



PENINGKATAN KUALITAS GABAH DENGAN PROSES PENGERINGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM PADA UNGGUN TERFLUIDISASI

Rohmat Figiarto, Sheila Luvi Galvani, M. Djaeni ^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Salah satu penghambat produksi beras di Indonesia yaitu permasalahan pada proses pengeringan gabah. Selama ini para petani Indonesia hanya mengandalkan panas matahari untuk mengeringkan gabah hasil panennya sehingga pada saat musim hujan mereka mengalami kesulitan dalam proses pengeringannya. Dari segi kualitas fisik gabah, pengeringan menggunakan matahari tergolong rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengeringkan gabah pada unggun terfluidisasi dengan menggunakan zeolit alam agar proses pengeringan berlangsung lebih cepat, mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap proses pengeringan, dan mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap kualitas fisik gabah kering yang dihasilkan. Adapun kondisi operasi pada percobaan ini adalah suhu udara pengering (30, 40, 50 dan 60 C), laju alir udara pengering (1.5, 2, 2.5 dan 3 m/s) dan rasio berat gabah dan zeolit (0% zeolit, 20% zeolit, 40% zeolit dan 60% zeolit). Penelitian dilakukan dengan mengeringkan gabah pada unggun terfluidisasi selama waktu tertentu hingga diperoleh kadar air 12 - 14%. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan pada suhu 30C, $N_c = 0.0054$, sedangkan pada suhu 60C, $N_c = 0.012$. Pada laju alir udara 1.5 m/s, $N_c = 0.0071$, sedangkan pada laju alir udara 3 m/s, $N_c = 0.0115$. Pada variable non zeolit, $N_c = 0.0051$, sedangkan pada variable zeolit 60%, $N_c = 0.0068$. dari data diatas dapat disimpulkan semakin tinggi suhu, laju alir, dan semakin banyak jumlah zeolit, maka laju pengeringan pun makin naik sehingga proses pengeringan lebih cepat. Kualitas fisik gabah terbaik diperoleh ketika suhu udara pengering 40C. Kenaikan laju alir udara dan % berat zeolit dapat meningkatkan kualitas fisik gabah.

Kata kunci: pengeringan, gabah, zeolit, unggun fluidisasi

Abstract

One of problem in paddy production in Indonesia is at paddy grain drying process. This far, farmers in indonesia are very dependent on sun rays to dry their paddy grain, therefore, when the rain season comes, they find it hard to dry it. Also, the quality of sun drying is considered low. The goals of this research are to dry paddy grain in fluidized bed using natural zeolite to make drying process faster, to obtain the effect of operation condition to drying process, and to obtain the effect of operation condition to paddy quality. the condition operation in this research are air temperatures (30, 40, 50, 60C), air velocity (1.5, 2, 2.5, 3 m/s), and rasio of paddy grain to zeolite (0%, 20, 40, 60% zeolite). this research are done by drying paddy grain in fluidized bed in certain time until the moisture content of paddy grain is 12 - 14%. The result of this research are as follow: at 30C $N_c = 0.0054$, at 60C $N_c = 0.012$. air velocity at 1.5 m/s $N_c = 0.0071$, where at 3 m/s $N_c = 0.0115$. Non zeolit variable $N_c = 0.0051$, where at 60% zeolite, $N_c = 0.0068$. From these data, we can conclude that as the air temperature, air velocity and %w zeolite increase, the drying rate will increase therefore drying process takes shorter time. The best quality of dry paddy grain is produced when the air temperature is 40C. The increasity of air velocity %w zeolite can improved the quality of paddy grain.

Keywords: drying; paddy grain; zeolite; fluidized bed

1. Pendahuluan

Beras adalah makanan pokok penduduk Indonesia. Namun ironisnya Indonesia sebagai negara agraris yang memiliki lahan pertanian yang subur justru mengimpor beras dari negara lain. Salah satu penghambat produksi beras di Indonesia yaitu permasalahan pada proses pengeringan gabah. Selama ini para petani Indonesia hanya mengandalkan panas matahari untuk mengeringkan gabah hasil panennya sehingga pada saat musim hujan mereka mengalami kesulitan dalam proses pengeringannya. Pengeringan menggunakan panas matahari

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@yahoo.com)

sesuai dengan variabel sampai campuran bahan yang ada terfluidisasikan. Untuk menghitung kadar air gabah yang telah difluidisasikan, masukkan sampel 5gr gabah basah dan 5gr zeolite masing-masing ke kasa yang digantung didalam unggun fluidisasi. Setiap rentang waktu 5 menit, timbang berat sampel gabah tersebut lalu hitung % kadar airnya. Operasi pengeringan dihentikan ketika % kadar air gabah telah mencapai 12- 14%. Catat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kadar air tersebut. Dari data didapatkan hubungan antara kadar air dengan waktu, sehingga bisa diketahui kecepatan pengeringan.

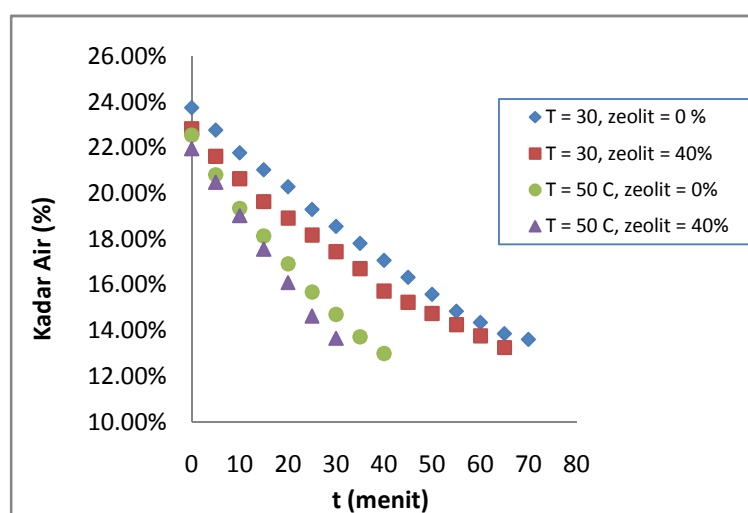
Gabah hasil pengeringan di giling dengan mesin penggiling 3 in 1 dengan cara, masukan gabah kering ke dalam bagian blower minimal 2x operasi, kemudian masukan gabah hasil blower ke dalam bagian husker untuk dilakukan pegelupasan biji gabah dari kulitnya hingga semua terkelupas. Masukan beras hasil giling ke dalam polisher untuk membersihkan biji beras. Ambil 30 gr dari hasil giling kemudian dilakukan identifikasi berapa % utuh, % patah dan % menir hasil giling.

3. Hasil dan Pembahasan

4 .1 Pengaruh kondisi operasi (rasio komposisi gabah dan zeolite, laju alir udara pengering dan suhu udara pengering) terhadap proses pengeringan.

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh berbagai kondisi operasi terhadap proses pengeringan. Variabel operasi yang dilakukan dalam percobaan ini adalah rasio gabah dan zeolite (100:0 ; 80:20 ; 60:40 ; 40:60), laju alir udara pengering (1,5 m/s ; 2 m/s ; 2,5 m/s ; 3 m/s), dan suhu udara pengering (30 °C ; 40 °C ; 50 °C ; 60 °C).

Pengaruh suhu udara pengering dan rasio komposisi zeolite dapat di amati pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Suhu dan % Zeolit terhadap Proses Pengeringan pada Variabel Laju Alir Udara 3 m/s

Grafik diatas menggambarkan pengaruh suhu dan rasio zeolit terhadap proses pengeringan pada laju alir 3 m/s. Pada variabel suhu 30 °C untuk mencapai kadar air yang diinginkan (12% - 14%) membutuhkan waktu hingga 75 menit. Sedangkan pada suhu 50 °C, hanya membutuhkan waktu 40 menit untuk mencapai kadar air (12% - 14%). Untuk mengetahui keseluruhan pengaruh suhu pada proses pengeringan dapat di amati pada Tabel 4.1. Terjadi perbedaan waktu pengeringan yang signifikan di antara suhu ini. Semakin tinggi suhu, proses pengeringan menjadi lebih cepat. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti dari Thailand, Pakorn Luangmalawat *dkk* pada tahun 2007.

Pada proses pengeringan, terjadi 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, hal ini menyebabkan transfer panas dan massa antara udara dan gabah akan semakin besar sehingga proses pengeringan akan lebih cepat.

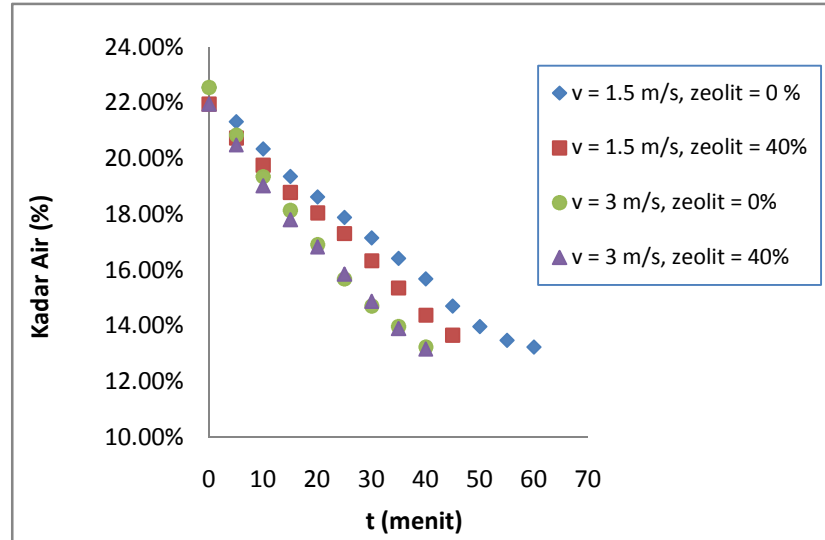
Selain suhu, rasio juga berpengaruh terhadap laju pengeringan. Dapat dilihat pada Gambar 4.1, pada suhu pengeringan yang sama, variabel yang menggunakan zeolit memerlukan waktu yang lebih singkat untuk mencapai kadar air yang diinginkan (12% - 14%) dibandingkan dengan variabel yang tidak menggunakan zeolit. Zeolit berfungsi sebagai penyerap uap air. Pada proses ini udara pengering akan menguapkan air dari gabah (produk), sedangkan uap air yang ada di udara akan diserap oleh zeolite. Dengan demikian akan terjadi aliran transfer masa air dari gabah ke udara pengering, dan dari udara pengering ke zeolite.

Proses penyerapan air oleh zeolite ini bersifat eksotermis, sehingga melepaskan panas yang akan tetap mempertahankan temperatur udara pengering (Djaeni, *dkk*, 2010). Jadi dengan semakin banyaknya zeolit yang digunakan, uap air yang terserap oleh zeolit juga akan semakin banyak, ini menyebabkan relative humidity di sekitar unggun akan terjaga rendah sehingga air yang teruapkan dari gabah akan semakin banyak dan proses

pengeringan pun akan terjadi lebih cepat. Effisiensi pengeringan dengan menggunakan zeolit ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Atuonwu, C James, dkk (2011) dimana penelitian mereka menunjukkan pemakaian zeolit ini selain bermanfaat dari sisi efisiensi energi, juga dapat memperbaiki kualitas produk.

Jadi dapat disimpulkan, semakin tinggi suhu udara pengering, maka waktu pengeringan semakin cepat dan semakin tinggi rasio komposisi zeolite maka waktu pengeringan juga semakin cepat. Zeolite tidak merusak kualitas fisik gabah kering.

Untuk mengetahui pengaruh laju alir terhadap proses pengeringan dapat di amati pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Laju Alir Udara Pengering dan % Zeolit terhadap Proses Pengeringan pada Variabel Suhu 40 °C

Grafik diatas menggambarkan pengaruh laju alir udara dan rasio zeolit terhadap proses pengeringan pada suhu 40 °C. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa proses pengeringan terjadi lebih cepat pada laju alir udara pengering 3 m/s dibandingkan dengan laju alir udara pengering 1.5 m/s. Pada laju alir 1.5 m/s, proses pengeringan memakan waktu hingga 60 menit, sedangkan pada laju alir 3 m/s, proses pengeringan memakan waktu 40 menit. Terjadi perbedaan waktu yang cukup signifikan diantara 2 variabel ini. Semakin tinggi laju alir udara, proses pengeringan akan terjadi lebih cepat.

Pada proses pengeringan, panas dibutuhkan untuk menguapkan air yang terkandung dalam bahan dan udara yang mengalir diperlukan untuk membawa uap air hasil pengeringan yang berada di sekitar bahan agar relative humidity udara pengering tetap terjaga rendah. Relative humidity udara sekitar yang rendah menyebabkan transfer panas dan massa. Oleh karena itu, semakin tinggi laju alir udara pengering, maka proses pengeringan akan berjalan lebih cepat. Hasil ini sejalan dengan penelitian pengeringan gabah yang dilakukan oleh Cao, dkk (2004) dimana hasil penelitiannya menunjukkan dengan semakin naiknya laju alir udara pengering, kadar uap air semakin berkurang.

Rasio zeolit berpengaruh cukup signifikan terhadap proses pengeringan ketika laju alir 1.5 m/s. Hal ini dikarenakan pada laju alir rendah, uap air hasil proses pengeringan tidak dapat terbawa dengan cepat oleh udara pengering karena kecepatannya yang rendah. Udara di sekitar unggun memiliki relative humidity cukup besar, sehingga peran zeolit pada variable ini cukup besar yaitu untuk menyerap uap air di sekitar unggun agar relative humidity terjaga rendah. Pada laju alir yang tinggi, uap air dapat terbawa dengan cepat oleh udara pengering ke luar unggun, sehingga peran zeolit tidak begitu besar pada variable ini dibandingkan dengan variable laju alir rendah.

Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi laju alir maka proses pengeringan akan semakin cepat (waktu pengeringan lebih singkat). Zeolite memberikan pengaruh lebih besar pada laju alir yang rendah.

Laju pengeringan dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$LP = \frac{Mo - Mt}{t}$$

Keterangan:

LP = Laju Pengeringan (%/men)

Mo = kadar air awal

Mt = kadar air akhir

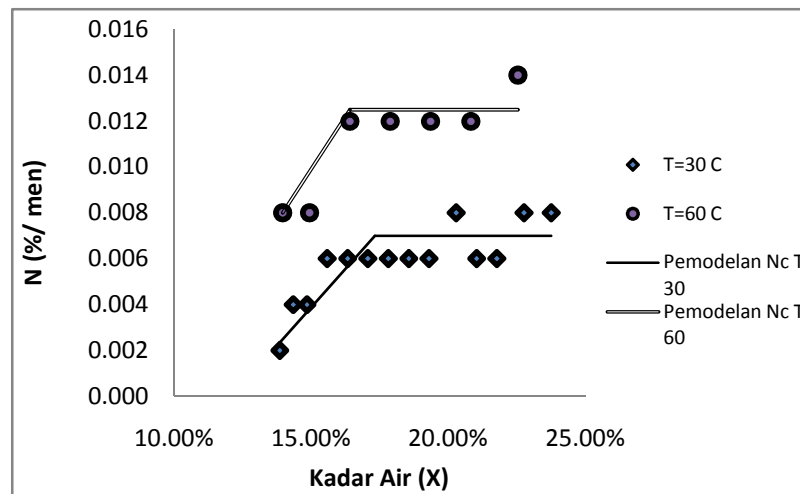
t = waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar air dari Mo menjadi Mt

(sumber: SII 1020-84)

Laju pengeringan untuk variabel suhu 30 °C, laju alir 3 m/s dan zeolit 0 % adalah 0.0067 gr/cm².men sedangkan pada variabel suhu 50, laju alir 3 m/s dan zeolit 0% adalah 0.0115 gr/cm².men (untuk lebih lengkapnya dapat di amati pada Tabel 4.2). Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi suhu udara pengering

maka laju pengeringan semakin tinggi pula. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pakorn Luangmalawat *dkk* pada tahun 2007.

Karakteristik pengaruh kondisi operasi terhadap kecepatan pengeringan dapat di amati pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Suhu Udara Pening terhadap Laju Pengeringan pada Variabel Rasio gabah dan zeolite 100:0 %
w, v = 3 m/s.

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa suhu sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengeringan. Pada percobaan didapatkan untuk variabel suhu 30 °C laju pengeringan tertinggi di capai pada 0.008 gr/cm².men sedangkan suhu 60 °C laju pengeringan tertinggi dapat mencapai 0.014 gr/cm².men, hal ini tentunya membuktikan adanya pengaruh yang signifikan dari besarnya suhu udara pengering terhadap kecepatan pengeringan. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti dari Thailand, Pakorn Luangmalawat *dkk* pada tahun 2007.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu udara pengering maka kecepatan pengeringan akan semakin tinggi pula. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu udara pengering maka relative humidity udara akan semakin kecil, relative humidity udara pengering rendah menyebabkan transfer massa air ke udara pengering akan lebih besar, sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat.

Tabel 4.1 Pengaruh kondisi operasi terhadap proses pengeringan.

	Komposisi Zeolite 0% w								Komposisi Zeolite 20% w							
	SUHU								SUHU							
	30 °C		40 °C		50 °C		60 °C		30 °C		40 °C		50 °C		60 °C	
V	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)
1,5 m/s	95	13.61%	60	13.24%	45	13.48%	40	13.73%	85	13.55%	55	12.99%	45	13.41%	40	12.93%
2 m/s	85	13.61%	50	13.24%	45	12.99%	40	12.99%	80	13.55%	50	12.99%	45	13.17%	35	12.93%
2,5 m/s	80	13.61%	45	13.48%	40	13.24%	35	13.48%	75	13.55%	45	13.24%	40	13.41%	30	13.41%
3 m/s	70	13.61%	40	13.24%	40	12.99%	35	12.99%	70	13.55%	40	12.99%	35	13.17%	30	13.17%
	Komposisi Zeolite 40% w								Komposisi Zeolite 60% w							
	SUHU								SUHU							
	30 °C		40 °C		50 °C		60 °C		30 °C		40 °C		50 °C		60 °C	
V	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)	t (men)	X (%)
1,5 m/s	75	13.27%	45	13.66%	40	13.41%	35	13.41%	65	13.41%	45	13.41%	40	13.17%	30	13.17%
2 m/s	70	13.27%	45	13.41%	40	13.17%	30	13.41%	65	13.17%	45	13.17%	35	13.41%	30	12.20%
2,5 m/s	65	13.51%	40	13.66%	35	13.41%	30	13.17%	55	13.41%	40	13.17%	35	13.17%	25	13.17%
3 m/s	65	13.27%	40	13.17%	30	13.66%	30	12.93%	55	13.17%	40	12.93%	30	13.41%	20	13.66%

Tabel 4.2 Pengaruh kondisi operasi terhadap proses pengeringan.

	Komposisi Zeolite 0% w								Komposisi Zeolite 20% w							
	SUHU								SUHU							
	30 °C		40 °C		50 °C		60 °C		30 °C		40 °C		50 °C		60 °C	
V	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope
1,5 m/s	0.0051	0.0075	0.0071	0.0260	0.0104	0.0354	0.0095	0.0390	0.0054	0.0205	0.0087	0.0363	0.0096	0.0480	0.0120	0.0609
2 m/s	0.0053	0.0089	0.0088	0.0354	0.0108	0.0480	0.0110	0.0496	0.0063	0.0240	0.0091	0.0374	0.0100	0.0512	0.0125	0.0632
2,5 m/s	0.0058	0.0128	0.0096	0.0524	0.0110	0.0547	0.0110	0.0564	0.0067	0.0274	0.0100	0.0420	0.0100	0.0542	0.0140	0.0648
3 m/s	0.0067	0.0205	0.0115	0.0655	0.0115	0.0664	0.0125	0.0690	0.0070	0.0312	0.0120	0.0480	0.0110	0.0590	0.0147	0.0664
	Komposisi Zeolite 40% w								Komposisi Zeolite 60% w							
	SUHU								SUHU							
	30 °C		40 °C		50 °C		60 °C		30 °C		40 °C		50 °C		60 °C	
V	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope	N _c	Slope
1,5 m/s	0.0066	0.0298	0.0077	0.0324	0.0100	0.0390	0.0120	0.0547	0.0068	0.0328	0.0090	0.0337	0.0105	0.0342	0.0145	0.0664
2 m/s	0.0070	0.0324	0.0092	0.0369	0.0100	0.0420	0.0140	0.0564	0.0072	0.0420	0.0094	0.0311	0.0125	0.0480	0.0150	0.0680
2,5 m/s	0.0073	0.0358	0.0100	0.0364	0.0110	0.0448	0.0140	0.0690	0.0080	0.0484	0.0105	0.0374	0.0135	0.0524	0.0173	0.0690
3 m/s	0.0076	0.0376	0.0105	0.0361	0.0120	0.0241	0.0140	0.0706	0.0088	0.0501	0.0105	0.0480	0.0145	0.0761	0.0200	0.0724

4.2 Pengaruh Kondisi Operasi terhadap Kualitas Fisik Gabah

Kualitas gabah diukur dari kadar air yang dikandungnya dan jumlah gabah utuh, patah dan menir ketika digiling (Patiwiri, 2006). Data jumlah % berat gabah utuh yang dihasilkan dari percobaan pada berbagai kondisi operasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Dari tabel ini, dapat disimpulkan ketiga kondisi operasi memiliki dampak pada kualitas gabah. Pengaruh yang paling signifikan ditunjukkan oleh suhu udara pengering. Gabah utuh terbanyak diperoleh ketika pengeringan dilakukan pada suhu 40 C dengan prosentase gabah utuh 94 - 96%, dan paling rendah diperoleh ketika pengeringan dilakukan pada suhu 60C dengan prosentase gabah utuh 80 – 83%. Gabah tergolong biji-bijian yang tidak tahan terhadap panas yang terlalu tinggi. Pengeringan gabah yang dilakukan pada suhu tinggi dapat menyebabkan gabah terlalu kering sehingga ketika digiling akan mudah patah sedangkan suhu yang terlalu rendah menyebabkan gabah sulit dipisahkan dari kulitnya.

Pengeringan gabah menggunakan sinar matahari menghasilkan gabah sosoh/utuh sebesar 20-21 % (Patiwiri, 2006). Menurut Kuswanto dkk (1982) kualitas gabah dikatakan baik jika dari 70% beras giling, terdiri dari 50% beras kepala dan 20% beras giling pengeringan dengan menggunakan sinar matahari menyebabkan kehilangan hasil panen. Selain factor kualitas gabah, kualitas mesin pun sangat berpengaruh pada proses penggilingan gabah.

Adapun pengaruh laju alir udara pengeringan dan zeolit yaitu dengan laju alir yang tinggi dan jumlah zeolit yang cukup, pengeringan akan terjadi lebih cepat sehingga waktu kontak gabah dengan panas akan berkurang sehingga kualitas gabah akan lebih baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Osorio-Revilla, dkk (2006) dimana pada penelitiannya mereka menyimpulkan zeolite sangat baik dalam hal transfer massa dan panas sehingga membuat laju pengeringan tinggi.

Dari perbandingan penelitian ini dengan penelitian lainnya, dapat dikatakan penelitian ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini layak.

Tabel 4.3 Jumlah % gabah utuh pada berbagai kondisi operasi

Suhu (°C)	Laju Alir 1.5 m/s				Laju Alir 2 m/s				Laju Alir 2.5 m/s				Laju Alir 3 m/s			
	Zeolit				Zeolit				Zeolit				Zeolit			
	0% w	20% w	40% w	60% w	0% w	20% w	40% w	60% w	0% w	20% w	40% w	60% w	0% w	20% w	40% w	60% w
30	94.2	95.86	95.26	95.97	94.86	94.08	94.87	96.16	93.51	93.88	94.21	95.73	93.85	94.86	95.32	96.06
40	95.26	94.46	96.16	95.26	95.1	95.7	95.68	96.76	94.34	95.77	96.72	96.97	94.58	95.11	96.73	96.73
50	84.74	85.28	86.21	86.82	85.73	85.88	86.74	87.73	85.47	85.16	86.21	87.52	83.67	84.78	85.35	87.24
60	80.64	81.34	81.64	82.76	80.25	81.25	82.08	83.64	81	82.64	83.64	83.8	80	81.34	82.74	83.9

4. Kesimpulan

1. Semakin tinggi suhu udara pengering, maka laju pengeringan semakin cepat. Laju pengeringan tertinggi dicapai ketika suhu 60 °C, tetapi jika ditinjau dari % gabah utuh yang dihasilkan, suhu terbaik untuk pengeringan ini adalah 40 °C.
2. Semakin tinggi laju alir udara pengering maka laju pengeringan juga semakin cepat. Laju pengeringan tertinggi dicapai pada variabel laju alir 3 m/s
3. Semakin banyak % w zeolit, proses pengeringan berlangsung semakin cepat. Dalam hal ini, rasio terbaik adalah 60% zeolit.
4. Kualitas fisik gabah terbaik dicapai ketika suhu udara pengering 40 °C.
5. Kenaikan laju alir udara pengering dan % w zeolite mampu meningkatkan kualitas fisik gabah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Proses & Laboratorium Rekayasa Proses dan Kimia atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2010. *Fluized Bed Reactor*. Diakses dari <http://en.wikipedia.org/> pada tanggal 20 Juni 2011.
- Atuonwu, dkk. *Optimizing Energy Efficiency in Low Temperature Drying by Zeolite Adsorption and Process Integratio*. Chemical Engineering Transaction, volume 25, 2011.
- BPS Propinsi Sumatera Barat. 2001. *SUMBAR Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Sumatera Barat. Padang.
- Cao, W., Nishiyama, Y., Koide, S., and Lu, H.Z. (2004). Drying enhancement of rough rice by electric field. *Biosystems Engineering*. 84(4): 445 – 451.
- Dahlan, Bahrin M. 1995. *Penanganan Lepas Panen Padi*. Balai Pustaka. Jakarta.
- Djaeni, Mohammad, dkk . 2007. *Process Integration for Food Drying with Air Dehumidified by Zeolite*. Jurnal Drying Technology 25 (1) 225-239.
- Djaeni, M. 2008. *Energy Efficient Multistage Zeolite drying for Heat Sensitive Product*, Doctoral Thesis. Wageningen University. The Netherlands. ISBN: 1978-90-8585-209-4
- Daulay, Saipul Bahri. 2005. *Pengeringan Padi*. Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- Hasibuan, Rosdanelli. 2004. *Mekanisme Pengeringan*. Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/> pada tanggal 20 Juni 2011.
- Hermawan, Yuni. 2005. *Sistem Pengering Gabah Dengan Efek Tarikan Cerobong Berbahan Bakar Limbah Sekam*. Universitas Jember, Jember.
- Pan Y. K., Li J. G., Zhao L. J., Ye W. H., Mujumdar A. S., Kudra T. (2001). Performance Characteristics of The Vibrated Fluid Bed of Inert Particles for Drying of Liquid Feeds. *Journal of Drying Technology*. 19(8), 2003–2018.
- Pakorn, Luangmalawat, dkk. *Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice*. *LWT - Food Science and Technology* vol. 41 issue 4 May, 2008.
- Prayitno, Teguh. 2010. *Grain Drying Room-AT89S51 Microcontroller Based*. Universitas Gunadarma, Jakarta. Diakses dari <http://papers.gunadarma.ac.id/> pada tanggal 20 Juni 2011.
- Sito, Jakes. 2011. *Cara Pengeringan Padi*. PPL THL TBPP Departemen Indonesia, Jakarta. Diakses dari <http://penyuluhthl.wordpress.com/> pada tanggal 20 Juni 2011.
- Taib, G., dkk. 1988. *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta : PT. Mediatama Sarana Perkasa.
- Tamam, Zuhri . 2005. *Perancangan Mesin Pengering Gabah Tipe Aliran Campur (Mixed-Flow Dryer) Kapasitas 10 Ton/Proses*. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Winata, Ahmad MH & Rachmat Prasetyo. 2008. *Karakteristik Pengeringan Gabah Pada Alat Pengering Kabinet (Tray Dryer) Menggunakan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar*. Universitas Diponegoro, Semarang.