

UPAYA PENINGKATAN MUTU DAN EFISIENSI PROSES PENGERINGAN JAGUNG DENGAN *MIXED-ADSORPTION DRYER*

Luqman Buchori^{1*}, Mohamad Djaeni¹⁾, dan Laeli Kurniasari²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, Tembalang-Semarang, 50275, Telp/fax: (024)7460058/(024)76480675

²⁾Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang, Telp. (024)8505680

^{*}Penulis korespondensi : luqmanbuchori@undip.ac.id

Abstract

THE EFFORT OF EFFICIENCY AND QUALITY IMPROVEMENT ON CORN DRYING PROCESS USING *MIXED-ADSORPTION DRYER*. *The main problem in corn drying process is the low of energy efficiency (50%) and quality products. Consequently, operating costs in large for fuel consumption and the short shelf life of corn. Zeolite adsorption dryers have the potential to overcome this problem. This research aims to study composition of corn-zeolite and the effect of temperature on drying speed and protein and fat content in corn. Research variables are the ratio of corn and zeolite (1:0, 1:3, 1:1, 3:1) and intake air temperature (room temperature, 30°C, 40°C, 50°C). Sampling for moisture testing performed every 15 minutes. For energy purposes also calculated the energy efficiency (η) based on the amount of heat used to evaporate water from the corn (Q_{evap}) divided by the total heat requirement to regenerate the zeolite and raising the air temperature (Q_{intr}). Profiles of temperature and water in the mixed adsorption dryer are also studied. The results showed that the greater number of zeolite used, the water content of the final outcome a little more drying, protein and fat content of the final result of drying is relatively constant. The larger intake air temperature, the water content of the less drying results, protein content decreases, and the fat content does not change/relatively constant. The best variable was a ratio of corn: zeolite is 1:3 and air temperature was 50°C. While the variables that are suitable and in accordance with ISO standards for dry foods (14%) are air temperature of between 40°C and 50°C with a ratio of corn:zeolite is 1:3. The energy efficiency of 81.23% is obtained. Modeling done with FEMLAB (COMSOL) can describe the moisture content and temperature profiles in the corn and zeolite.*

Keywords: *corn; drying; energy efficiency; mixed adsorption dryer; zeolite*

Abstrak

Masalah utama proses pengeringan jagung adalah rendahnya efisiensi energi (50%) dan mutu produk sehingga beban biaya operasi besar untuk konsumsi bahan bakar. Pengering adsorpsi dengan zeolite berpotensi untuk mengatasi permasalahan ini. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi jagung-zeolite dan suhu terhadap kecepatan pengeringan dan kandungan protein dan lemak di dalam jagung. Penelitian dilakukan dengan variabel berubah yaitu rasio antara jagung dan zeolit (1:0, 1:3, 1:1, 3:1) dan suhu udara masuk (suhu kamar, 30°C, 40°C, 50°C). Pengambilan sampel untuk pengujian kadar air dilakukan setiap 15 menit. Untuk keperluan energi dihitung pula efisiensi energi (η) berdasarkan jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dari jagung (Q_{evap}) dibagi dengan kebutuhan panas total untuk meregenerasi zeolit dan menaikkan suhu udara (Q_{intr}). Profil temperatur dan air di dalam mixed adsorption dryer juga dipelajari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah zeolit yang digunakan, kadar air hasil akhir pengeringan makin sedikit, kadar protein dan lemak hasil akhir pengeringan relatif konstan. Semakin besar suhu udara masuk pengering, kadar air hasil pengeringan makin sedikit, kadar protein semakin menurun, dan kadar lemak tidak berubah/relatif konstan. Variabel yang terbaik adalah variabel dengan rasio jagung:zeolit yaitu 1:3 dan menggunakan suhu udara pengering 50°C. Sedangkan variabel yang cocok dan sesuai dengan standar SNI untuk makanan kering (14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering antara 40°C dan 50°C dengan rasio berat jagung : zeolit adalah 1:3. Efisiensi energi diperoleh sebesar 81,23%. Pemodelan yang dilakukan dengan Femlab (COMSOL) dapat menggambarkan profil kandungan air dan suhu di dalam jagung dan zeolit.

Kata kunci : *jagung; pengeringan; efisiensi energi; mixed adsorption dryer; zeolit*

PENDAHULUAN

Salah satu hasil pertanian yang menjadi komoditas bahan pangan utama di Indonesia adalah jagung. Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang penting selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai makanan 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 beberapa bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya). Jumlah produksi jagung Indonesia cukup tinggi yaitu 12 juta ton/tahun pada tahun 2007. Jumlah tersebut sebenarnya sudah mencukupi kebutuhan dalam negeri, namun untuk menjamin stabilitas, pemerintah masih mengimpor sebesar 1 juta ton/tahun (Djaeni, 2008).

Penanganan pasca panen yaitu pengeringan merupakan tahap yang penting untuk menjaga kualitas jagung selama masa penyimpanan. Sesuai SNI 01-3920-1995, agar kualitas jagung tidak menurun akibat aktivitas mikroba, bakteri, dan jamur maka jagung harus dikeringkan hingga kadar air mencapai 14%. Beberapa metode pengeringan telah diaplikasikan dalam usaha menurunkan kadar air dalam jagung ini, antara lain pengeringan dengan matahari, *microwave and infra-red drying, freeze and vacuum drying*, dan pengeringan unggun terfluidisasi (Kudra dan Mujumdar, 2002). Pengeringan dengan matahari adalah metode yang paling sederhana tetapi sangat tergantung dengan keadaan cuaca. Udara panas digunakan untuk mengeringkan jagung pada *rotary* dan *fluidized bed dryer*. Pertimbangan dalam proses ini adalah dengan meningkatkan suhu udara diharapkan akan meningkatkan kecepatan pengeringan. Namun, suhu yang terlalu tinggi akan merusak kualitas dari jagung.

Proses pengeringan dengan cara adsorpsi menggunakan zeolit menjadi suatu pilihan untuk menggantikan sistem pengering jagung yang ada saat ini. Pada sistem ini, zeolit dan jagung dicampur dalam suatu unggun kemudian difluidisasi dengan udara dengan suhu 35-40°C. Udara akan menguapkan air dari jagung dan pada saat yang sama, zeolit akan menyerap air dari udara ini sehingga kelembaban udara akan terjaga rendah dan *driving force* proses pengeringan tetap tinggi (Djaeni dkk., 2007; Djaeni dkk., 2011).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari komposisi jagung-zeolit dan pengaruh suhu terhadap kecepatan pengeringan dan kandungan protein dan lemak di dalam jagung. Untuk keperluan energi dihitung pula efisiensi energi (η) berdasarkan jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dari jagung (Q_{evap}) dibagi dengan kebutuhan panas total untuk meregenerasi zeolit dan menaikkan suhu udara (Q_{intr}). Profil temperatur dan air di dalam *mixed adsorption dryer* juga dipelajari. Hasil ini diharapkan

dapat meningkatkan kualitas jagung kering dengan mengurangi kadar air di dalam jagung kering sehingga sesuai dengan standar SNI 01-3920-1995 dengan proses pengeringan yang efisien.

METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian ini adalah jagung manis yang diperoleh dari pasar di Semarang dengan diameter rata-rata 1 cm. Zeolit 3A diperoleh dari Zeochem dengan diameter 2-3 mm. Bahan yang digunakan untuk analisis kadar protein antara lain Na_2SO_4 anhidrid, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 99%, asam sulfat, NaOH, asam boraks, serbuk seng (Zn) dan indikator metil orange. Bahan lain yang digunakan dalam analisis kadar lemak yaitu kalium natrium tartrat, glukosa, aquades dan indikator metilen blue. Normal hexane digunakan sebagai pelarut saat analisis kadar lemak.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *mixed-adsorption fluidized dryer* yang terdiri dari blower sebagai penyuplai udara yang dapat diatur laju alirnya, pemanas internal yang dapat dikendalikan dengan termoset dan kolom fluidisasi dimana terdapat tempat untuk mengukur suhu udara dan humiditas selama pengeringan. Rangkaian alat percobaan tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pengering unggun terfluidakan (*Mixed Adsorption Dryer*): (1) fluidized bed, (2) heater, (3) blower, (4) sistem kontrol

Tahap awal dari penelitian ini dilakukan dengan persiapan jagung. Kadar air, kandungan lemak dan protein awal sampel harus diketahui. Kemudian, pengeringan dapat dilakukan dengan variasi rasio zeolit : jagung dalam kolom fluidisasi dan suhu.

Jagung dan zeolit dicampur dengan perbandingan berat tertentu (1:0, 1:3, 1:1, 3:1) dan dimasukkan ke dalam unggun fluidisasi. Udara luar sebagai media pemanas dipanaskan pada suhu tertentu sesuai variabel (suhu kamar (25°C), 30°C, 40°C, dan 50°C) dan dialirkan dengan kecepatan linier udara 9 m/s. Kandungan air di dalam jagung diukur setiap 15 menit sekali dengan metode gravimetri sampai kadar air yang diperoleh konstan.

Kandungan lemak dan protein diukur untuk

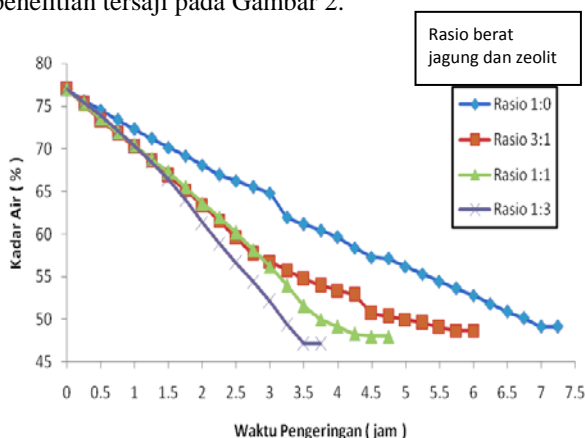
mengetahui sejauh mana pengaruh suhu dan perbandingan zeolit-jagung. Metode analisis kandungan protein yang digunakan adalah *Kjedahl metode* dan sedangkan untuk analisis kandungan lemak dengan metode *Soxhlet Extraction* dengan *n-Hexane* sebagai pelarut.

Profil air dan suhu di dalam jagung dirumuskan dengan persamaan diferensial parsial dan disimulasikan dengan Femlab (COMSOL).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Jagung dan Zeolit Terhadap Penurunan Kadar Air pada Jagung

Percobaan dilakukan pada suhu kamar dengan variasi rasio berat jagung dan zeolit yaitu 1:0, 3:1, 1:1, dan 1:3. Kadar air jagung awal sebesar 77%. Hasil penelitian tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh rasio berat jagung : zeolit dan waktu pengeringan terhadap penurunan kadar air dalam jagung

Pada proses pengeringan jagung dengan metode *mixed-adsorption dryer* pada kolom fluidisasi diperoleh kurva pengeringan yang dapat menjelaskan fenomena yang terjadi selama proses pengeringan. Modifikasi dari proses ini adalah dengan mencampurkan jagung dan zeolit dalam kolom fluidisasi dengan hipotesis awal zeolit akan menyerap kandungan air yang terdapat dalam kolom selama proses pengeringan sehingga humiditas udara dalam kolom pengering tetap rendah dan pengeringan dapat berlangsung relatif lebih cepat.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada semua variabel terjadi kecepatan penurunan pengeringan. Namun sebenarnya terjadi 2 periode pengeringan yaitu *constant rate periode* dan *falling rate periode* (Treyball, 1976). *Constant rate periode* yaitu rentang waktu dimana laju pengeringan berjalan konstan sedangkan *falling rate periode* didefinisikan sebagai rentang waktu ketika laju pengeringan mengalami penurunan hingga titik keseimbangan.

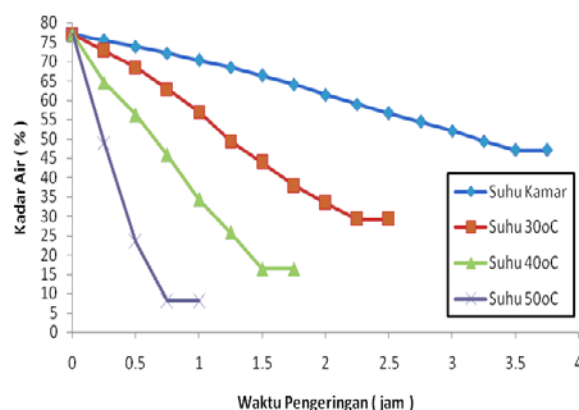
Zeolit 3A memberikan pengaruh positif pada pengeringan jagung seperti yang ditunjukkan dalam kandungan air selama operasi pengeringan. Adanya zeolit dapat mempercepat proses penurunan kandungan air. Sebagai contoh, pada waktu

operasional yang sama, kandungan air dari jagung yang dikeringkan dengan zeolit lebih rendah daripada tanpa zeolit (rasio 1:0). Hal ini berarti bahwa zeolit dapat meningkatkan *driving force* selama proses pengeringan atau menjaganya tetap tinggi dengan menyerap air dari udara sebagai media pengeringnya.

Pada perbandingan jagung : zeolit, rasio yang memberikan hasil akhir yang lebih baik saat akhir pengeringan adalah pada rasio 1:3. Hal ini dapat terlihat pada kadar air pada saat akhir pengeringan yang jauh lebih sedikit (47,12%) dibandingkan dengan variabel rasio yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit berfungsi sebagai adsorben air pada udara pengering sehingga udara menjadi lebih kering dan proses pengeringan menjadi lebih efektif dan efisien.

Pengaruh Suhu Terhadap Penurunan Kadar Air pada Jagung

Rasio jagung : zeolit terbaik yang diperoleh kemudian digunakan untuk mempelajari pengaruh suhu terhadap penurunan kadar air pada jagung. Pada percobaan ini rasio berat jagung dan zeolit yang digunakan adalah 1:3. Suhu operasi pengeringan divariasikan pada berbagai suhu yaitu suhu kamar (25°C), 30°C, 40°C, dan 50°C. Hasil penelitian tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap penurunan kadar air pada jagung

Jika dilihat dari kurva pengeringan yang mengalami *falling rate periode* (Treyball, 1976), suhu udara pengering berpengaruh terhadap kecepatan pengeringan. Semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses pengeringan maka semakin besar pula panas yang diterima permukaan jagung sehingga laju penguapan air akan meningkat. Fenomena ini disebabkan karena naiknya suhu akan meningkatkan nilai difusivitas air dari dalam jagung sehingga laju perpindahan panas antara jagung dan udara pengering semakin tinggi (Nissaulfasha dkk., 2012; Soponronnarit dkk., 1997).

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada semua variabel suhu terjadi penurunan kadar air. Variabel yang memberikan hasil akhir yang lebih baik saat akhir pengeringan adalah pada variabel suhu 50°C. Pada variabel ini kadar air yang diperoleh relatif kecil

yaitu hanya sekitar 8% dengan waktu pengeringan yang sangat singkat (hanya 1 jam). Hal ini sesuai dengan definisi pengeringan yang dikemukakan oleh Perry dan Green (1988) yang merupakan proses penguapan air dari bahan basah dengan media pengering (bisa udara atau gas) melalui introduksi panas dan juga merupakan salah satu keuntungan dari pengeringan adsorpsi dimana udara akan menjadi kering dan suhunya akan menjadi naik sekitar 40-50°C yang sangat cocok untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak tahan dengan suhu tinggi. Namun hasil pengeringan jagung yang diperoleh pada variabel suhu ini (50°C) menghasilkan tekstur dan warna yang kurang baik.



(a)



(b)

Gambar 4. Tekstur dan warna jagung hasil pengeringan pada : (a) suhu 40°C, (b) suhu 50°C

Pada variabel suhu 40°C, kadar air yang diperoleh adalah 15,2% dengan waktu pengeringan 1,5 jam. Namun tekstur dan warna yang dihasilkan dari pengeringan pada suhu ini lebih baik jika dibandingkan dengan tekstur dan warna pada pengeringan dengan suhu 50°C. Perbandingan hasil percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Pengaruh Rasio Jagung : Zeolit dan Suhu Udara Pengering terhadap Kadar Lemak dan Protein dalam Jagung

Pengeringan dilakukan dengan 2 variabel yaitu rasio jagung : zeolit dan suhu udara pengering. Sebelum dikeringkan jagung memiliki kadar lemak 0,95% dan kadar protein 3,43%. Kadar lemak dan protein setelah percobaan disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Pengeringan pada suhu kamar

Rasio	1 : 0	3 : 1	1 : 1	1 : 3
Kadar Lemak (%)	0,95	1	0,95	1,05
Kadar Protein (%)	3,36	3,36	3,38	3,46

Tabel 2. Pengeringan pada rasio 1:3

Suhu (°C)	Suhu Kamar (25)	30	40	50
Kadar Lemak (%)	1,05	1,05	1,2	1,05
Kadar Protein (%)	3,46	3,47	3,40	3,0

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa dengan berubahnya rasio jagung : zeolit maupun dengan perubahan suhu, kadar lemak dalam jagung relatif konstan. Hal ini karena kadar lemak tidak berkurang dalam proses pengeringan dan tidak mengalami perubahan pada perubahan suhu maupun perubahan rasio jagung : zeolit.

Tabel 1 memperlihatkan dengan berubahnya rasio jagung : zeolit kadar protein dalam jagung relatif konstan. Hal ini karena kadar protein tidak berkurang dalam proses pengeringan dan tidak mengalami perubahan pada perubahan rasio jagung : zeolit. Hal ini karena percobaan dilakukan pada suhu kamar.

Tabel 2 menunjukkan dengan kenaikan suhu pengeringan, kadar protein dalam jagung relatif turun. Hal ini karena protein mengalami denaturasi pada kenaikan suhu. Ini terjadi karena ikatan dalam senyawa protein pecah sehingga tidak bisa berfungsi lagi sehingga kadar protein akan turun pada suhu yang tinggi.

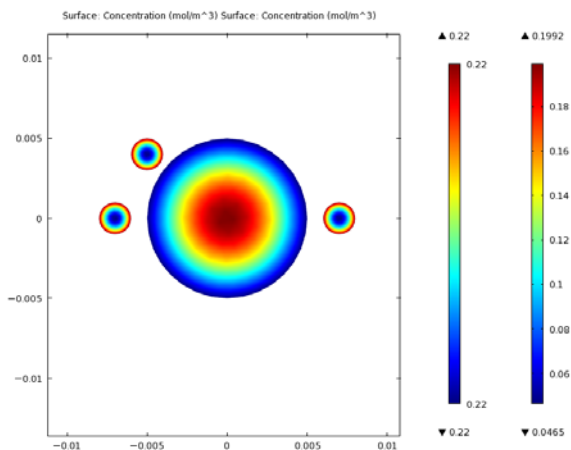
Efisiensi Energi

Perhitungan efisiensi energi (η) dihitung berdasarkan jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dari jagung (Q_{evap}) dibagi dengan kebutuhan panas total untuk meregenerasi zeolit dan menaikkan suhu udara (Q_{intr}). Hasil perhitungan diperoleh efisiensi energi (η) sebesar 81,23%.

Pemodelan dengan Femlab (COMSOL)

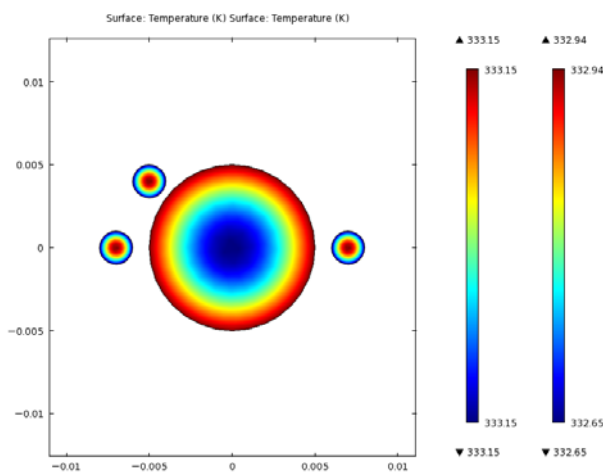
Perpindahan air dan panas dapat dirumuskan ke dalam persamaan differensial parsial. Dengan mengasumsikan jagung dan zeolite berbentuk bola, akumulasi air adalah fungsi perpindahan air karena difusi dan pelepasan air.

Profil air dan suhu di dalam jagung dan zeolite dapat disimulasikan dengan Femlab (COMSOL) seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Profil kandungan air di dalam zeolit dan jagung pada waktu 1 jam dan suhu 50°C

Gambar 5 menunjukkan profil kadar air di dalam zeolite dan jagung pada waktu operasi 1 jam dan suhu pengeringan 50°C. Pertama kali udara akan kontak dengan permukaan jagung. Selanjutnya kandungan air pada permukaan jagung akan teruapkan sehingga konsentrasi air akan menurun. Karena perbedaan konsentrasi ini maka air akan mendifusi dari dalam ke permukaan. Setelah 1 jam, kadar air di dalam jagung dapat mencapai 8%. Uap air di dalam udara akan diadsorpsi oleh zeolite. Dengan kecepatan adsorpsi dan porositas dan difusivitas yang lebih tinggi, zeolite akan cepat menjadi jenuh (Montgomery, 1947).



Gambar 6. Profil suhu di dalam zeolite dan jagung pada waktu 1 jam dan suhu 50°C

Gambar 6 menunjukkan profil suhu di dalam jagung dan zeolite pada suhu operasi 50°C. Udara akan memanasi permukaan jagung. Suhu permukaan akan meningkat dan panas akan bergerak dari permukaan ke dalam lapisan dalam.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk variabel rasio berat jagung : zeolit, semakin besar jumlah zeolit yang digunakan (rasio berat jagung : zeolit makin kecil), maka kadar air hasil akhir pengeringan makin sedikit, kadar protein dan lemak hasil akhir pengeringan juga tidak berubah/relatif konstan. Sedangkan untuk variabel suhu udara masuk pengering, semakin besar suhu udara masuk pengering, maka kadar air hasil pengeringan makin sedikit, kadar protein semakin menurun, dan kadar lemak tidak berubah/relatif konstan. Variabel yang terbaik adalah pada variabel dengan rasio jagung : zeolit 1 : 3 dan menggunakan suhu udara pengering 50°C. Sedangkan variabel yang cocok dan sesuai dengan standar SNI 01-3920-1995 untuk makanan kering (14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering dengan 40°C dan 50°C dengan rasio berat jagung : zeolit adalah 1 : 3.

Mixed-adsorption drying dengan bahan penyerap seperti zeolit dapat meningkatkan unjuk kerja pengeringan jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pengeringan menjadi lebih cepat dengan menggunakan zeolit dibandingkan tanpa zeolit. Selain itu, transfer air dari jagung ke udara dapat ditingkatkan. Dengan menggunakan perhitungan difusivitas, perpindahan air dan suhu di dalam zeolite, jagung dan air dapat diprediksikan dengan model persamaan differensial parsial. Model dapat menggambarkan profil kandungan air dan suhu di dalam jagung dan zeolit. Waktu kejenuhan partikel zeolit lebih cepat dibandingkan dengan waktu pengeringan jagung, sehingga zeolit dibutuhkan di dalam proses pengeringan jagung untuk menjaga driving force tetap tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DP2M Ditjen Dikti) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun Anggaran 2012 yang telah membiayai penelitian ini sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Strategis Nasional Nomor: 008/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/2012, tanggal 7 Maret 2012.

DAFTAR PUSTAKA

Djaeni, M., Bartels P.V., Sanders J.P.M., van Straten, G. and van Boxtel, A.J.B., (2007), Multistage Zeolite Drying to Enhance Energy Efficiency of Food Drying, *Journal of Drying Tech.*, 25 (6).

Djaeni, M., (2008), Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products, *Doctoral Thesis*, Wageningen University, The Netherlands, ISBN: 978-90-8585-209-4.

Djaeni, M., Hargono, and Buchori, L., (2011). *The Effect Of Zeolite On Drying Rate Of Corn In Mixed-Adsorption Dryer*, 7th Asia-Pacific Drying Conference (ADC 2011), Tianjin, China, September 26-28.

Kudra, T. and Mujumdar, A.S., (2002), *Advanced Drying Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, USA.

Nissaulfasha, H., Djaeni, M., and Buchori, L., (2012). Mixed Adsorption Dryer In Fluidized Bed For Corn Drying : The Effect Of Temperature And Superficial Air Velocity To Moisture Content Of Corn, *Proceeding International Student Conference : The*

Power of Local Knowledge in Increasing Food Business Competitiveness, 1, pp. 114-118.

Perry, R.H. and Green, D.W., (1988), *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Intl. ed.; McGraw-Hill Co, International edition, Singapore.

Treybal, R.E., (1976), *Mass Transfer Operation*, 3rd edition, Mc. Graw Hill Book Co, Tokyo.

Montgomery, R.B., (1947). Viscosity and thermal conductivity of air and diffusivity of water/vapour in air, *Journal of Meteorology*, 4, pp. 193-196.

Soponronnarit, S., Pongtornkulpanich, A., and Prachayawarakorn, S., (1997), Drying Characteristics Of Corn In Fluidized Bed Dryer, *Drying Technology*, 15 (5), pp. 1603-1615.