

## PENGARUH METODA DISTRIBUSI DAN LAJU ALIR UDARA PADA PROSES PENCUCIAN KATALIS ZEOLIT SECARA FLUIDISASI

Tri Kurnia Dewi\*, Karina Mandasari, Laras Diah Pratiwi

\*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya Ogan Ilir 30662 Tel/Fax +62711580303  
Email : tkdewi@yahoo.com

### Abstrak

Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di alam, salah satu fungsi yang dimiliki zeolit adalah sebagai katalis pada proses hydrocracking. Sebelum digunakan sebagai katalis, zeolit harus diaktifasi agar permukaan pori-pori zeolit lebih besar dan bersih dari senyawa pengotor yang terperangkap di dalam pori-pori zeolit. Pada penelitian ini, zeolit diaktifasi dengan cara direfluks selama 6 jam dengan larutan  $H_2SO_4$  0,5 M. Zeolit yang telah diaktifasi (berupa H-zeolit) harus dinetralkan untuk menghilangkan asam yang masih tersisa. Proses penetralan zeolit yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode fluidisasi dengan variasi laju alir udara yaitu 1,0 lpm; 2,0 lpm; 3,0 lpm serta distributor udara yang digunakan adalah distributor tunggal; ganda; dan melingkar. Alat yang digunakan adalah kolom fluidisasi yang berdiameter 5,5 cm dan tinggi 200 cm. Air cucian H-zeolit yang keluar dari kolom fluidisasi diukur pH nya dalam interval 10 menit sampai dicapai pH 6,28 (netral). Waktu fluidisasi sempurna terpendek yang didapat pada penelitian ini adalah 15 menit yaitu pada laju alir udara 3 lpm dan penggunaan distributor tunggal. Hasil penetralan terbaik yang didapat dari penelitian ini adalah ketika laju alir udara 2 lpm dan penggunaan distributor udara tunggal dengan waktu penetralan selama 90 menit.

**Kata kunci :** Zeolit, laju alir udara, distributor udara, fluidisasi, kolom fluidisasi, pH, waktu.

### Abstract

*Zeolite is a mineral that is widely available in nature, one of the function is as a catalyst in hydrocracking process. Before being used as a catalyst, zeolite must be activated so that the surface of the zeolite pores larger and net of compound impurities trapped in the pores. In this reseach, zeolite was activated by refluxed for 6 hours with solution of  $H_2SO_4$  0,5 M. Zeolite which has been activated (H-zeolite) have to be neutralized to eliminate the acid remaining. Zeolite neutralization process carried out in this research is to fluidisation method with variations of air flow rate is 1.0 lpm; 2.0 lpm; 3.0 lpm and distributor of air that is used is the sole distributor; double; and circular. The fluidized column diameter of 5.5 cm and a height of 200 cm. H-zeolite washing water coming out of the column fluidisation its pH is measured in intervals of 10 minutes to pH 6.28 (neutral). Perfect fluidization shortest time obtained in this study was 15 minutes that the air flow rate of 3 lpm and the use of a single distributor. Best neutralization results obtained from this reseach is that when the air flow rate is 2 lpm and sole distributor with a neutralization for 90 minutes.*

**Key words:** Zeolite, air flowrate, air distributor, fluidisation, fluidized column, pH, time.

## 1. PENDAHULUAN

Zeolit alam aktif merupakan katalis yang digunakan pada berbagai proses, salah satunya proses hydrocracking. Pengaktifan katalis dapat dilakukan secara fisik dan kimiawi. Pengaktifan secara fisik zeolit dilakukan dengan pemanasan, yang berfungsi menghilangkan kadar air yang terdapat pada permukaan pori-pori zeolit sehingga pori-pori zeolit lebih besar. Pengaktifan secara kimiawi zeolit dilakukan dengan bahan kimia asam atau basa. Pengaktifan secara kimiawi bertujuan membersihkan pori-pori pada permukaan zeolit dari pengotor. Zeolit yang telah diaktivasi secara kimia harus dilakukan pencucian menggunakan air pencuci hingga kadar keasam zeolit menjadi netral, setelah itu dilakukan pengeringan.

Pada proses pencucian katalis zeolit yang telah diaktivasi secara kimiawi dengan bahan kimia  $H_2SO_4$  membutuhkan waktu yang cukup lama dengan alat sederhana. Proses pencucian dilakukan secara *fixed bed*. Zeolit yang telah diaktivasi dialirkan air demin hingga pH air pencuci netral dengan alat erlenmeyer, corong biasa, dan kertas saring yang berfungsi sebagai penyaring.

Pada penelitian ini, metode fluidisasi digunakan pada proses pencucian katalis zeolit yang telah diaktivasi secara kimiawi. Dengan metode fluidisasi, kontak antara fluida dan partikel padat terjadi dengan baik karena permukaan kontak yang luas. Metode ini diharapkan menjadi salah satu alternatif pada proses pencucian katalis zeolit aktif secara *continue* dengan waktu pencucian yang lebih pendek.

### Katalis

Katalis merupakan suatu zat atau substansi tertentu yang dapat mempercepat, mengarahkan atau bahkan mengendalikan suatu reaksi, tanpa dikonsumsi oleh reaksi padahal ikut bereaksi didalamnya. Katalis bersifat mempengaruhi reaksi, tanpa mengalami perubahan secara kimiawi pada akhir reaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan agar suatu reaksi dapat berlangsung.

Katalis memiliki tiga fungsi katalitik, yakni:

#### 1) Aktivitas

Berkaitan dengan kemampuan katalis untuk mempercepat suatu reaksi.

#### 2) Selektivitas atau spesifisitas

Berkaitan dengan kemampuan katalis yang dapat mengarahkan suatu reaksi.

#### 3) Stabilitas atau lifetime

Berkaitan dengan kemampuan katalis menahan hal-hal yang dapat mengarahkan terjadinya deaktivasi katalis.

Berdasarkan fasanya katalis digolongkan menjadi dua bagian yakni katalis homogen dan katalis heterogen

#### 1) Katalis homogen

Dikatakan katalis homogen karena fasanya yang sama dengan fasa reaktan serta fasa produk yang dihasilkan dari reaksi. Katalis jenis ini mudah untuk dioperasikan, dimodifikasi, katalis jenis ini pula memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi serta tidak mudah diracuni oleh pengotor yang terkandung dalam suatu reaksi. Namun sayangnya karena fasa yang dimilikinya sama, maka katalis ini sulit dipisahkan dari campuran reaksi, katalis jenis ini juga kurang stabil jika dioperasikan pada suhu tinggi. Umumnya katalis homogen ini paling sering ditemui dalam bentuk cairan, dimana reaktan dan katalis bercampur menjadi suatu larutan.

#### 2) Katalis heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang fasa reaksinya berbeda dengan fasa reaktan dan produk yang dihasilkan. Tidak seperti katalis homogen yang sulit dipisahkan dari reaksi campurannya, maka katalis heterogen ini mudah dipisahkan dari campuran reaksi. Serta mampu dioperasikan dalam suhu yang relatif tinggi. Katalis yang banyak ditemukan berupa padatan sementara reaktannya berupa cairan, oleh karena itu katalis heterogen biasanya dibentuk seperti pellet agar lebih mudah dioperasikan.

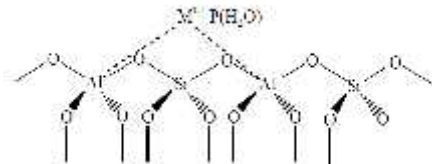
### Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di alam, kurang lebih terdapat 46 mineral zeolit alam. Zeolit alam mempunyai bentuk struktur kristal tetrahedral, mengandung kation yang dapat dipertukarkan secara "*ion exchange*". Secara umum formula zeolit dituliskan:  $Mx/n\{AlxSiyo_2(x+y)\}H_2O$ , dimana M merupakan kation-kation yang dipertukarkan, n adalah valensi logam, x dan y merupakan bilangan tertentu (1-6), dan {} adalah kerangka alumino silika (Hamdan, 1992).

Zeolit termasuk mineral yang istimewa karena struktur kristalnya (susunan atom maupun komposisinya) yang mudah diatur, sehingga dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan pemakai dan dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Karena sifatnya yang istimewa tersebut zeolit dapat digunakan dalam berbagai keperluan dan kegiatan yang luas, misalnya sebagai adsorben, penukar ion dan katalisator.

Umumnya zeolit mempunyai suhu dan tekanan yang rendah, mempunyai warna-warna

kekasannya sedang dan gaya gravitasinya rendah, karena zeolit mempunyai rangka struktur terbuka dan biasanya mudah berubah tergantung susunan atomnya. Struktur kerangka zeolit dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Struktur Kerangka Zeolit.  
Sumber: Oudejans, 1984

Secara umum zeolit sangat berpori karena tersusun atas kristal alumina silikat terhidrasi yang banyak mengandung kation alkali atau alkali tanah yang berbentuk kerangka tiga dimensi dan pori-pori yang dimiliki zeolit berukuran molekul.

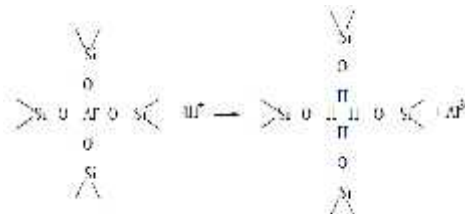
Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum (Rachmawati dan Sutarti, 1994). Aplikasi zeolit lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah sebagai katalis heterogen. Katalis zeolit berbeda dengan jenis padatan lainnya karena situs aktif katalitik terdistribusi secara seragam pada sebagian besar padatannya dan pada strukturnya terdapat ruang-ruang kosong dan kanal-kanal yang mudah dicapai oleh molekul-molekul reaktan tertentu (Hamdan, 1992).

Untuk memaksimalkan fungsi zeolit pada suatu proses terutama sebagai katalis maka digunakan zeolit dengan kualitas yang baik. Agar mendapatkan zeolit yang berkualitas baik maka perlu dilakukan proses pengolahan dan aktivasi terlebih dahulu, baik dengan cara pemanasan, penambahan asam atau basa, maupun melapisi zeolit tersebut menggunakan senyawa kimia lain.

Aktivasi zeolit secara fisik dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-500°C, baik secara langsung (dengan udara panas) maupun secara tak langsung (dengan vakum), yang bertujuan untuk menguapkan air dan pengotor-pengotor organik yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga ukuran pori dan luas permukaan spesifik zeolit bertambah (Suyartono, 1991).

Aktivasi zeolit juga dapat dilakukan secara kimiawi, yakni dengan penambahan pereaksi kimia asam atau basa dalam kurun waktu tertentu. Tujuannya sama, yakni untuk memperluas permukaan pori-pori zeolit serta membuang senyawa pengotor yang terperangkap di dalam pori-pori zeolit. Aktivasi

zeolit dengan cara kimiawi ini juga dapat mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Aktivasi zeolit yang dilakukan dengan penambahan asam mineral dapat melarutkan logam alkali seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Mg}^+$  yang menutupi rongga pori zeolit. Pengaktifan dengan  $\text{H}^+$  yang dilakukan dalam ruang interlaminer akan membuat zeolit lebih porous dan permukaannya akan lebih aktif. Berikut gambar yang menunjukkan reaksi yang terjadi apabila zeolit diaktivasi menggunakan mineral asam.



**Gambar 2.** Aktivasi zeolit menggunakan asam mineral

### Fluidisasi dan Kolom Fluidisasi (*Fluidized Bed*)

Fluidisasi didefinisikan sebagai suatu proses operasi dimana unggun partikel padatan tersuspensi di dalam media gas dan cairan, dimana gaya dorong (*net drag force*) aliran gas dan/atau aliran cairan berlawanan dengan gaya gravitasi dan searah dengan gaya mengapung partikel. Teknik ini banyak digunakan di industri kimia baik untuk operasi secara fisik maupun kimia. Operasi fisik yang sering menggunakan teknik fluidisasi adalah transportasi padatan. Sementara operasi kimia yakni rekasi gas dengan katalis padat dan reaksi padat dengan gas. Sebagai contoh yaitu, pembuatan gas sintesis dari batubara dengan teknologi gasifikasi unggu terfluidisasi.

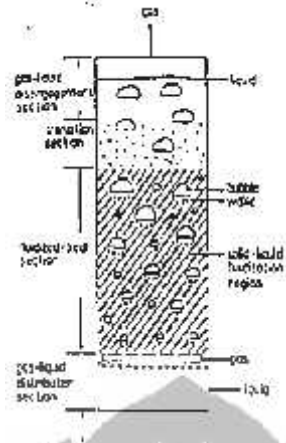
Pada pengoperasiannya fluida gas dan cairan yang dialirkan dari bagian bawah kolom dengan kecepatan yang bervariasi akan menyebabkan unggun partikel padatan akan bergerak dan berperilaku seperti fluida. Gerakan partikel-partikel padatan tersebut terbagi menjadi tiga daerah operasi dasar, yaitu: *fixed bed regime* (daerah unggun tetap), *expanded bed regime* (daerah unggun mengembang), dan *transport regime* (daerah perpindahan).

### Skema kolom fluidisasi

Fluidized bed merupakan suatu bejana yang berisi partikel padat yang dialiri fluida dari bagian bawah bejana. Menurut Zenz dan Othmer (1960) secara prinsip ada empat aspek keunggulan yang dimiliki oleh fluidized bed jika dibandingkan dengan teknologi kontak lainnya, yaitu:

- 1) Pada aspek kemampuan untuk mengontrol temperatur
- 2) Kemampuan beroperasi secara kontinu
- 3) Keunggulan dalam persoalan perpindahan kalor
- 4) Keunggulan dalam proses katalisis

Karena keunggulan tersebut, fluidisasi banyak dikembangkan untuk proses di industri, misalnya untuk proses *catalytic cracking*, pembakaran batubara, gasifikasi batubara, insinerasi limbah padat, pelapisan permukaan logam, pengering dan lain sebagainya.



**Gambar 3.** Skema sistem aliran unggun terfluidisasi tiga fasa dengan aliran searah

Sumber : Muroyama K dan LS Fan, 1985

Semua sifat hidrodinamika dari unggun fluidisasi tiga fasa ditandai dengan interaksi yang kompleks antar masing-masing fasa. Yang paling dominan adalah interaksi yang terjadi antara gelembung gas yang terbentuk dengan media cair-padat. Terdapat tiga daerah di atas distributor gas-cair yang diidentifikasi berdasarkan fenomena fisik yang terjadi, yaitu:

- 1) *Distributor region*
- 2) *Bulk fluidized bed region*
- 3) *Freeboard region*

*Distributor region* merupakan daerah tepat di atas distributor gas-cair yang merupakan tempat pemancaran gas. Daerah ini termasuk daerah pembentukan gelembung mula-mula. Perilaku hidrodinamika pada daerah ini tergantung pada desain distributor gas-cair dan sifat fisik dari media gas-cair tersebut.

*Bulk fluidized bed region* merupakan daerah yang penting dalam fluidisasi, dimana perilaku hidrodinamika pada daerah ini berbeda-beda dalam rentang kondisi operasi yang lebar.

*Freeboard region* memuat partikel *entrainment* dari *bulk fluidized bed region*. *Entrainment* menyebabkan profil *hold up* padatan di atas permukaan unggun fluidisasi

menurun secara aksial. Untuk unggun partikel halus, batas pemisah antara *freeboard* dengan *Bulk fluidized bed region* biasanya tidak jelas.

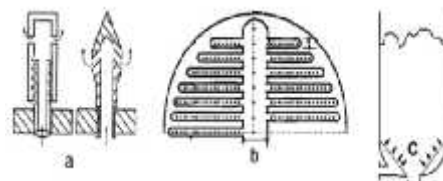
Faktor-faktor pendukung fluidisasi

Untuk mencapai fluidisasi yang baik sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor:

- 1) Laju alir fluida dan jenis fluida
- 2) Ukuran partikel dan bentuk partikel
- 3) Jenis dan densitas partikel serta faktor interlok antar partikel
- 4) Porositas unggun
- 5) Distribusi aliran,
- 6) Distribusi bentuk ukuran fluida
- 7) Diameter kolom
- 8) Tinggi unggun

### Jenis-jenis Distributor udara

Pengaturan gas masuk pada *fluidized bed* dilakukan oleh distributor udara atau *grid* dan *plenum*. Ada beberapa bentuk dan tipe gas distributor yang digunakan dalam *fluidized bed*. Secara umum bentuk dan tipe tersebut dapat dikategorikan menurut arah aliran masuk udara ke dalam kategori arah aliran ke atas, lateral dan ke bawah. Bentuk *grid* yang paling sering digunakan adalah tipe *perforated plates*. Tipe ini merupakan tipe arah aliran fluida dari bawah (*upward*) yang memiliki keuntungan murah dan mudah dalam pembuatan tetapi memiliki kelemahan terjadinya aliran balik partikel ke plenum yang berada di bawahnya. Untuk menutupi kelemahan tipe *perforated plates* maka digunakan tipe *bubble cups* dan *nozzles* yang arah alirannya lateral. Tipe ini memiliki kelemahan pada harga yang mahal dan kendala pada saat pembersihan dan modifikasi. Di samping dua tipe tersebut, di beberapa *fluidized bed* menggunakan tipe *sparger* dan *conical*, tetapi penggunaan dua tipe ini jarang ditemukan.



**Gambar 4.** Beberapa tipe distributor (a) *Bubble caps* (b) *Sparger* (c) *Conical*

Pemilihan distributor tidak hanya berdasarkan keunggulan dan kekurangan pada aspek kemudahan operasi dan harga semata, tetapi distributor udara (atau biasa disebut *grid*) yang digunakan juga harus dapat menjamin terjadinya fluidisasi yang merata dan stabil pada *fluidized bed*. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wormsbecker dan Pugsley (2007)

menunjukkan hasil bahwa perbedaan bentuk dan susunan lubang gas distributor akan berpengaruh terhadap performansi *fluidized bed dryer* dimana penggunaan tipe distributor yang berbeda akan berpengaruh terhadap waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Winaya, Sugita dan Tenaya (2004) dimana diameter lubang dan tebal distributor tipe *perforate plate* pada gelembung *fluidized bed* yang digunakan untuk pengering kopi berpengaruh terhadap performansi pengeringan.

Studi yang dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa parameter geometri, diameter, jumlah lubang, jarak antar lubang serta susunan atau konfigurasi lubang pada gas distributor akan berpengaruh terhadap karakteristik gelembung yang dihasilkan. Bentuk distributor akan berpengaruh terhadap *pressure drop ratio* antara distributor dan bed ( $P_d/P_b$ ) dan *bed expansion ratio* pada bed, hal tersebut akan berpengaruh terhadap ukuran gelembung (Saxena, 1979). Bentuk distributor juga akan mempengaruhi kecepatan awal yang dibutuhkan agar partikel *bed* dapat bergerak (Otero dan Munoz, 1974). Sementara jumlah lubang pada distributor udara akan berpengaruh terhadap ukuran gelembung dan distribusi gelembung (Levenspiel, 1969 dan Bormann dan Regland, 1998).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Februari 2015 – Agustus 2015, di Laboratorium Unit Proses Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan hasil penelitian dianalisa di Laboratorium Dasar Bersama Kimia Organik Universitas Sriwijaya.

### Bahan yang digunakan

Bahan untuk Persiapan Bahan Baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zeolit alam ukuran 100 mesh dan Larutan  $H_2SO_4$  0,5 M. Bahan untuk proses pencucian adalah H-zeolit dan Akuades.

### Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat fluidisasi, seperangkat alat refluks, pH meter, stopwatch, mortar, ayakan 100 mesh, alat gelas standar, spatula, pipet tetes, dan kertas saring.

### Variabel Penelitian

#### Variabel Tetap

Variabel tetap adalah jenis fluida (air dan udara), jenis massa yang terfluidisasi (zeolit), ukuran zeolit (-100 mesh), laju alir air 1,5 Lpm,

diameter kolom 5,5 cm, dan tinggi kolom 200 cm.

#### Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah laju alir udara yakni 1 Lpm, 2 Lpm, dan 3 Lpm) dan jenis distributor udara yakni distributor tunggal, distributor ganda, dan distributor melingkar

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan H-Zeolit

Zeolit alam dihaluskan dengan menggunakan mortar kemudian diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Zeolit ukuran -100 mesh diaktivasi dengan cara direfluks dalam larutan asam ( $H_2SO_4$  0,5 M) selama 6 jam. Zeolit dipisahkan dari  $H_2SO_4$  dengan penyaringan kemudian dikeringkan dengan cara dikjemur selama 1 (satu) hari. Zeolit yang telah dikeringkan adalah H-Zeolit yang bersifat asam sehingga harus dinetralkan.

#### Penetralan H-Zeolit

Kolom fluidisasi disiapkan kemudian sejumlah tertentu H-Zeolit dimasukkan ke dalam kolom. Pompa udara dihidupkan, disusul pompa air. Pada satu tipe distributor, laju alir udara divariasikan. Sebaliknya, ketika laju alir udara tetap, maka tipe distributor yang divariasikan. Variasi laju alir udara yang digunakan adalah 1,0; 2,0; dan 3,0 liter per menit. Variasi distributor udara yang digunakan adalah distributor tunggal (tinggi 8 cm, diameter 0,25 inchi, 48 lubang), ganda (tinggi 6 cm, diameter 0,25 inchi, 24 lubang), dan melingkar (panjang 25 cm, diameter 0,25 inchi, 32 lubang).

#### Prosedur Analisa

pH air keluaran dari kolom fluidisasi diukur menggunakan pH meter. Pengukuran pH dilakukan interval waktu 10 menit sampai dicapai pH air cucian 6,28 (netral).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

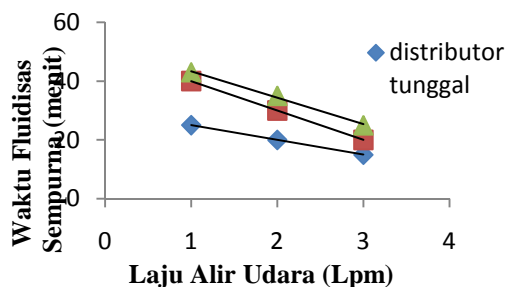
Variabel tetap pada penelitian ini didapatkan dari hasil trial and error sebelum dilakukan penelitian dengan variabel yang dipelajari. Laju alir air yang digunakan adalah 1,5 Lpm, yang merupakan kecepatan minimum fluidisasi pada alat penelitian ini. Tinggi unggun zeolit adalah 10 cm, karena jika tinggi unggun melebihi 10 cm maka terdapat banyak zeolit yang hilang selama proses pencucian. Tinggi kolom fluidisasi pertama yang digunakan untuk pada penelitian ini adalah 50 cm. Namun tinggi kolom tersebut terlalu rendah sehingga fluidisasi tidak terjadi. Percobaan tinggi kolom fluidisasi yang kedua adalah 100 cm. Namun tinggi ini juga masih terlalu rendah sehingga fluidisasi tidak terjadi. Tinggi kolom fluidisasi terakhir



yang digunakan adalah 200 cm. Pada ketinggian ini, terjadi fluidisasi sehingga tinggi ini digunakan untuk penelitian penetralkan katalis zeolit.

#### Waktu Terjadinya Fluidisasi Sempurna

Pada gambar 5. dapat dilihat bahwa fluidisasi sempurna terjadi ketika waktu operasi melewati 15 menit. Pada awal kontak antara udara, air dan zeolit, hanya bagian atas unggun zeolit yang bergerak, kemudian disusul bagian tengah dan terakhir bagian bawah unggun juga bergerak. Pada fluidisasi sempurna tidak ada lagi padatan zeolit yang tidak bergerak di bagian bawah kolom.



**Gambar 5.** Waktu Fluidisasi Sempurna pada Penetralkan Zeolit (Variabel tetap = laju alir air 1,5 Lpm, tinggi unggun zeolit 10 cm, diameter kolom 5,5 cm, tinggi kolom 200 cm)

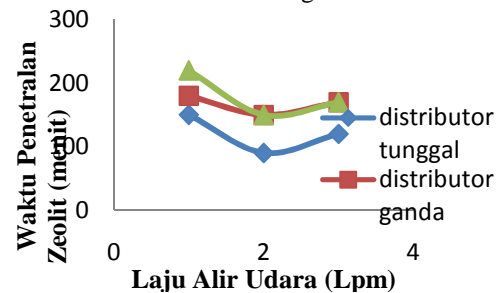
Dari gambar 5. terlihat bahwa laju alir udara dan jenis distributor udara berpengaruh terhadap waktu tercapainya fluidisasi sempurna. Dapat dilihat bahwa semakin besar laju alir udara yang digunakan maka waktu fluidisasi sempurna yang dibutuhkan semakin pendek. Hal ini terjadi karena ketika kecepatan udara yang masuk ke dalam kolom diperbesar maka gaya dorong akan meningkat, sehingga mampu mengimbangi berat partikel-partikel zeolit di dalam kolom, dan akhirnya partikel-partikel zeolit mulai bergerak dan melayang di dalam fluida.

Dari gambar 5. juga terlihat bahwa tiap jenis distributor membutuhkan waktu yang berbeda untuk mencapai fluidisasi sempurna. Pada penggunaan distributor tunggal, aliran udara dan air berpusat di tengah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fluidisasi sempurna lebih pendek. Pada penggunaan distributor ganda, aliran air berpusat ditengah tetapi aliran udara terbagi menjadi dua bagian sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fluidisasi sempurna lebih panjang. Pada penggunaan distributor melingkar, aliran air berpusat ditengah sementara aliran udara pada lubang bagian atas distributor lebih besar dibandingkan dengan

lubang bagian bawah distributor sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fluidisasi sempurna lebih panjang.

#### Pengaruh Laju Alir terhadap Waktu Penetralkan Zeolit

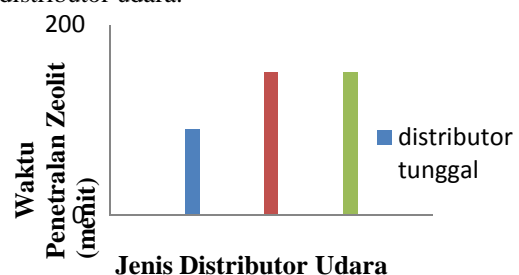
Zeolit aktif yang dinetralkan memiliki pH awal 3,40. Hasil penetralkan zeolit aktif memiliki pH akhir sebesar 6,28. Dari gambar 6. terlihat bahwa waktu penetralkan zeolit pada laju alir udara 2 Lpm lebih pendek dibandingkan dengan laju alir udara 1 Lpm. Hal ini disebabkan, semakin besar laju alir udara maka gaya dorong udara untuk membantu kontak antara zeolit dengan air semakin baik. Ketika laju alir udara lebih besar dari 2 Lpm maka waktu penetralkan zeolit lebih panjang. Hal ini disebabkan, semakin besar laju alir udara maka semakin besar volume udara di dalam kolom sehingga menambah kontak zeolit dengan udara.



**Gambar 6.** Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Waktu Penetralkan Zeolit (Variabel tetap = laju alir air 1,5 Lpm, tinggi unggun 10 cm, jenis distributor tunggal, diameter kolom 5,5 cm, dan tinggi kolom 200 cm)

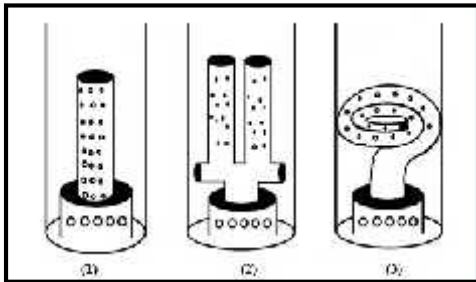
#### Pengaruh Jenis Distributor Udara terhadap Waktu Penetralkan Zeolit

Pada gambar 7. di bawah ini dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk penetralkan zeolit berbeda pada penggunaan tiap jenis distributor udara.



**Gambar 7.** Pengaruh Jenis Distributor Udara terhadap Waktu Penetralkan Zeolit (Variabel tetap = laju alir air 1,5 Lpm, laju alir udara 2 Lpm, tinggi unggun 10cm, diameter kolom 5,5 cm, dan tinggi kolom 200 cm)

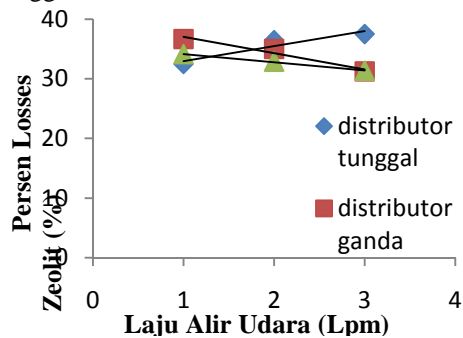
Jenis-jenis distributor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 8. Pada penggunaan distributor 1 (tunggal) waktu yang dibutuhkan untuk menetralkan zeolit lebih pendek dibandingkan distributor 2 (ganda) dan distributor 3 (melingkar). Pada penggunaan distributor 2 (ganda) dan 3 (melingkar) jumlah gelembung yang terbentuk lebih banyak dan tersebar sepanjang kolom sehingga menambah kontak partikel zeolit dengan udara.



**Gambar 8.** Jenis-jenis distributor yang digunakan (1) distributor tunggal, (2) distributor ganda, dan (3) distributor melingkar

**Hal yang Teamati dan Perlu Diperhatikan Selama Operasi Fluidisasi**

Dari gambar 9, terlihat bahwa persen losses zeolit pada penggunaan distributor ganda dan melingkar berbeda dengan distributor tunggal.



**Gambar 9.** Persen Losses Zeolit Aktif selama proses Penetralan (Variabel tetap = laju alir air 1,5 Lpm, tinggi unggun 10 cm, diameter kolom 5,5cm dan tinggi kolom 200 cm)

Pada penggunaan distributor ganda dan melingkar terlihat bahwa semakin besar laju alir udara, maka semakin kecil persen losses zeolit. Hal tersebut disebabkan semakin besar laju alir udara maka volume udara di dalam kolom semakin besar, sehingga partikel-partikel zeolit yang terbawa dengan aliran air semakin sedikit. Pada penggunaan distributor tunggal, semakin besar laju alir udara maka akan terbentuk rongga udara di dalam kolom yang membuat

aliran *output* air tidak teratur, sehingga semakin banyak partikel zeolit yang terbawa oleh aliran air.

**4. KESIMPULAN**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

- 1) Waktu yang dibutuhkan agar terjadi fluidisasi sempurna berbanding lurus dengan laju alir udara pada jenis distributor yang digunakan.
- 2) Waktu penetralan zeolit dengan laju alir udara 2 Lpm lebih pendek dibandingkan dengan laju alir udara 1 Lpm dan 3 Lpm.
- 3) Pada distributor 1 (tunggal) waktu yang dibutuhkan untuk menetralkan zeolit lebih pendek dibandingkan dengan distributor 2 (ganda) dan distributor 3 (melingkar).
- 4) Waktu fluidisasi sempurna terbaik pada penelitian ini adalah pada penggunaan distributor tunggal dengan laju alir udara 3 Lpm, dan waktu penetralan terbaik adalah pada penggunaan distributor tunggal dengan laju alir udara 2 Lpm.

**DAFTAR PUSTAKA**

Borman, G.L. dan Ragland, K.W. 1998. *Combustion Engineering*. Singapura: McGraw-Hill.

Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. Penang : Universitas Teknologi Malaysia.

Kunii D. dan Levenspiel.O. 1969. *Fluidization Engineering*. John Wiler and Sons, Inc.. New York.

Maroya, K and Liang-Shih Fan. *Fundamental of Gas-Liquid-Solid Fluidization*. AIChE Journal, Vol 31, No. 1, hal 1-15,1985.

Otero, A.R. dan Munoz, R.C.. 1974. *Fluidized Bed Combustion*. Marcel Dekker. New York : Inc..

Oudejans, J. C. 1984. *Zeolite Catalyst in Some Organic Reaction*. Holland: The Netherland Foundations for Chemical Research.

Rachmawati, M. & Sutarti, M. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI.

Saxena, S.C., Chatterjee, A dan Patel, R.C.. 1979. *Effect of Distributors on Gas-Solid Fluidization*. *Powder Technology*, 22 : 191-198.

Suyartono & Husaini. 1991. *Tinjauan Terhadap Kegiatan Lit-Bang Pemanfaatan Zeolit Indonesia Yang Dilakukan Oleh PPTM periode 1980 – 1990*. *Buletin PPTM*. Vol. 13(4): 1 – 13.

- Tama, Andhika A. 2011. *Analisa Variasi Penggunaan Suplai Udara pada Fluidized Bed Combustor Universitas Indonesia*. Skripsi. Depok: Fkultas Teknik Universitas Indonesia.
- Utama, Tania S. 1997. *Penentuan Koefisien Perpindahan Massa pada Kolom Fluidisasi Fasa Jamak Gas-Cair-Padat Berpartikel Halus*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Winaya, I.N.S., Sugita, I.G.K., Tenaya, I.G.N.P.. 2004. *Uji Pelat Distributor pada Alat Pengering Kopi dengan Sistem Bubbling Fluidized Bed Poros*. Vol.7. No.4. pp. 217-224.
- Zenz, F.A. & Othmer, F.D.. 1996. *Fluidization and Fluid Particle System*. New York : Reinhold Publishing Cooperatio