

Fenomena dan Kecepatan Minimum (U_{mf}) Fluidisasi

Widayati.

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri

UPN "Veteran" Yogyakarta

Telp/Fax: 0274486889

Email: widabambang@yahoo.com

Abstrak

Fenomena dan kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) padat-gas dipengaruhi oleh jenis partikel, laju alir gas, diameter kolom dan tinggi unggun padatan. Penelitian ini dilakukan terhadap pasir kuarsa, pasir besi dan pasir gunung Merapi yang merupakan partikel grup B pada kolom dengan diameter 6 cm dan tinggi unggun yang bervariasi yaitu 6 cm; 8 cm dan 10 cm. Pengamatan mulai dilakukan setelah udara dengan kecepatan terendah dialirkan dari bawah melalui bed ke atas. Dari hasil pengamatan didapatkan fenomena yang terjadi adalah *fixed bed*, *bubbling fluidization* dan *slugging fluidization*. Kecepatan fluidisasi minimum (U_{mf}) pada tinggi unggun 6 cm adalah 10,3 cm/detik, 7,3 cm/detik dan 4,8 cm/detik. Sedangkan pada tinggi unggun 8 cm adalah 11,9 cm/detik, 7,3 cm/detik dan 5,1 cm/detik. dan pada tinggi unggun 10 cm nilai (U_{mf}) yang diperoleh adalah 8,8 cm/detik, 8,8 cm/detik dan 5,8 cm/detik. Berdasarkan perhitungan secara teori, kecepatan fluidisasi minimum (U_{mf}) untuk pasir kuarsa adalah 12,0 cm/detik, pasir besi 16,2 cm/detik dan pasir gunung Merapi adalah 12,3 cm/detik. Dengan demikian maka nilai (U_{mf}) percobaan yang paling mendekati dengan nilai (U_{mf}) teori hanya terjadi untuk pasir kuarsa pada penggunaan diameter kolom 6cm dan tinggi unggun 8cm.

Abstract

Phenomenon and the minimum fluidization velocity (U_{mf}) solid-gas depend of particle type, gas flow rate, column diameter and height of solids bed. This research was conducted on sand of quartz, iron and volcano Merapi (group B the particle) in the column with 6 cm diameter and height of the bed that varies are 6 cm, 8 cm and 10 cm. Observations began after the air with the lowest velocity flow from the bottom upwards through the bed. From the observations obtained a phenomenon that occurs is the fixed bed, bubbling fluidization and slugging fluidization. U_{mf} in the height of bed 6 cm were 10.3 cm/sec, 7.3 cm/sec and 4.8 cm/sec. While at the height of bed 8 cm were 11.9 cm sec, 7.3 cm/sec and 5.1 cm/sec. and at the height of the bed 10 cm value (U_{mf}) obtained were 8.8 cm/sec, 8.8 cm/sec and 5.8 cm/sec. Based on theoretical, the U_{mf} for quartz sand was 12.0 cm/sec, iron sand 16.2 cm/sec and sand volcano Merapi 12.3 cm/sec. Thus, the value U_{mf} , an experiment that comes closest to the value U_{mf} theory only occurs for the use of quartz sand column diameter of 6cm and 8cm height of the bed.

Key word: *minimum velocity (U_{mf}), fixed bed, bubbling fluidization, slugging fluidization.*

I. Pendahuluan.

Fluidisasi adalah metoda pengkontak antara padatan dengan fluida, baik cair maupun gas dalam suatu kolom yang berisi sejumlah partikel padat dengan mengalirkan fluida dari bawah ke atas. Penggunaan fluidisasi secara ekstensif dimulai pada industri pengolahan minyak bumi, yaitu dengan dikembangkannya proses perekahan katalitik hamparan-fluidisasi (*fluid-bed catalytic cracking*). Fluidisasi digunakan juga di dalam proses katalitik lainnya, seperti sintesis akronitril dan untuk melaksanakan reaksi zat padat-gas.

Parameter yang sangat penting dalam mempelajari fluidisasi adalah kecepatan fluidisasi minimum (U_{mf}), karena dengan mengetahui U_{mf} maka kita bisa menentukan titik awal terjadinya

fluidisasi dan kita akan dapat menghitung berapa hilang tekan yang terdapat pada awal fluidisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenomena yang terjadi dan menghitung kecepatan fluidisasi minimum (U_{mf}) terhadap pasir kuarsa, pasir gunung merapi dan pasir besi (partikel grup B) Geldart pada diameter kolom tertentu dan tinggi tumpukan unggun yang bervariasi, serta membandingkan kecepatan fluidisasi minimum (U_{mf}) yang diperoleh dari percobaan dengan hasil perhitungan secara teori.

Klasifikasi Partikel menurut Geldart (1973) didefinisikan empat macam partikel atas dasar sifatnya terhadap fluidisasi yaitu partikel grup A, B, C, dan D. Contoh partikel yang termasuk dalam grup A antara lain *cracking catalyst*, partikel grup B, pasir kuarsa, partikel grup C contohnya semen

dan terigu, dan partikel besar, atau partikel grup D antara lain beras, biji jagung dan biji kopi, (Martin Rhodes, 2001).

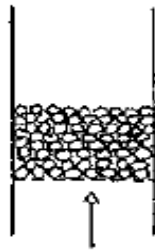
Fluidisasi adalah metoda pengkontakkan butiran-butiran padat dengan fluida, baik cair maupun gas dalam suatu kolom yang berisi sejumlah partikel padat dengan mengalirkan fluida dari bawah ke atas. Fenomena-fenomena

yang dapat terjadi pada proses fluidisasi antara lain fenomena *fixed bed*, *minimum or incipient fluidization*, *smooth or homogenously fluidization*, *bubbling fluidization*, *slugging fluidization*, *chanelling fluidization*, dan fenomena *disperse fluidization*. Kecepatan fluidisasi minimum dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{d_p^3 \rho_f (\rho_p - \rho_f) g}{\mu^2} = 150 \frac{(1 - \epsilon_{mf})^2 d_p \cdot \rho_f}{\mu \cdot \epsilon_{mf}^3} u_{mf} + 1,75 \frac{d_p \cdot \rho_f}{\mu \cdot \epsilon_{mf}^3} u_{mf}^2 \quad \dots(1)$$

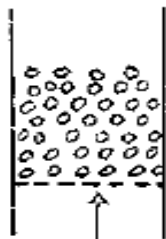
Fenomena-fenomena yang dapat terjadi pada proses fluidisasi antara lain:

1. Fenomena *fixed bed* yang terjadi ketika laju alir fluida kurang dari laju minimum yang dibutuhkan untuk proses awal fluidisasi. Pada kondisi ini partikel padatan tetap diam.



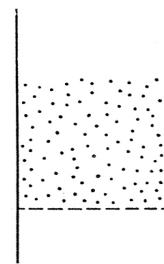
Gambar 1. Unggun diam

2. Fenomena *minimum or incipient fluidization* yang terjadi ketika laju alir fluida mencapai laju alir minimum yang dibutuhkan untuk proses fluidisasi. Pada kondisi ini partikel-partikel padat mulai terekspansi.



Gambar 2. Unggun terfluidakan

3. Fenomena *smooth or homogenously fluidization* terjadi ketika kecepatan dan distribusi aliran fluida merata, densitas dan distribusi partikel dalam ungun sama atau homogen sehingga ekspansi pada setiap partikel padatan seragam.



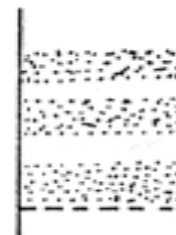
Gambar 3. Fenomena *smooth or homogenously fluidization*

4. Fenomena *bubbling fluidization* yang terjadi ketika gelembung – gelembung pada ungun terbentuk akibat densitas dan distribusi partikel tidak homogen.



Gambar 4. Fenomena *bubbling fluidization*

5. Fenomena *slugging fluidization* yang terjadi ketika gelembung-gelembung besar yang mencapai lebar dari diameter kolom terbentuk pada partikel-partikel padat. Pada kondisi ini terjadi penorakan sehingga partikel-partikel padat seperti terangkat.



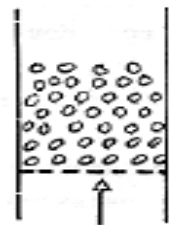
Gambar 5. Fenomena *slugging fluidization*

6. Fenomena *chanelling fluidization* yang terjadi ketika dalam unggun partikel padatan terbentuk saluran-saluran seperti tabung vertikal.



Gambar 6. Fenomena *chanelling fluidization*

7. Fenomena *disperse fluidization* yang terjadi saat kecepatan alir fluida melampaui kecepatan maksimum aliran fluida. Pada fenomena ini sebagian partikel akan terbawa aliran fluida.



Gambar 7. Fenomena *disperse fluidization*

Sifat dan fenomena fluidisasi tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor:

Laju alir fluida dan jenis fluida, diameter partikel dan bentuk partikel, jenis dan densitas partikel, porositas unggun, distribusi aliran, bentuk kolom, diameter kolom, dan tinggi unggun.

II. Metodologi.

2.1. Bahan Baku yang digunakan.

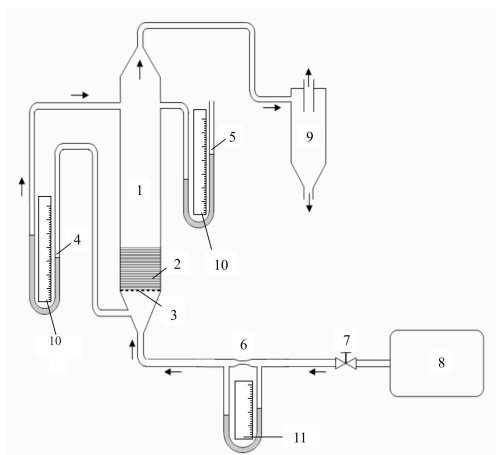
Bahan bahan yang digunakan adalah pasir kuarsa, pasir besi dan pasir gunung merapi yang digolongkan sebagai partikel group (B) dan udara sekeliling. Foto partikel yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 8.

1. 2.2. Alat yang digunakan.

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kolom fluidisasi padat-gas, kompresor, siklon. Rangkaian alat fluidisasi dan tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Sedangkan alat bantu terdiri dari timbangan, *stopwatch*, ayakan 30 mesh, 50 mesh, 80 mesh dan 100 mesh, termometer dan wet gas meter.



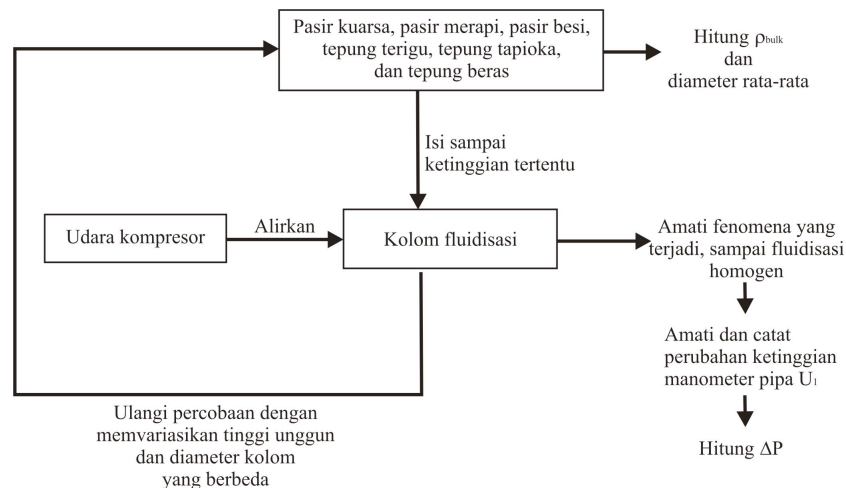
Gambar 8. Pasir kuarsa, pasir besi dan pasir gunung Merapi (Partikel grup B).



Gambar 9. Skema Rangkaian Alat fluidisasi.

Keterangan gambar :

1. Kolom fluidisasi padat-gas
2. Tumpukan pasir
3. Distributor/ penyangga
4. Manometer pipa U
5. Manometer pipa U 2
6. Venturimeter
7. Kran
8. Kompresor
9. Siklon
10. Skala manometer
11. Skala venturimeter



Gambar 10. Diagram Fluidisasi Padat-Gas.

III Hasil dan Pembahasan.

Fenomena yang terjadi manakala laju alir masih cukup rendah adalah butiran padat dalam kolom tetap diam karena fluida hanya mengalir melalui ruang antar partikel tanpa menyebabkan perubahan susunan partikel tersebut. Keadaan ini disebut unggun diam atau *fixed bed*. Pada saat kecepatan aliran fluida diperbesar sehingga mencapai kecepatan minimum, yaitu kecepatan saat gaya seret fluida terhadap partikel-partikel padatan lebih atau sama dengan gaya berat partikel-partikel padatan tersebut, partikel yang semula diam akan mulai terekspansi. Keadaan ini disebut *incipient fluidization* atau fluidisasi

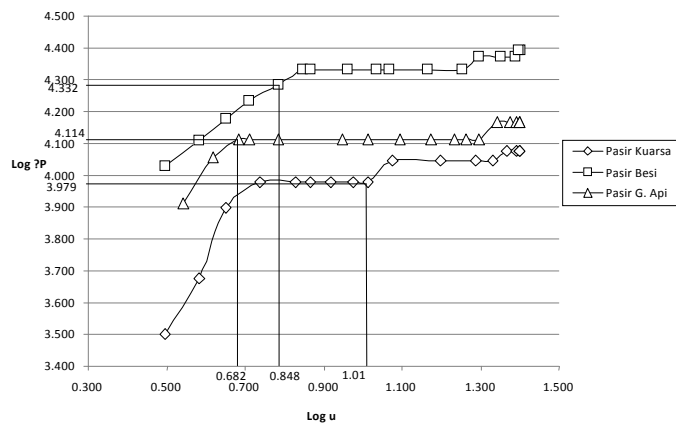
minimum. Pada saat laju alir kemudian dinaikkan lagi, maka akan sampai pada suatu keadaan di mana unggun padatan akan tersuspensi di dalam aliran fluida yang melaluinya. Pada keadaan ini masing-masing butiran akan terpisahkan satu sama lain sehingga dapat bergerak dengan lebih mudah. Pada kondisi butiran yang dapat bergerak ini, sifat unggun akan menyerupai suatu cairan dengan viskositas tinggi, keadaan yang demikian biasa disebut unggun terfluidakan atau *fluidized bed*. Sedangkan nilai kecepatan Fluidisasi Minimum (U_{mf}) teori dan percobaan untuk partikel grup B dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kecepatan Fluidisasi Minimum partikel grup B pada diameter kolom 6 cm.

Partikel grup B	U_{mf} teori, cm/detik	U_{mf} (cm/detik) pada tinggi unggun:		
		6 cm	8cm	10cm
Pasir Kuarsa	12,0	10,3	11,9	8,8
Pasir Besi	16,2	7,3	7,3	8,8
Pasir gn. Merapi	12,3	4,8	5,1	5,8

Gambar 11 menunjukkan bahwa U_{mf} untuk pasir kuarsa sebesar 10,3 cm/det ($\log u = 1,012$), dengan besarnya hilang tekan 9 kg/cm.det² ($\log \Delta p = 1,012$); pasir besi sebesar 7,0 cm/det ($\log u = 0,848$), dengan besar hilang tekan 21,6 kg/cm.det² ($\log \Delta p = 4,322$); dan pasir gunung merapi sebesar 4,8 cm/det ($\log u = 0,682$), dengan besar hilang tekan 13,00 kg/cm.det² ($\log \Delta p = 4,114$). Peristiwa *bubbling fluidization* mulai terjadi pada keadaan dimana kecepatan dinaikkan sampai 11,9 cm/det

untuk pasir kuarsa, 7,3 cm/det untuk pasir besi dan 5,1 cm/det untuk pasir gunung merapi. Peristiwa ini terjadi secara kontinu sampai akhirnya seluruh unggun terangkat bersamaan. Jika dibandingkan dengan nilai U_{mf} teori masing-masing, ternyata nilai U_{mf} percobaan yang hampir mendekati antara U_{mf} dari percobaan dan U_{mf} teori adalah pada penggunaan pasir kuarsa dengan tinggi unggun 8cm yaitu 11,9cm/detik sementara U_{mf} teorinya 12 cm/detik.



Gambar 11. Hubungan antara U dengan ΔP (pada skala log) berbagai partikel grup B pada diameter kolom 6 cm dan tinggi unggun 8 cm.

IV. Kesimpulan.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fenomena yang terjadi pada pasir kuarsa, pasir besi, dan pasir gunung Merapi hampir sama yaitu *fixed bed*, *bubbling fluidization* dan *slugging fluidization*. Akan tetapi, nilai U_{mf} percobaan yang mendekati nilai U_{mf} teori hanya didapati pada pasir kuarsa pada penggunaan kolom berdiameter 6 cm dan tinggi unggun 8 cm.

V. Ucapan Terimakasih.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Heru Santosa, dan Danu Prakoso, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

VI. Daftar Pustaka.

- Brown, G.G, 1973, "Unit Operation" John wiley & sons, inc, USA.
- Kunii, D., and Levenspiel, O., 1969, "Fluidization Engineering", John Wiley & Sons, Inc, USA.
- Perry, R.H and Chilton, C.H, 1997 "Chemical Engineer's Hand Book", Mcgraw hill book company, Kogakusha, Tokyo.
- Martin Rhodes. 2001. www.erpt.org/012Q/rhod-00.htm, Copyright.