sangat menentukan proses pembakaran itu sempurna atau tidak sempurna.

### 3. Zat yang dihasilkan dalam pembakaran

Gas sisa pembakaran terbentuk dari sisa pembakaran. Pada pembakaran sempurna gas yang dihasilkan sebagai berikut.

$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2, \text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$

## **B. Proses konversi Energi Biomassa**

Teknologi pengkonversi energi dibagi menjadi 2, yaitu termal dan biologis

### 1. Proses thermal

Ada 3 proses thermal dalam menghasilkan energi biomassa

#### a. Direct combustor

Direct combustor adalah pembakaran langsung, dimana material organik di bakar langsung. Agar efisiensi pembakaran baik, dilakukan pengeringan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air pada material organik. Salah satu aplikasi pembakaran langsung adalah kompor masak yang menggunakan kayu bakar

#### b. Gasifikasi

Gasifikasi merupakan proses pembakaran bahan bakar padat dalam reaktor gasifikasi untuk menghasilkan bahan

bakar gas. Pembakaran bahan bakar gas lebih mudah dalam pengontrolan laju atau suhu pembakaran di banding pembakaran bahan bakar padat. Di samping itu, pembakaran bahan bakar gas lebih bersih. Namun, untuk menghasilkan gas dari proses gasifikasi di perlukan teknologi tinggi karena efisiensi tertinggi proses gasifikasi masih di sekitar 65%. Hal ini karena biomassa khususnya sekam padi memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis bahan bakar lain yaitu memiliki kadar air yang tinggi sekitar 11,7%. (Yin, dkk. 2002)

c. Pyrolysis

Pyrolysis adalah pemanasan dan pembakaran dengan keadaan sedikit atau tanpa oksigen. Pyrolysis adalah salah satu bagian dari proses gasifikasi. Produk dari pyrolysis tergantung dari temperature, tekanan dan lain-lain. Pada suhu 200C, air akan terpisah dan di buang. Pyrolysis terjadi pada suhu 400-600. Pyrolysis banyak menghasilkan gas karbon dioksida, Tar dan sedikit metal alcohol.

d. Liquefaction

Liquefaction adalah proses pembentukan cairan dari suatu gas. Pembentukan ini dilakukan semata hanya untu memudahkan dalam proses transportasi. Dengan cara mendinginkan gas untuk membuatnya menjadi LNG.

## 2. Proses biologis

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan gas yang dapat terbakar melalui proses fermentasi. Ada 2 proses dalam menghasilkan bahan bakar gas melalui proses fermentasi

### a. Anaerob digestion

Proses ini adalah proses yang menggunakan bakteri sebagai pengurai material dengan kondisi tanpa oksigen. Proses ini dapat digunakan pada sampah organik dan juga kotoran hewan.

### b. Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobic. Secara umum proses fermentasi adalah bentuk respirasi anaerobic.

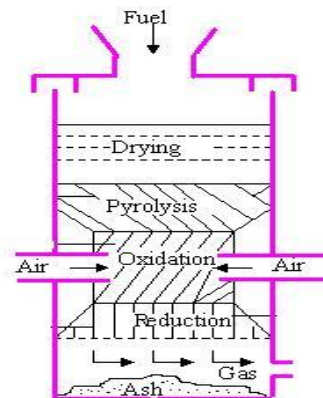
### **2.2.3. Gasifikasi**

Gasifikasi merupakan proses pembakaran bahan bakar padat dalam reaktor gasifikasi untuk menghasilkan bahan bakar gas. Pembakaran bahan bakar gas lebih mudah dalam pengontrolan laju atau suhu pembakaran di banding pembakaran bahan bakar padat. Di samping itu, pembakaran bahan bakar gas lebih bersih. Namun, untuk menghasilkan gas dari proses gasifikasi di perlukan teknologi tinggi karena efisiensi tertinggi proses gasifikasi masih di sekitar 65%. Hal ini karena biomassa khususnya sekam padi memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis bahan

bakar lain yaitu memiliki kadar air yang tinggi sekitar 11,7%. (Yin, dkk. 2002)

## A. Jenis-jenis Reaktor Gasifikasi

### 1. Reaktor Gasifikasi Tipe Downdraft



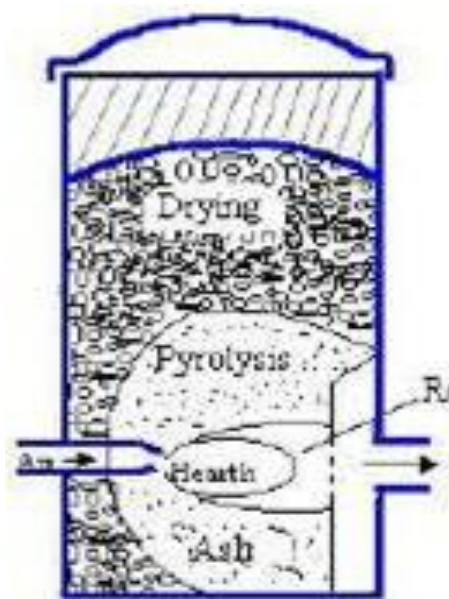
Gambar 2.1. Gasifikasi tipe downdraft

Pada tipe gasifikasi ini sumber panas terletak di bawah bahan bakar seperti tampak pada gambar. Dalam gambar terlihat bahwa gas masuk bergerak dari zona gasifikasi di bagian bawah yang menyebabkan asap pyrolisis yang dihasilkan melewati zona gasifikasi yang panas. Hal ini membuat tar yang terkandung dalam asap terbakar, sehingga gas yang dihasilkan lebih bersih. Keuntungan dari tipe gasifikasi ini adalah dapat digunakan untuk operasi yang berkesinambungan dengan menambah bahan bakar melewati atas, namun di butuhkan system pengeluaran abu yang baik agar bahan bakar bisa terus ditambahkan ke dalam reaktor.

## 2. Reaktor Gasifikasi Tipe Inverted Downdraft

Prinsip kerja gasifikasi ini sama dengan tipe gasifikasi downdraft. Dalam gambar tampak bahwa perbedaan antara reaktor gasifikasi downdraft dengan inverted downdraft gasifiers terletak pada arah aliran udara dan zona pembakaran yang dibalik. Sehingga bahan bakar terletak pada bagian bawah reaktor dengan zona pembakaran di atasnya. Udara mengalir dari bagian bawah ke bagian atas reaktor.

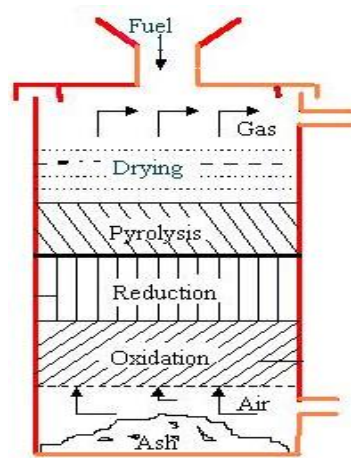
## 3. Reaktor Gasifikasi Tipe Crossdraft



Gambar 2.2. Gasifikasi tipe Crossdraft

Pada reaktor ini, udara mengalir tegak lurus dengan arah gerak zona pembakaran. Reaktor tipe ini memungkinkan operasi yang berkesinambungan apabila memiliki system pengeluaran abu yang baik.

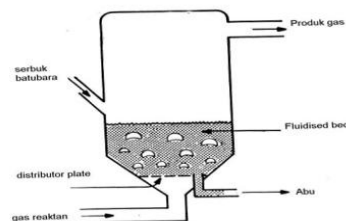
#### 4. Reaktor Gasifikasi Tipe Updraft



Gambar.2.3 Gasifikasi Tipe Updraft

Pada reaktor gasifikasi tipe ini, zona pembakaran berada di bawah bahan bakar dan bergerak ke atas seperti tampak pada gambar. Dalam gambar tampak bahwa gas panas yang dihasilkan mengalir ke atas melewati bahan bakar yang belum terbakar sementara bahan bakar akan terus jatuh ke bawah. Melalui pengujian dengan sekam padi reaktor gasifikasi ini dapat bekerja dengan baik. Kekurangan dari reaktor ini adalah produksi asap yang berlebihan dalam operasinya.

#### 5. Reaktor Gasifikasi Tipe Fluidized Bed



Gambar 2.4 Gasifikasi Tipe Fluidized Bed

Reaktor fluidized bed gasfire adalah sebuah tungku pembakaran yang menggunakan media pengaduk berupa pasir silica, tujuannya agar terjadi pencampuran yang homogen antara udara dan butiran pasir. Pasir silica yang menjadi media pengaduk berada di atas distributor yang berupa grid logam. Grid ini berupa plat logam yang berisi nosel udara, dimana udara di alirkan ke ruang bakar untuk memfluidisasikan pasir silica. Fluidisasi meningkatkan pencampuran dan turbolensi sehingga pemanasan menjadi merata.

Reaktor unggun terfluidisasi berfungsi meningkatkan penyemburan umpan bahan bakar di dalam reaktor. Pembakaran dengan fluidized bed gasfire merupakan salah satu rancangan alternative untuk pembakaran limbah padat. Bahan bakar yang sudah dalam bentuk tercacah dimasukkan ke dalam reaktor dengan kapasitas konstan di letakkan di atas pasir silica. kemudian udara di semburkan blower melewati plenum dan naik ke atas, kemudian udara akan naik melewati distributor sehingga udara masuk ke dalam ruang bakar (Basu:1994,Howard:1994).

#### **A. Jenis Reaktor Fluidized Bed Gasfire**

Fluidized bed gasfire dapat beroperasi dalam dua jenis system, yaitu bubbling dan circulating. Tergantung kecepatan

udara yang masuk. Fluidized bed gasifire dengan system bubbling bisa disebut bubbling fluidized bed (BFB) dan circulating fluidized bed (CFB).

BFB beroperasi dengan kecepatan udara cukup rendah antara 0,1 m/s – 3 m/s, bergantung pada ukuran partikel yang digunakan. Pada kondisi ini pasir silika harus dibersihkan manual dari abu sisa pembakaran.

Sedangkan pada CFB memiliki kecepatan udara yang cukup tinggi, biasanya 4 m/s – 6 m/s. dengan kecepatan udara tinggi material sisa pembakaran (abu) akan terangkat dan keluar system dengan sendirinya.

## **B. Prinsip Kerja Reaktor Fluidized Bed Gasifire**

Teknologi pembakaran dengan menggunakan metode fluidized bed telah memperkenalkan beberapa konsep penting dalam pembakaran sampah atau bahan padat (Tillman, 1991) Yaitu:

- a. Turbolensi partikel padatan, dengan meningkatkan kontak fisik antara partikel padat (pasir) dengan bahan bakar (sampah), Yang menghasilkan panas dan perpindahan panas yang baik, dan menunjukkan panas yang seragam disekitar pasir dan sekitar ruang bakar secara umumnya.
- b. Temperature sebagai control variable yang independent dapat meningkatkan control polusi yang dapat dihasilkan



oleh penempatan bahan bakar dan system distribusi udara, serta penempatan tabung heat recovery dalam reaktor

- c. Penggunaan pasir sebagai inert material dapat mengurangi dampak sisa hasil pembakaran dengan menggunakan bahan bakar yang basah atau kotor.

Proses kerja fluidized bed gasifire terutama terdiri dari tiga tahapan. Dari kondisi awal, pemanasan dan kondisi operasi.

- a. Kondisi awal

Pada kondisi awal, ruang bakar masih dalam temperature ruang. Pasir sebagai media pengaduk sekaligus pertukaran kalor dituang ke dalam ruang bakar.

- b. Tahap pemanasan

Pada tahap pemanasan, pasir tersebut mulai dipanaskan. Udara bertekanan mulai dialirkan ke dalam ruang bakar dari bawah untuk memfluidisasi pasir. Pada kondisi ini sudah terjadi kondisi kecepatan minimum fluidisasi. Proses pemanasan dilakukan dengan bahan bakar bantu dari burner. Burner membantu memanaskan sampai suhu temperature operasi. Untuk mempercepat pemanasan dapat dibantu dengan menggunakan kayu bakar atau batu bara dimasukkan ke dalam reaktor.

c. Kondisi kerja

Pada kondisi operasi, temperature ruang bakar sudah mencapai temperature operasi. Pada kondisi ini bahan bakar bantu tidak dipakai lagi, burner dimatikan. Temperatur ruang bakar terjaga konstan dengan pengumpan sampah yang tetap. Kecepatan udara dari blower dinaikkan sampai pengoprasian maksimum. Sampah akan terbakar sendiri pada kondisi ini karena panas yang diberikan oleh pasir sudah melewati temperature nyala dari sampah.

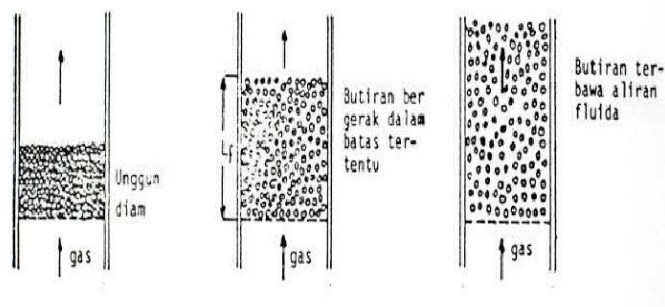
### **C. Penggunaan Gasifikasi Fluidized Bed Gasifire**

Gasifikasi unggun terfluidakan dapat digunakan untuk mengolah bahan bakar dengan rentang yang lebar khususnya bahan bakar kualitas rendah dengan kandungan abu tinggi sehingga cocok digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar bernilai rendah. Pada umumnya, gas hasil gasifikasi unggun terfluidakan dibakar untuk menggerakkan mesin atau untuk membangkitkan listrik. Gas tersebut juga dapat dibakar bersamaan dengan bahan bakar lainnya. Selain itu, gas hasil gasifikasi unggun terfluidakan dapat digunakan pada pembangkit listrik melalui sebuah sistem kombinasi siklus yang disebut integrated gasification combined-cycle (IGCC).

Jika ditinjau dari potensi penerapannya di Indonesia, teknologi gasifikasi unggun terfluidakan (fluidisasi) memiliki

potensi yang cukup besar karena sebagian besar cadangan batubara Indonesia tergolong dalam batubara kualitas rendah. Oleh sebab itu, pengolahan batubara dengan cara gasifikasi unggul terfluidakan merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memaksimalkan hasil pengolahan batubara Indonesia.

#### 2.2.4. Pengertian Fluidisasi



Gambar 2.5 ilustrasi fluidisasi

Jika suatu gas dilewatkan melalui lapisan pasir silica pada kecepatan rendah, maka partikel tidak akan bergerak. Jika kecepatan udara berangsur-angsur ditambah maka partikel akhirnya akan mulai bergerak dan melayang di dalam reaktor. (istilah fluidisasi).

Udara dimasukkan di bawah plat distributor dengan laju lambat, dan naik ke atas menyebabkan partikel bergerak. Jika kecepatan berangsur-angsur di tambah, penurunan tekanan atau pressure drop akan meningkat. Dan jika kecepatan terus ditambah

maka partikel akan bergerak menjauh satu sama lain sehingga dapat berpindah di dalam reaktor dan fluidisasi mulailah terjadi.

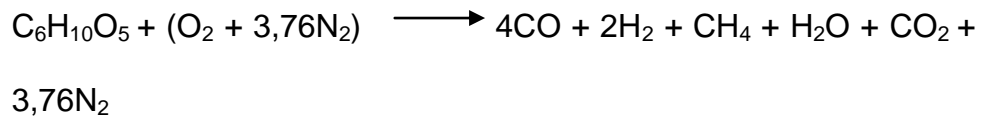
### **2.2.5 Kecepatan Minimum Fluidisasi**

Bila gas dilewatkan melalui lapisan hamparan partikel padat pasir pada kecepatan rendah, partikel-partikel tidak akan bergerak. Jika kecepatan fluida berangsur-angsur dinaikkan, partikel-partikel pasir itu akan mulai bergerak dan melayang di dalam reaktor, dan gesekan (*friction*) menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*). Ketika kecepatan udara dinaikkan, penurunan tekanan meningkat sampai tekanan tersebut sama dengan ruang gasifikasi. Kecepatan ini disebut kecepatan minimum fluidisasi. Kecepatan minimum fluidisasi adalah kecepatan superficial terendah yang dibutuhkan untuk terjadinya fluidisasi

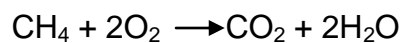
### **2.2.6. Syngas**

Syngas adalah hidrokarbon yang sederhana berbentuk gas. Syngas bersifat tidak berbau, tidak berwarna dan sangat mudah terbakar, tetapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Gas metana mudah terbakar bila konsentrasinya mencapai 5-15% diudara.  $C_6H_{10}O_5$ (sekam padi) di reaksikan dengan dua molekul  $O_2$  (oksigen) akan melepaskan satu molekul  $CO_2$ , empat molekul  $CO$ , satu molekul  $CH_4$  dan tiga molekul  $H_2O$ .  $C_6H_{10}O_5$  (sekam padi) di reaksikan dengan udara ( $O_2$

+ 3,76N<sub>2</sub>) akan melepaskan empat CO, dua molekul H<sub>2</sub>, satu molekul CH<sub>4</sub>, satu molekul H<sub>2</sub>O, satu molekul CO<sub>2</sub> dan 3,76 N<sub>2</sub>.



Gas metana manfaatnya dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air).



### 2.2.7.Kalor

Kalor adalah energi yang merambat atau berpindah karena ada perbedaan suhu atau temperatur. Kalor juga dapat didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Kalor bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Ketika suatu benda melepas panas ke sekitarnya dapat dituliskan  $Q < 0$ , sedangkan ketika benda menyerap panas dari sekitarnya dapat dituliskan  $Q > 0$ .

Kalor pada suhu 25 °C - 100 °C (kalor sensible air) dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Q = kalor sensible air (KJ)

m = massa air mula-mula (Kg)

C<sub>p</sub> = kalor jenis air (4,200 KJ/Kg. °C)

ΔT = T<sub>2</sub> – T<sub>1</sub> (perubahan suhu °C)

Kalor pada saat air mendidih (kalor laten air), dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = m_{uap} \cdot h_{fg} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

Q = kalor laten air (KJ)

m<sub>uap</sub> = massa uap (Kg)

h<sub>fg</sub> = enthalpi penguapan (KJ/Kg)

Massa uap air dapat dicari :

$$m_{uap} = m_a \cdot m_b \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

m<sub>a</sub> = massa air mula-mula (Kg)

m<sub>b</sub> = massa air akhir (Kg)

Kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = W_f \cdot LHV \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

Q = kalor biomassa (KJ)

$W_f$  = massa bahan bakar (Kg)

LHV = nilai kalor terendah bahan bakar (KJ/Kg)

Sehingga efisiensi thermal reaktor dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Kalor yang terpakai}}{\text{Kalor yang dihasilkan bahan bakar}} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

Kalor yang terpakai = kalor sensible air + kalor laten air

### 2.2.8. Tahap pemurnian gas

Gas yang dihasilkan dalam reaktor gasifikasi seperti syngas, gas hydrogen, gas karbon monoksida, gas hydrogen sulfide, gas karbon dioksida dan Tar. Dalam menghasilkan gas metan proses pemurnian sangatlah penting untuk menjaga kualitas gas syngas itu sendiri. Proses pemurnian perlu dilakukan untuk menyaring impuritas-impuritas yang merugikan seperti tar. Pemurnian gas metan dari proses gasifikasi dapat dilakukan dengan metode absorbs. Metode ini menggunakan air sebagai absorben karena air mampu mengikat tar yang sifatnya sebagai pengotor gas metan. ( Shannon, 2000 )

### 2.2.9. Pasir silica

Pasir silica adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontinen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi

(silikon dioksida,  $\text{SiO}_2$ ), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas  $2,65 \text{ g/cm}^3$ . Bentuk umum kuarsa adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam. ( Sumber Wikipedia)

Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut.

#### 1. Kandungan pasir silica

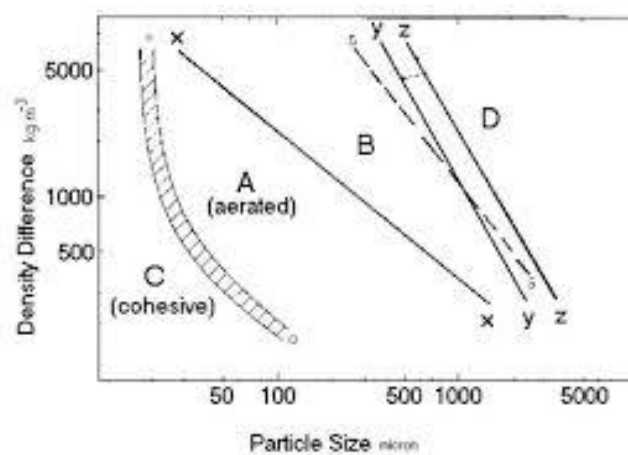
Kandungan dalam pasir silica mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur  $17150\text{C}$ , bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas  $12 - 1000\text{C}$ .

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan



ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya.

Menurut (Geldart. 1991 dikutip dalam Irvandi, P.A.D) meneliti perilaku tiap-tiap kelompok pasir ketika mengalami fluidisasi. Dia mengkategorikan klasifikasi ini dengan cara membuat plot grafik diameter partikel pasir terhadap selisih antara massa jenis partikel pasir dengan massa jenis udara. Diagram klasifikasi jenis-jenis pasir yang dikelompokkan oleh Geldart dapat dilihat pada gambar:



Gambar 2.6 Diagram Klarifikasi Jenis-Jenis Pasir

(sumber.Geldart.1991)

Klasifikasi jenis-jenis pasir menurut Geldart, yaitu:

a. Group A

Pasir dikategorikan dalam group A menurut geldart biasanya memiliki massa jenis kurang dari  $1400 \text{ kg/m}^3$  dan memiliki

ukuran berkisar antara 20 sampai 100  $\mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$  dan massa jenis air berkisar antara 1400 sampai 4000  $\text{kg/m}^3$ .

c. Group C

Pasir group C merupakan pasir yang ukuran rata-ratanya lebih kecil dibandingkan yang lainnya ( $<30\mu\text{m}$ ) 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  $\mu\text{m}$  atau massa jenis yang besar. Kelompok ini membutuhkan kecepatan fluidisasi yang besar, sehingga sangat sulit untuk proses pencampuran.

Dalam penelitian kali ini, ukuran pasir yang digunakan adalah 0,36 mm. maka proses ayakan (*sleving*) yang ayakan disusun dengan lubang ayakan besar diatas dan ayakan berlubang kecil dibawah secara berurutan. Dapat dicari ukuran diameter nominal pasir dengan menggunakan persamaan :

$$D_p = \sqrt{D_1 \times D_2}$$

Dimana :

$D_p$  = Diameter nominal pasir silika

$D_1$  = Diameter mesh bawah

$D_2$  = Diameter mesh atas