

# PENGERINGAN JAGUNG DENGAN METODE MIXED-ADSORPTION DRYING MENGGUNAKAN ZEOLITE PADA UNGGUN TERFLUIDISASI

**Anggi Agusniar (L2C007007) dan Diah Setiyani (L2C007030)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Dr. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng

## Abstrak

*Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Jagung sangat berguna sebagai sumber makanan dan obat sehingga penanganan paska panen jagung sangat penting karena akan menentukan kualitas jagung untuk penggunaan selanjutnya. Proses pengeringan dengan cara adsorpsi menjadi suatu pilihan untuk menggantikan sistem pengering jagung konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu udara masuk, jenis zeolite, dan rasio berat jagung dan zeolite terhadap kecepatan pengeringan dan menghitung harga konstanta laju pengeringan. Pada penelitian kami, zeolite sebagai adsorben dicampur dengan jagung dengan rasio perbandingan tertentu dalam suatu unggun, kemudian difluidisasi dengan udara dengan suhu 30°C-50°C. Udara akan menguapkan air dari jagung, dan pada saat yang sama, zeolite akan menyerap air dari udara ini, sehingga kelembaban udara akan terjaga rendah. Dengan demikian kebutuhan panas untuk proses dapat diturunkan dan waktu pengeringan menjadi lebih cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pengeringan paling cepat ditandai oleh penurunan kadar air yang paling besar, yang terjadi pada suhu 50°C, dengan menggunakan zeolite sintesis, dan dengan rasio berat jagung dan zeolite adalah 25% : 75%. Harga konstanta laju pengeringan pada variabel ini adalah 0,0303. Hasil menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu udara pengering maka penurunan kadar air semakin besar sehingga laju pengeringan semakin cepat.*

**Kata kunci:** adsorpsi; jagung; pengeringan; zeolite.

## Abstract

*Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important world food crops, other than wheat and rice. Corn very useful as food source and medicine so that handling of after harvest corn become important because it will determine corn quality for the next usage. Drying process by adsorption is an option to replace conventional corn drying systems. The aims of this research are to study the influence of air temperature, type of zeolite, and weight ratio corn to zeolite to drying rate and calculate the constant rate. In our study, the zeolite as adsorbent was mixed with corn with weight ratio variable in a campfire, then fluidized with air at 30°C-50°C. The air will evaporate water from the corn and at the same time, the zeolite will absorb water from the air so humidity will be maintained low. Thus, consume of heat can be lowered and drying time become faster. The results of this research show the greatest drying rate is sign by the greatest decrease of moisture content at 50°C, using synthetic zeolite, and weight ratio corn to zeolite is 25% : 75%. The constant drying rate for this variable is 0,0303. Result indicates that the growing of air temperature hence degradation of ever greater water rate so that drying rate become faster.*

**Key words:** adsorption; corn; drying; zeolite.

## 1. Pendahuluan

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya) (Anonim, 2009). Peranan jagung sangat penting sebagai sumber makanan dan obat sehingga penanganan paska panen jagung menjadi sangat penting karena akan menentukan kualitas jagung untuk penggunaan selanjutnya. Penelitian dengan topik pengeringan

jagung menggunakan model pengeringan adsorpsi ini menjadi sangat urgen diterapkan untuk meningkatkan mutu jagung, terutama agar kandungan karbohidrat dan protein tidak rusak selama proses pengeringan. Selain itu, energi proses pengeringan yang masih tinggi juga perlu untuk diminimalkan, sehingga proses pengeringan menjadi efisien.

Ada beberapa jenis pengering makanan dan biji-bijian, antara lain adalah pengeringan dengan matahari, pengeringan dengan pemanasan konveksi (oven dan fluidisasi), pengeringan vakum dan pengering berhawa dingin (freeze drying). Pengering dengan matahari sangat sederhana dan tidak memerlukan bahan bakar fosil untuk membangkitkan panas, tetapi sistem ini perlu tempat yang luas, waktu pemanasan yang lama (2-7 hari tergantung dari produk yang dikeringkan), ongkos buruh tinggi, kualitas produk hasil pengeringan tidak seragam, dan sangat tergantung pada cuaca. Terlebih lagi, produk menjadi tidak higienis karena ditempatkan pada ruang terbuka, sehingga kadang-kadang produk pengeringan dengan sinar matahari tidak dapat laku di pasaran (Mastekbayeva *et al*, 1998).

Pengering dengan pemanasan konveksi (oven, fluidisasi) dimana udara panas dihasilkan melalui proses pemanasan baik dengan *steam*, listrik, atau gas hasil pembakaran, lebih handal dari pengering matahari. Pada sistem ini waktu operasi lebih singkat, kontaminasi produk rendah, kadar air dalam produk dapat dikontrol, tidak ada ketergantungan terhadap musim, serta biaya buruh dapat ditekan (Kiranoudis *et al*, 1996). Namun, kualitas produk mengalami penurunan akibat introduksi panas, dan efisiensi pengeringan rendah atau boros energi. Bahkan pada pengeringan jagung dengan suhu  $>60^{\circ}\text{C}$ , terjadi kerusakan pada tekstur, dan kandungan proteinnya.

Pengering vakum dan pengering berhawa dingin menghasilkan produk dengan kualitas nutrisi tinggi, serta meminimalkan terbuangnya aroma, bahan aktif dan volatil (mudah menguap), serta menekan rusaknya nutrisi (denaturasi protein), browning (pencoklatan bahan), dan reaksi enzim (Boss *et al*, 2004). Tetapi alat pengering ini sangat boros investasi dan energi untuk pengkondisian ruang vakum dan dingin, serta waktu pengeringan yang masih lama.

Proses pengeringan dengan cara adsorpsi menjadi suatu pilihan untuk menggantikan sistem pengering jagung konvensional. Dehumidifikasi (penurunan kadar uap air) udara sebagai media pengering menggunakan adsorben (silika, alumina, pasir, tanah, LiCl, alkali atau zeolite) berpotensi untuk meningkatkan kualitas produk, dan energi efisiensi proses pengeringan (Djaeni *et al* 2007; Bussman, 2007; Revila *et al*, 2006). Oleh karena itu, penelitian tentang pengeringan jagung dengan metode adsorpsi menggunakan zeolite perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu udara masuk, jenis zeolite, dan rasio berat jagung dan zeolite terhadap kecepatan pengeringan; dan menghitung harga konstanta laju pengeringan.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian



**Gambar 1.** Alat Pengering Unggun Terfluidakan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jagung dan zeolite. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variabel tetap: berat total 60 gram, laju alir 5 m/s, dan waktu pengambilan sampel 15 menit. Variabel berubah yang digunakan adalah suhu udara masuk ( $30^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ , dan  $50^{\circ}\text{C}$ ); jenis zeolite (zeolite alam dan zeolite sintesis); dan rasio berat jagung dan zeolite (100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, dan 25%:75%).

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kolom fluidisasi, indikator suhu, kompresor, heater, dan thermometer. Alat-alat tersebut dirangkai seperti pada Gambar 1. Alat lain yang diperlukan adalah timbangan digital, pengukur humidity udara, dan pengukur flowrate.

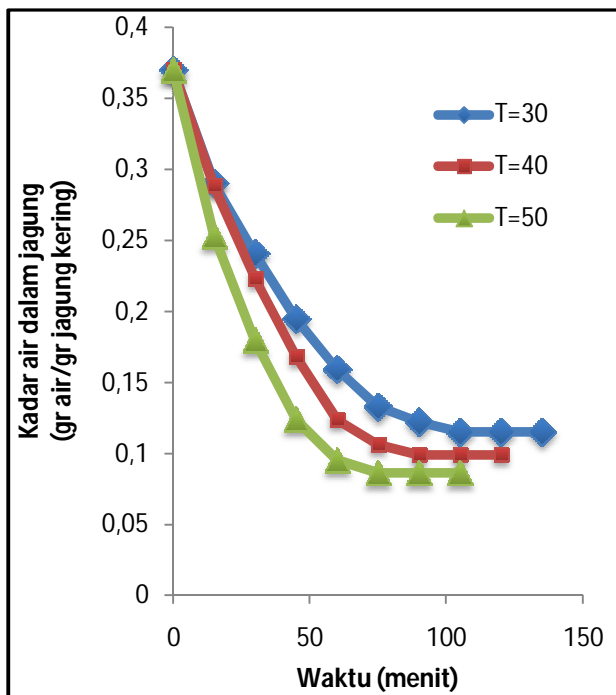
Sebelum melakukan pengeringan, perlu dilakukan aktivasi zeolite terlebih dahulu. Aktivasi zeolite dilakukan secara fisik. Zeolite dipanaskan di dalam furnace dengan suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Setelah zeolite sudah diaktivasi, kemudian zeolite digunakan pada pengeringan jagung. Awalnya jagung dan zeolite ditimbang dan dicampur dengan

rasio perbandingan tertentu, lalu dimasukkan dalam unggun fludisasi. Sebagai media, udara luar dipanaskan pada suhu tertentu sesuai kondisi operasi masuk dan dialirkan pada unggun sampai campuran bahan yang ada terfluidakan. Response yang berupa suhu, berat zeolite dan berat jagung, diukur setiap 15 menit sampai didapatkan berat jagung kering konstan. Dari data berat jagung dan zeolite, selama waktu operasi dapat ditentukan kecepatan proses pengeringan pada berbagai kondisi.

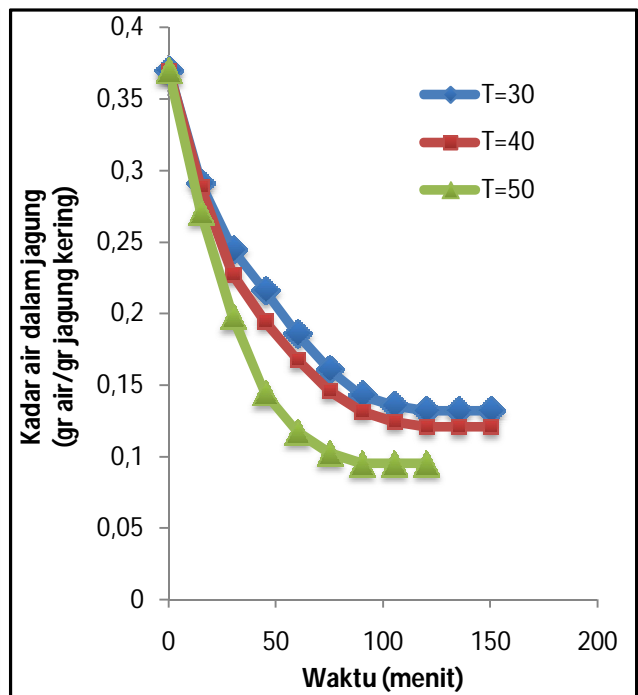
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Pengaruh Temperatur terhadap Pengeringan Jagung

Proses pengeringan jagung dapat dilakukan baik tanpa pemanas, maupun menggunakan pemanas. Dalam penelitian ini digunakan udara sebagai media pemanas dengan suhu 40°C dan 50°C. Dari data penelitian diperoleh bahwa semua variabel menunjukkan penurunan berat jagung. Penurunan berat jagung menunjukkan bahwa kadar air di dalam jagung mengalami penurunan. Penurunan kadar air di dalam jagung karena pengaruh suhu udara masuk dapat dilihat pada grafik 1 dan 2.



**Grafik 1.** Penurunan Kadar Air dalam Jagung pada Variabel Rasio 25% wjagung dan Zeolite Sintetis

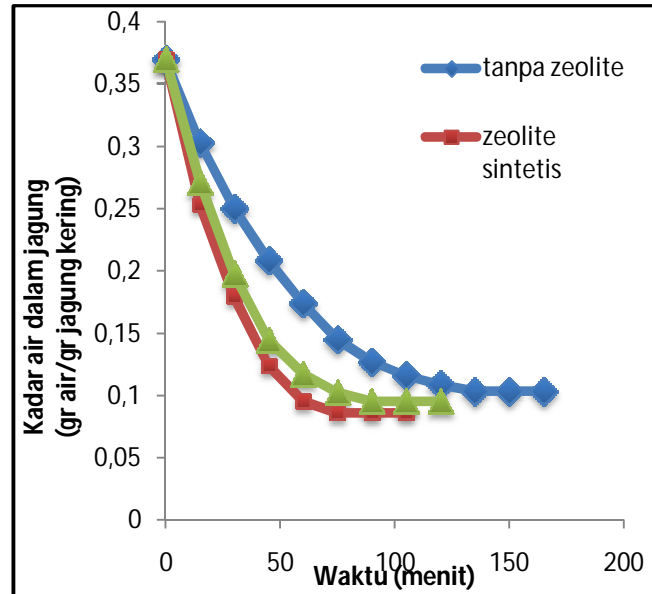


**Grafik 2.** Penurunan Kadar Air dalam Jagung pada Variabel Rasio 25% wjagung dan Zeolite Alam

Dari grafik 1 dan 2 dapat dilihat bahwa penurunan kadar air dari jagung yang paling besar terjadi pada variabel suhu 50°C. Pada proses pengeringan ada 2 fenomena penting, yaitu perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan dan perpindahan massa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering (Treyball, 1983). Semakin tinggi suhu udara pengering maka relative humidity udara akan semakin rendah sehingga transfer panas dan massa antara udara dan jagung akan semakin besar. Pada variabel suhu 50°C ini, memiliki relative humidity yang rendah sehingga panas yang ditransfer dari udara ke bahan relatif besar. Hal ini dapat mengakibatkan perpindahan air dari bahan ke udara semakin besar. Oleh karena itu, pada variabel 50°C terjadi penurunan kadar air dalam bahan yang relatif besar.

#### Pengaruh Jenis Zeolite terhadap Pengeringan Jagung

Proses pengeringan jagung dengan menggunakan zeolite memberikan hasil yang bagus, yaitu berupa jagung kering dengan kadar air di bawah 15%. Variasi jenis zeolite pada penelitian ini juga mempengaruhi hasil yang dihasilkan. Pada variabel zeolite sintetis memberikan hasil yang paling bagus dibandingkan dengan variabel zeolite alam. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik 3.

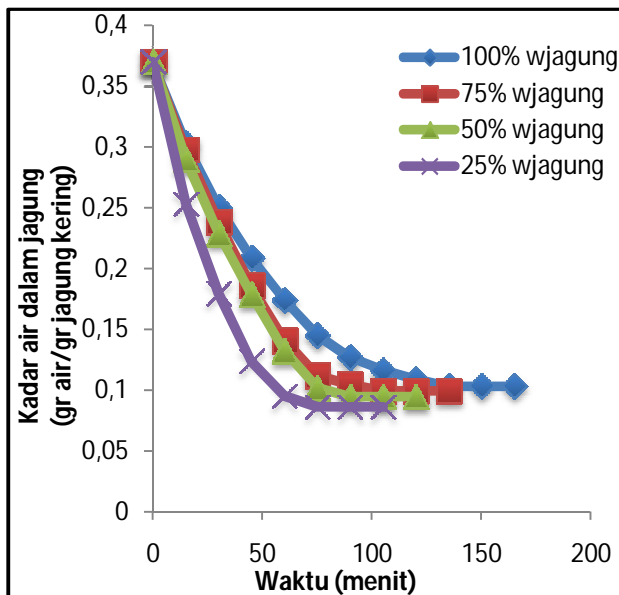


**Grafik 3.** Penurunan Kadar Air dalam Jagung pada Variabel Suhu 50°C dan Rasio 25% wjagung

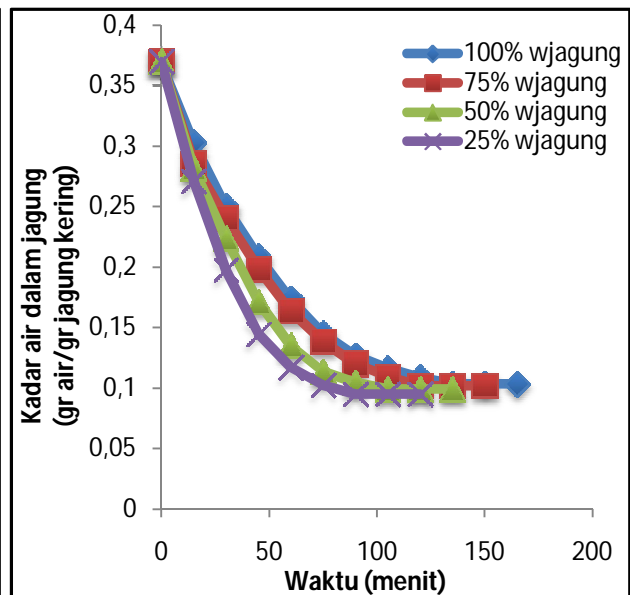
Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa pengeringan dengan menggunakan zeolite memakan waktu yang lebih cepat untuk mencapai berat jagung konstan daripada pengeringan tanpa menggunakan zeolite. Hal ini dikarenakan zeolite memiliki afinitas yang tinggi terhadap air, sehingga dapat mempercepat proses pengeringan jagung. Dari grafik diatas, juga dapat dilihat bahwa penggunaan zeolit sintetis lebih baik daripada zeolit alam. Pada zeolite sintetis waktu penyerapannya lebih singkat dan air yang terserap akan terikat kuat, sehingga air di dalam jagung yang terserap akan lebih banyak. Selain itu, pada zeolit sintetis memiliki ruang kosong pada pori 47% lebih banyak daripada zeolit alam sehingga air yang terikat oleh zeolit sintetis lebih banyak (Anonim, 2006). Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa pengeringan jagung yang paling bagus adalah dengan menggunakan zeolite sintetis.

#### Pengaruh Rasio Berat Jagung dan Zeolite terhadap Pengeringan Jagung

Pengeringan jagung dengan menggunakan zeolite juga dapat dipengaruhi oleh rasio berat antara jagung dan zeolite. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari penurunan kadar air di dalam jagung yang digambarkan pada grafik 4 dan 5.



**Grafik 4.** Penurunan Kadar Air dalam Jagung pada Variabel Zeolite Sintetis dan Suhu 50°C



**Grafik 5.** Penurunan Kadar Air dalam Jagung pada Variabel Zeolite Alam dan Suhu 50°C

Grafik 4 dan 5 (penurunan moisture content pada jagung dengan zeolite sintetis dan alam) menunjukkan bahwa penurunan kadar air yang paling banyak terjadi pada variabel 25% wjagung. Pada variabel ini, jumlah zeolit yang digunakan banyak sehingga banyak pula uap air di udara yang terserap oleh zeolit. Karena relative humidity merupakan fungsi dari suhu dan kadar air, maka semakin sedikit jumlah kadar air di dalam udara menyebabkan relative humidity udara semakin rendah, sehingga semakin banyak pula air dari jagung yang teruapkan ke udara dan kemudian teradsorpsi oleh zeolit. Oleh karena itu, pada variabel ini pencapaian kadar air setimbang ( $X_e$ ) terjadi lebih cepat. Dengan kata lain, semakin banyak jumlah zeolite yang digunakan maka penurunan kandungan air dalam bahan akan semakin cepat.

### Kinetika Pengeringan Jagung

Salah satu mekanisme penting di dalam proses pengeringan adalah perpindahan massa dari bahan ke media pengering. Untuk mengetahui laju pengeringan yang paling bagus pada penelitian ini, maka perlu dihitung konstanta pengeringan dengan persamaan sebagai berikut:

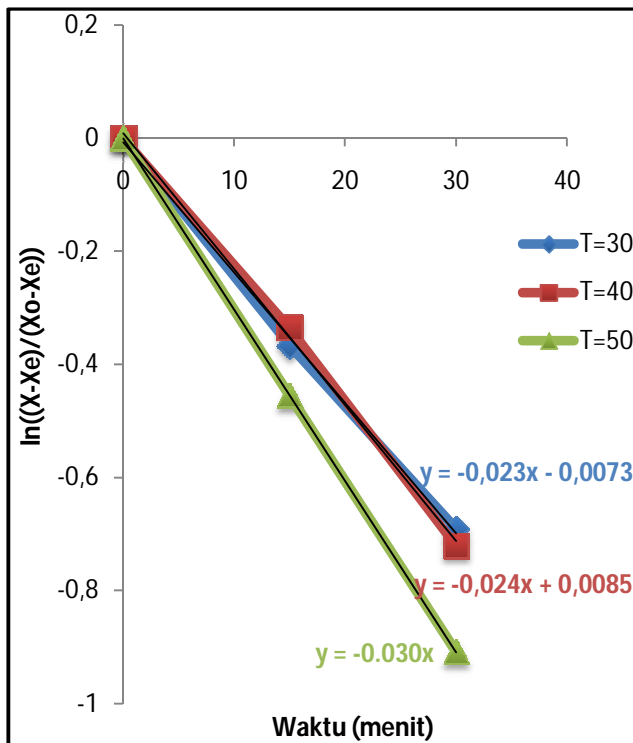
$$\frac{dX}{dt} = -k(X - X_e) \quad (1)$$

Jika persamaan di atas diintegrasikan, maka didapatkan:

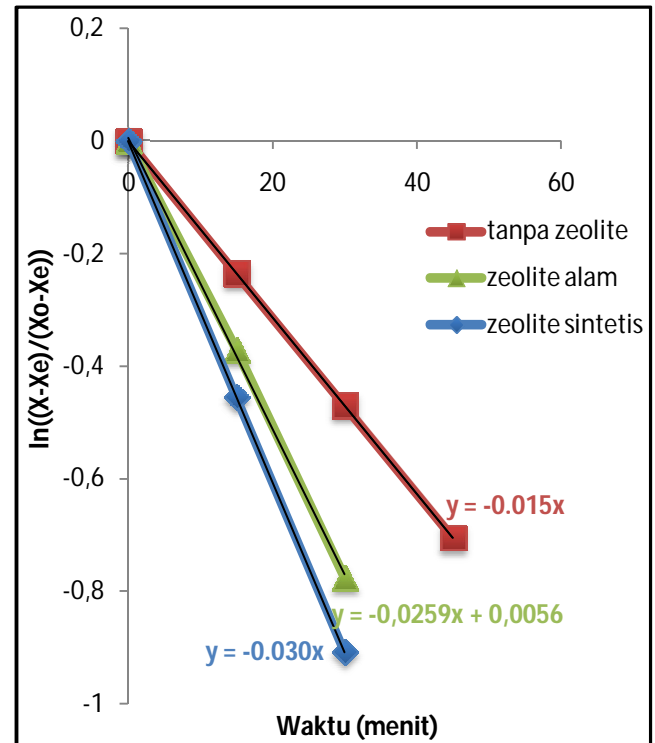
$$\frac{X - X_e}{X_o - X_e} = \exp(-kt) \quad (2)$$

Dimana  $k$  menyatakan konstanta pengeringan (*drying constant*),  $X$  = kadar air bahan pada waktu  $t$ ,  $X_e$  = kadar air bahan kesetimbangan,  $X_o$  = kadar air awal, dan  $t$  = interval waktu pengeringan (Istadi et al 2002).

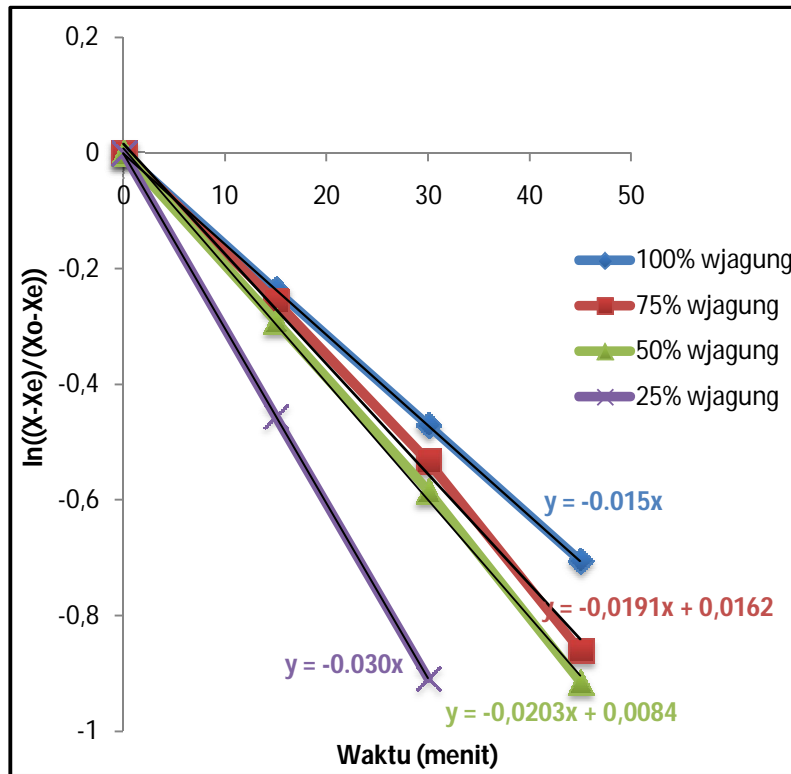
Konstanta pengeringan tergantung pada kadar air bahan dan kondisi udara pengering. Nilai konstanta pengeringan yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik 6, 7, dan 8. Dari grafik 6, 7, dan 8 dapat dilihat bahwa harga konstanta laju pengeringan yang optimum diperoleh pada variabel suhu  $50^\circ\text{C}$ ; rasio 25% wjagung; dan zeolite sintetis yaitu 0,0303.



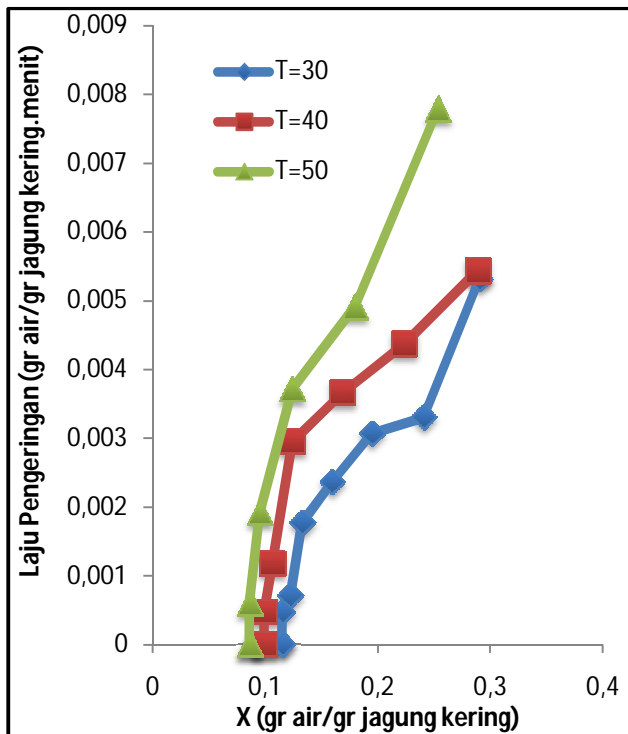
**Grafik 6.** Pengaruh Suhu terhadap Konstanta Laju Pengeringan pada Variabel Rasio 25% wjagung dan Zeolite Sintetis



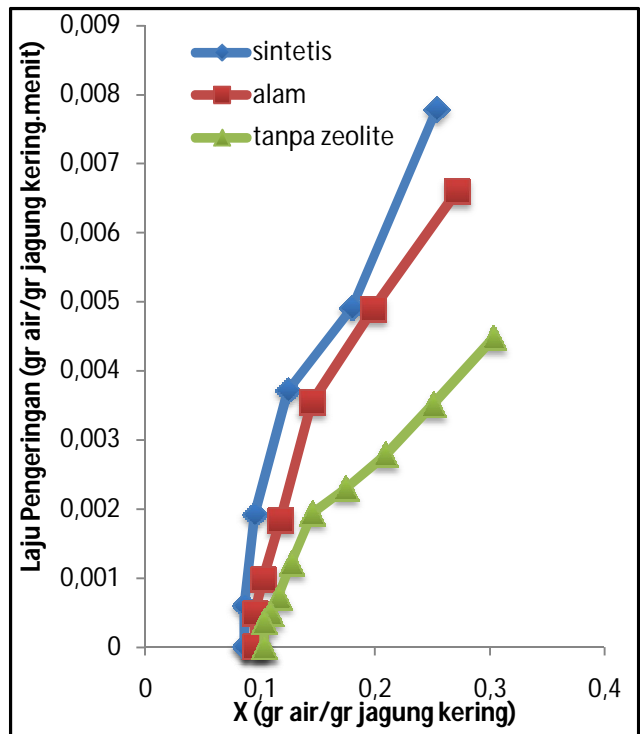
**Grafik 7.** Pengaruh Jenis Zeolite terhadap Konstanta Laju Pengeringan pada Variabel Suhu  $50^\circ\text{C}$  dan Rasio 25% wjagung



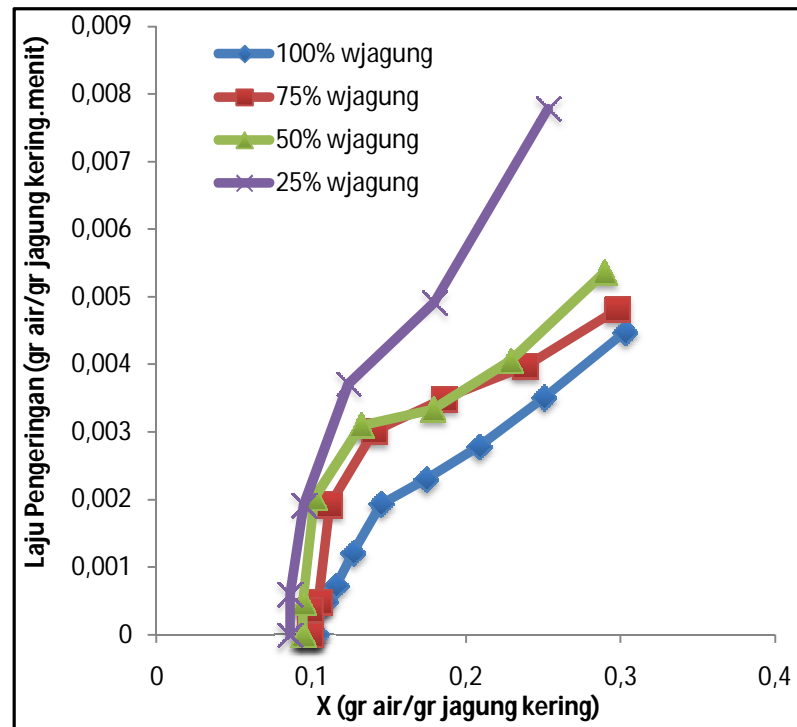
Grafik 8. Pengaruh Rasio Berat Jagung dan Zeolite terhadap Konstanta Laju Pengeringan pada Variabel Zeolite Sintetis dan Suhu 50°C



Grafik 9. Pengaruh Suhu terhadap Laju Pengeringan pada Zeolit Sintetis



Grafik 10. Pengaruh Jenis Zeolit terhadap Laju Pengeringan



**Grafik 11.** Pengaruh Rasio berat jagung dan zeolite terhadap Laju Pengeringan pada Zeolit Sintetis

Sedangkan laju pengeringan dari penelitian dapat dilihat dari grafik 9; 10 dan 11. Dari gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar suhu maka laju pengeringan juga semakin besar. Makin tinggi temperatur udara pengering maka kelembaban udara pengering makin rendah sehingga gaya dorong kandungan air antara bahan dengan udara makin besar. Disamping itu, makin tinggi temperatur udara pengering akan makin banyak pula panas yang dipindahkan dari udara ke permukaan bahan yang selanjutnya dapat menguapkan moisture di dalam bahan.

Dilihat dari grafik 10, laju pengeringan yang paling besar ditunjukkan pada variabel zeolit sintetis. Hal ini karena zeolit sintetis memiliki ruang kosong pada pori yang lebih banyak daripada zeolit alam dan air yang terserap oleh zeolit sintetis akan terikat kuat, sehingga air yang teruapkan lebih banyak. Oleh karena itu, laju pengeringan jagung pada variabel zeolit sintetis lebih besar dibandingkan dengan variabel jenis zeolit lainnya (Anonim, 2006).

Untuk variabel rasio berat jagung dan zeolit ditunjukkan pada grafik 11, diperoleh bahwa laju pengeringan yang paling besar terjadi pada variabel rasio 25% wjagung. Pada variabel ini, jumlah zeolit yang digunakan banyak sehingga banyak pula uap air di udara yang terserap oleh zeolit. Karena relative humidity merupakan fungsi dari suhu dan kadar air, maka semakin sedikit jumlah kadar air di dalam udara menyebabkan relative humidity udara semakin rendah, sehingga semakin banyak pula air dari jagung yang teruapkan ke udara dan kemudian teradsorpsi oleh zeolit. Oleh karena itu, pada variabel ini pencapaian kadar air setimbang ( $X_e$ ) terjadi lebih cepat. Dengan kata lain, semakin banyak jumlah zeolite yang digunakan maka penurunan kandungan air dalam bahan akan semakin cepat. Dari penjelasan di atas, laju pengeringan yang paling baik diperoleh pada variabel 50°C, rasio 25% wjagung dan zeolit sintetis.

#### 4. Kesimpulan

Proses pengeringan jagung yang paling baik terjadi pada suhu 50°C, menggunakan zeolite sintetis, dan dengan rasio berat jagung dan zeolite 25% : 75%. Pada kondisi operasi tersebut didapatkan harga konstanta pengeringan sebesar 0,0303.

#### Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan sehingga laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Serta kepada pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penyelesaian laporan penelitian ini.

### Daftar Notasi

k	=	konstanta pengeringan
t	=	waktu (jam)
X	=	kadar air bahan pada waktu (gr air/gr bahan kering)
X <sub>o</sub>	=	kadar air awal (gr air/gr bahan kering)
X <sub>e</sub>	=	kadar air bahan kesetimbangan (gr air/gr bahan kering)

### Daftar Pustaka

- Anonim. (2006). Bioetanol. <http://mkf-poenya.blog.friendster.com/my-kampus-site-bioetanol/> (diakses tanggal 1 Februari 2011)
- Anonim. (2009). Jagung. <http://id.wikipedia.org/wiki/Jagung> (diakses tanggal 2 Februari 2011)
- Bussmann P.J.T. (2007). Energy and product benefits with sorption drying. NWGD-symposium, 15th November; Utrecht, The Netherlands
- Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; Straten, G. van; Boxtel, A.J.B. van. (2007). Process integration for food drying with air dehumidified by zeolites. *Drying Technology*, 25(1), 225-239
- Istadi; Sumardiono, S.; dan Soetrisnanto, D. (2002). Penentuan Konstanta Pengeringan Dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Drying). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia*, hal: A-5.1 – A-5.7
- Kiranoudis C.T.; Maroulis Z.B.; Marinos-Kouris D. Drying of solids: Selection of some continuous operation dryer types. *Computer & Chem. Eng.* 1996, 20, Supplement 1, S177-182
- Mastekbayeva G.A; Leon M.A; Kumar S. (1998). Performance evaluation of a solar tunnel dryer for chilli drying. *ASEAN Seminar and Workshop on Drying Technology*, Bangkok, Thailand; 3-5 June
- Revilla, G.O.; Velázquez, T.G.; Cortés, S.L.; Cárdenas, S.A. (2006). Immersion drying of wheat using Al-PILC, zeolite, clay, and sand as particulate media. *Drying Technology*, 24(8), 1033-1038