

Pengaruh Tinggi Tumpukan dan Proses *Tempering* Terhadap Mutu Gabah yang Dikeringkan dengan *Fluidized Bed Dryer*

Effect of Static Height and Tempering Process on The Quality Rice Dried with Fluidized Bed Dryer

Devi Tanggasari^{a*}, Leopold Oscar Nelwan^b, Muhamad Yulianto^b dan I Wayan Astika^b

^a Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa
Jl. Raya Olat Maras Batu Alang, Pernek, Kec. Moyo Hulu Kabupaten Sumbawa NTB 84371

^b Departemen Teknik Pertanian and Biosistem (TPB), Fakultas Teknologi Pertanian (Fateta), Institut Pertanian Bogor (IPB)
Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Riwayat Naskah:

Diterima 08 2019
Direvisi 12 2022
Disetujui 12 2022

ABSTRAK: Salah satu pengeringan mekanis yang dapat diterapkan untuk mengeringkan gabah yaitu *fluidized bed dryer* (FBD), namun penggunaan suhu tinggi yang terlalu lama dapat mempengaruhi kualitas gabah yang dihasilkan sehingga diperlukan proses *tempering*. *Tempering* dilakukan di antara pengeringan pertama dan pengeringan selanjutnya untuk mencegah terjadinya keretakan. Tujuan penelitian ini adalah menguji kinerja pengeringan FBD dua tahap dengan dan tanpa *tempering*, serta menguji mutu beras berdasarkan persentase beras kepala dan beras patah hasil pengeringan menggunakan FBD dengan dan tanpa *tempering* yang dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu udara lingkungan. Secara garis besar gabah dikeringkan menggunakan alat pengering FBD hingga kadar air $\pm 20\%$ basis basah dengan tinggi tumpukan 10 dan 15 cm, kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* dan dikeringkan menggunakan udara lingkungan. Fluidisasi dapat berlangsung dengan baik pada kisaran kecepatan superfisial 3,963-3,946 m/s di tinggi tumpukan 10 cm dan 3,640-3,623 m/s pada tinggi tumpukan 15 cm. Persentase beras kepala yang paling tinggi terdapat pada perlakuan yang menggunakan *tempering* selama 2 jam dan dilanjutkan dengan kering angin lingkungan sebesar 96,38 \pm 0,180% pada tinggi tumpukan 10 cm dan 92,38 \pm 0,333% pada tinggi tumpukan 15 cm, sedangkan perlakuan *tempering* yang dikeringkan kembali menggunakan FBD menghasilkan persentase beras kepala yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa *tempering* yaitu sebesar 86,23 \pm 0,201% pada tinggi tumpukan 10 cm dan 84,41 \pm 0,279% pada tinggi tumpukan 15 cm.

Kata kunci: *fluidized bed drying*, gabah, kecepatan superfisial, *tempering*, beras kepala

ABSTRACT: One of the mechanical drying that can be applied to dry the grain is fluidized bed dryer (FBD), but the use of high temperature for long time can affect the quality of grain produced. Hence, *tempering* is needed in this process. *Tempering* is performed between the first drying and the subsequent drying to prevent cracking. The purpose of this research was to conduct performance test of the two-stage fluidized bed dryer and to observe its quality. Grain was dried using FBD dryer until the moisture content reached $\pm 20\%$ (wb) at different static bed height and residence time; 10 and 15 cm, then continued with the *tempering* and ambient air drying. Fluidization can take place well at the superficial velocity, i.e., 3.963-3.946 m/s at 10 cm bed height and 3.640-3.623 m/s at 15 cm bed height. The highest percentage of head rice was found in the treatment using *tempering* for 2 hours and followed by the air dry: 96.38 \pm 0.180% at 10 cm bed height and 92.38 \pm 0.333% at 15 cm bed height, while the two-stage FBD with *tempering* treatment resulted in a higher percentage of head rice compared to the treatment without *tempering* which were 86.23 \pm 0.201% at 10 cm bed height and 84.41 \pm 0.279% at 15 cm bed height.

Keywords: fluidized bed drying, rice, superficial velocity, *tempering*, head rice

* Kontributor utama
Email : devitanggasari@gmail.com

1. Pendahuluan

Pengeringan merupakan salah satu proses penanganan bahan pangan dengan cara memanfaatkan energi panas untuk menguapkan kandungan air pada suatu bahan secara simultan (Nurmuliana, Jamaluddin, & Mustarin, 2022). Pengurangan kadar air bertujuan untuk mencegah pembusukan akibat dari mikroorganisme serta memperpanjang umur simpan bahan (Santoso, Muhidong, & Mursalim, 2018). Salah satu hasil pertanian yang memerlukan proses pengeringan pasca panen yaitu gabah. Pengeringan gabah yang banyak diterapkan oleh petani di Indonesia masih dilakukan secara tradisional dengan penjemuran di bawah sinar matahari. Proses pengeringan ini memiliki kendala yaitu ketergantungan terhadap cuaca dan lamanya waktu pengeringan sehingga dibutuhkan pengeringan secara mekanis.

Salah satu pengeringan mekanis yang dapat diterapkan untuk mengeringkan bahan dengan kadar air tinggi seperti gabah adalah *fluidized bed dryer*. Mesin pengering akan memberikan hasil gabah kering giling yang berbeda-beda tergantung pada proses pengeringan yang dilakukan. Konsep utama mesin pengering gabah adalah mengeluarkan air dari gabah dengan menggunakan udara sebagai media pengeringan. Salah satu pengeringan mekanis yang dapat diterapkan dalam proses pengeringan gabah yaitu pengering tumpukan fluidisasi (*Fluidized Bed Dryer*, FBD), dan pengeringan ini sudah digunakan secara komersial di berbagai negara (Soponronnarit, 2003). Dibandingkan dengan jenis pengering lainnya, FBD mempunyai beberapa keunggulan seperti konsumsi energi yang rendah, *drying rate* yang lebih cepat dan kandungan air pada produk seragam karena transfer panas dan massa lebih cepat (Soponronnarit, 2003). Keuntungan lainnya yaitu memiliki kapasitas pengeringan yang cukup besar sehingga dapat mengurangi biaya awal karena memiliki ruang pengering yang lebih kecil, sirkulasi bahan yang signifikan yang dapat mengurangi beras pecah dan meningkatkan hasil beras kepala (Soponronnarit, 1999).

Pengeringan FBD pada umumnya menggunakan suhu udara masuk cukup tinggi yaitu mencapai 140–150°C (Soponronnarit, 1999) sehingga mempercepat proses pengeringan air bebas pada bahan, tetapi akan mengonsumsi energi yang cukup besar dan mengurangi mutu produk bahan jika dikeringkan secara terus-menerus, karena bahan yang terkena suhu tinggi yang terlalu lama atau lebih dari 3 menit akan mengalami *over drying* dan menyebabkan adanya beda tekanan kadar air pada biji tunggal sehingga membuat beras lebih mudah patah saat digiling.

Gabah juga memiliki sifat *glass transition* (T_g), dimana T_g merupakan suhu karakteristik bahan

berubah dari keadaan *glassy* ke kondisi *rubbery*. Pengeringan pada suhu tinggi yaitu suhu 60°C bisa dilakukan tanpa mengurangi jumlah beras kepala yang dihasilkan jika gabah terlebih dahulu dilakukan proses *tempering* dan dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan udara lingkungan (Cnossen & Siebenmorgen 2000).

Tempering dilakukan di antara pengeringan pertama dan pengeringan selanjutnya agar gradien kadar air gabah di dalam bahan terminimalisasi sehingga dapat mencegah terjadinya keretakan (Prasetyo *et al.*, 2008). Proses *tempering* dilakukan untuk menyeragamkan kadar air bahan sehingga kandungan air pada bagian tengah gabah akan bermigrasi menuju lapisan terluar gabah tetapi tidak dapat keluar karena tidak terdapat udara panas untuk membantu proses penguapan, sehingga diperlukan pengujian pengeringan menggunakan FBD dan proses *tempering* sampai kadar air $\pm 14\%$ bb untuk mengetahui mutu dan jumlah beras kepala yang dihasilkan.

Pada penelitian ini gabah dikeringkan menggunakan FBD dari kadar air $\pm 28\%$ bb mencapai $\pm 20\%$ bb, ini sesuai dengan salah satu hasil penelitian yang menggunakan alat pengering fluidisasi pada pengeringan padi yang memiliki kadar air 28,2% sampai 20,5% menghasilkan beras kepala sebanyak 58 – 61% tetapi ketika dikeringkan sampai kadar air 19% beras kepala yang dihasilkan adalah 15 – 24% (Sutherland & Ghaly, 1990). Tujuan penelitian ini adalah menguji kinerja pengeringan FBD dua tahap dengan dan tanpa *tempering*, serta menguji mutu beras berdasarkan persentase beras kepala dan beras patah dari hasil pengeringan menggunakan FBD dengan dan tanpa *tempering* dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu udara lingkungan.

2. Bahan dan Metode

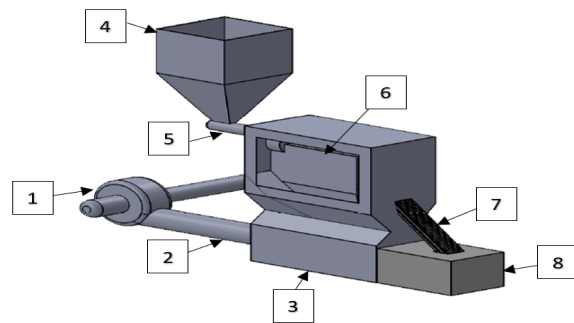
2.1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah gabah varietas Ciharang yang diperoleh dari kelompok tani di Bogor, Jawa Barat dengan massa total 30 kg dengan kadar air awal gabah $\pm 28\%$ bb.

2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian pengeringan gabah adalah alat pengering FBD ditunjukkan pada Gambar 1 yang telah didesain dan difabrikasi oleh LPPM-IPB (Aswidinnoor *et al.*, 2016) dengan tipe blower sentrifugal model CZ-750, lemari pengeringan udara lingkungan, perangkat komputer, alat *tempering*, rekorder suhu, *termokopel* tipe-K, anemometer tipe kanomax 6501, *inverter* merek LS tipe SV015iC5-1, desikator buatan, oven pengering tipe SS-204 D, timbangan

digital, penggiling gabah (*husker*) merek Satake, penyosoh beras merek Satake, *grader* beras merek Satake.



Keterangan:

- | | |
|------------|-----------------------|
| 1 = blower | 5 = screw feeder |
| 2 = heater | 6 = ruang pengeringan |
| 3 = plenum | 7 = saluran output |
| 4 = hopper | 8 = ruang tempering |

Gambar 1. Pengering *fluidized bed*

2.3. Metode

2.3.1. Menentukan laju pengumpanan *fluidized bed*

Aliran bahan yang menyerupai fluida mengakibatkan bahan mengalir secara kontinu sehingga diperlukan analisis perhitungan jumlah tumpukan yang berada pada ruang pengering yang memerlukan data awal, yaitu jumlah bahan pada ruang pengering (*hold up*) dengan menentukan tinggi tumpukan awal, waktu tinggal (*residence time*), laju pengumpanan bahan (*feed rate*) dan tinggi pintu keluar bahan. Nilai input dan output bahan pada ruang pengering harus sama sehingga nilai akumulasinya adalah nol sehingga massa pada ruang pengering tetap konstan.

2.3.1.1. Penentuan *static height* dan *hold up*

Hold up merupakan jumlah bahan yang berada pada ruang pengering *fluidized bed* yang ditentukan dengan kemampuan *blower* untuk mengangkat bahan agar proses fluidisasi terjadi. Rendah dan tingginya *hold up* sangat berpengaruh dengan kadar air bahan yang diinginkan sehingga jumlah bahan pada ruang pengering harus sama dengan nilai *hold up* yang ditentukan. Adapun tahapan pengukuran *hold up* di dalam ruang pengering *fluidized bed* yaitu (1) Gabah Kering Panen (GKP) dibersihkan, (2) Pintu pengeluaran bahan ditutup secara keseluruhan, (3) GKP dimasukkan ke bagian dasar kasa dan diukur nilai *hold up* dengan membutuhkan pengujian berulang terhadap ketebalan *static height* yang berbeda yaitu 5, 10, 15 dan 20 cm, (4) Mengukur *static height* GKP dari dasar kasa, (5)

Menghidupkan *blower* dan mengamati semburan gabah berdasarkan kemampuan kipas (*blower*), (5) Catat massa *hold up*.

2.3.1.2. *Residence time*

Residence Time atau waktu tinggal adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan bahan dari kadar air $\pm 28\%$ bb mencapai kadar air 20% bb pada suhu 60–70°C. Tahapan pengukuran waktu tinggal (*residence time*) di dalam ruang pengering *fluidized bed* yaitu: GKP dibersihkan, kemudian pintu input dan output (*weir*) ditutup secara keseluruhan dan dimasukkan massa *hold up* ke bagian dasar kasa yang telah diukur kadar air awalnya, selanjutnya *blower* dan *heater* (elemen pemanas) dinyalakan dan diambil sampel sebanyak 5 gram secara berkala setiap 2 menit kemudian di oven, sehingga diperoleh waktu tinggal (*residence time*) hingga kadar air mencapai $\pm 20\%$ bb.

2.3.1.3. Pengujian dan pengaturan *feed rate*

Laju pengumpanan bahan (*feed rate*) ditentukan oleh jumlah bahan yang masuk (*input*) dan jumlah bahan yang keluar (*output*) dari suatu proses pengeringan. Laju pengumpanan bahan (*feed rate*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$F = \frac{\text{Hold up}}{\tau} \quad (1)$$

Keterangan:

- F = Laju pengumpanan bahan (kg/menit)
Hold up = Massa GKP di ruang pengering (kg)
 τ = *Residence time* (menit)

Data laju pengumpanan bahan (*feed rate*) yang diperoleh akan disesuaikan dengan ketinggian *weir* agar tercapai kesetimbangan massa di dalam ruang pengering pada saat pengeringan berlangsung.

$$\text{LPB} = \frac{m}{\Delta t} \quad (2)$$

Keterangan:

- m = massa bahan yang keluar dari ruang pengering (gram)
 Δt = waktu pengambilan sampel (menit)

Nilai *hold up*, *residence time*, pengujian dan pengaturan *feed rate* akan menentukan rancangan percobaan pengujian FBD, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan matrik penelitian seperti yang disajikan pada Tabel 1 dengan suhu dan kecepatan aliran udara yang seragam.

Tabel 1

Matrik penelitian (percobaan)

Tinggi tumpukan (cm)	Proses pengeringan	Analisis mutu
10	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + <i>tempering</i> (2 jam) + udara lingkungan (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak
	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + <i>tempering</i> (2 jam) + <i>fluidized bed</i> (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak
	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + udara lingkungan (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak
15	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + <i>tempering</i> (2 jam) + udara lingkungan (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak
	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + <i>tempering</i> (2 jam) + <i>fluidized bed</i> (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak
	<i>Fluidized bed</i> (20% bb) + udara lingkungan (14% bb)	Butir beras, butir patah, butir menir, butir kapur, butir dan kuning/rusak

2.3.2. Prosedur pengujian kinerja pengering *fluidized bed*

Pada penelitian ini dilakukan pengeringan dengan tiga percobaan dimana Percobaan 1 akan dilakukan pengeringan menggunakan FBD tanpa ada proses *tempering* dan dilanjutkan dengan pengeringan suhu udara lingkungan (*ambient air temperature*) yang telah didesain oleh Saputra (2017) hingga kadar air <14% bb.

Percobaan 2 dilakukan pengeringan FBD dan proses *tempering* pengeringan suhu udara hingga kadar air <14% bb. Sedangkan untuk Percobaan 3 dilakukan pengeringan menggunakan FBD dan proses *tempering*, kemudian dilanjutkan kembali menggunakan FBD hingga kadar air siap giling (<14% bb). Sedangkan perlakuan kontrol dilakukan dengan cara bahan dikeringkan menggunakan udara kering lingkungan hingga kadar air <14 bb%.

Pengujian kinerja pada alat pengering FBD dilakukan setelah memperoleh nilai laju pengumpanan bahan. Adapun prosedur pengujiannya yaitu gabah kering panen dibersihkan terlebih dahulu sebanyak 30 kg dan dimasukkan ke dalam *hopper* dan diumpukan secara kontinyu ke ruang pengering dengan bantuan *screw feeder* melalui pengatur frekuensi di *inverter*, selanjutnya *blower* dan *heater* dinyalakan bersamaan dengan *screw feeder* agar proses pengeringan gabah berlangsung, gabah yang keluar dari ruang pengering selama waktu 10 menit ditimbang sehingga dapat dicari laju pengeluaran bahan (LPB) (Persamaan 2). Sampel sebanyak 5 gram diukur kadar airnya setiap 30 menit dengan metode oven. Setelah proses pengeringan berlangsung, sampel sebanyak 2 kg diambil untuk dikeringkan dengan pengeringan suhu udara lingkungan (*ambient air temperature*) hingga kadar air <14% bb (Percobaan 1), selanjutnya gabah ditimbang sebanyak 25 kg dan di *tempering* selama 2 jam. Gabah yang sudah melewati tahap *tempering* akan dikeringkan dengan pengeringan suhu udara lingkungan (*ambient air temperature*) hingga mencapai <14% bb sebanyak 2

kg (Percobaan 2), dan akan dikeringkan kembali menggunakan alat pengering FBD sebanyak 20 kg hingga mencapai <14% bb (Percobaan 3). Apabila suhu udara lingkungan tidak cukup untuk menurunkan kadar air hingga <14% bb maka diperlukan penjemuran sekitar 10 – 15 menit (Saputra, 2017). Gabah dengan kadar air <14% bb digiling dan disosoh, selanjutnya diuji mutunya menggunakan *whitenees meter* untuk derajat putih beras dan persentase beras kepala dan beras patah serta rendemen beras giling (MRY) dan rendemen beras patah (HRY) (Persamaan 3 – 4 (BSNI, 2015)).

$$HRY = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (3)$$

$$MRY = \frac{C}{B} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

A = bobot beras kepala (gram)

B = bobot gabah awal (gram)

C = bobot beras sebelum penyosohan (gram)

2.3.3. Analisis data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan faktor ketebalan (tinggi tumpukan) dan faktor perlakuan (percobaan) sebanyak tiga kali ulangan. Data dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis Of Variance*), apabila terdapat pengaruh nyata terhadap peubah yang diamati maka diuji lanjut menggunakan uji *Duncan's*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Laju pengumpanan dan laju pengeluaran bahan pengeringan *fluidized bed*

Berdasarkan hasil percobaan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada pengukuran tinggi tumpukan (*static height*) yang dimulai dari 5, 10, 15 dan 20 cm diperoleh *static height* minimal

yang dapat digunakan yaitu 10 cm dan maksimal 15 cm karena pada tinggi tumpukan tersebut terlihat bahwa semburan yang dihasilkan merata sehingga proses pengeringan bisa berlangsung secara optimal. Sedangkan pada tinggi tumpukan 5 cm tidak dapat digunakan karena mengalami semburan (*fountain*) yang sangat besar dan pada tinggi tumpukan 20 cm mengalami semburan yang tidak merata yang mengakibatkan proses pengeringan tidak terjadi dengan seragam. Hal ini sesuai dengan pendapat Soponronnarit, Rordprapat & Wetchacama (2007) menyatakan bahwa pengeringan secara optimal terjadi jika semburan angin pada proses pengeringan merata di ruang pengering. Selain itu proses pengeringan juga dipengaruhi oleh kemampuan kipas (*blower*) sebagai sumber udara untuk mengangkat gabah agar proses fluidisasi terjadi.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Tinggi tumpukan 10 cm pada Percobaan 1, 2, dan 3 memiliki massa bahan sebanyak 2,3 kg dengan laju pengumpanan bahan pada Percobaan 1 dan 2 sebesar 0,2875 kg/menit dan pada Percobaan 3 sebesar 0,3883 kg/menit. Pada tinggi tumpukan 15 cm pada Percobaan 1, 2, dan 3 memiliki massa bahan sebanyak 4,5 kg dengan laju pengumpanan bahan pada Percobaan 1 dan 2 sebesar 0,3750 kg/menit, dan pada Percobaan 3 sebesar 0,4500 kg/menit. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tumpukan bahan maka penguapan air yang terjadi akan semakin meningkat dan mempengaruhi waktu tinggal bahan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Idakiev & Morl (2013) bahwa tingginya tumpukan bahan akan mempengaruhi jumlah air yang akan diuapkan serta lamanya proses pengeringan berlangsung. Sedangkan *Residence time* terjadi akibat banyaknya bahan yang masuk ke ruang pengering selama proses pengeringan, dan faktor lain yang memengaruhi waktu tinggal adalah dimensi ruang pengering.

Berdasarkan hasil pengujian kinerja pengeringan FBD pada gabah yang dikeringkan dengan suhu rata-rata ruang pengering yang hampir seragam pada tinggi tumpukan 10 dan 15 cm berkisar antara $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Menurut Yahya dan Fudholi (2016) bahwa suhu udara ruang pengering yang bisa digunakan untuk pengeringan terfluidisasi berkisar antara $60 - 70^{\circ}\text{C}$.

Suhu rata-rata pada tinggi tumpukan 10 cm Percobaan 1 dan 2 sebesar $62,28^{\circ}\text{C}$ dan pada Percobaan 3 sebesar $63,50^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada tinggi tumpukan 15 cm Percobaan 1 dan 2 sebesar $61,37^{\circ}\text{C}$ dan pada Percobaan 3 sebesar $61,01^{\circ}\text{C}$. Suhu rata-rata ruang pengering lebih rendah dari rata-rata suhu udara masuk ruang pengering disebabkan oleh kandungan kadar air bahan yang berada pada ruang pengering. Kenaikan suhu udara pengering mampu mempercepat waktu

pengeringan (Graciafernandy, 2012). Semakin tinggi suhu udara maka RH akan semakin rendah sehingga kemampuan udara menampung uap air yang teruapkan dari bahan semakin tinggi (Tanggasari, 2014).

Alat pengering *fluidized bed* memiliki keuntungan utama yaitu produk hasil pengeringan memiliki kadar air yang seragam dan laju pengeringan yang cepat dengan kapasitas pengeringan yang tinggi (Athajariyakul & Leephakpreeda, 2005) dan (Chua & Chou, 2003). Proses pengeringan pada penelitian ini menggunakan FBD hingga kadar air $\pm 20\%$ bb di setiap percobaan dengan waktu tinggal yang berbeda-beda, kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* selama 2 jam dan kering angin udara lingkungan hingga kadar air $\pm 14\%$ bb. Hal ini sesuai dengan pernyataan Syafarudin (2018) bahwa pengeringan yang optimal dilakukan hingga kadar air 14%.

Proses kering udara lingkungan dilakukan setelah pengeringan menggunakan FBD. Proses kering udara lingkungan merupakan proses pengeringan lanjutan yang aman untuk penyimpanan gabah jangka panjang hingga kadar air gabah 14 - 16% bk (Tirawanichakul *et al.*, 2007). Penggunaan pengering FBD pada langkah awal di setiap percobaan dilakukan karena pengering FBD mampu mengurangi kadar air awal bahan yang cukup tinggi dan dilanjutkan dengan tahapan yang lain sebagai pengering lanjutan hingga kadar air siap giling yaitu 14%bb (Chakraborty *et al.*, 2017). Penurunan kadar air pada saat pengeringan terjadi secara cepat pada awal pengeringan dan melambat seiring dengan lama waktu pengeringan (Fithriani *et al.*, 2016) dan (Nurhawa *et al.*, 2016).

Berdasarkan *residence time* pada tinggi tumpukan 15 cm menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan pada tinggi tumpukan 10 cm. Hal ini disebabkan oleh banyaknya massa bahan (*hold up*) yang berada pada ruang pengering sehingga jumlah uap air yang diuapkan lebih besar. Semakin lama waktu tinggal maka akan semakin lama waktu pengeringan dalam sekali lintasan dan semakin banyak terjadi proses pindah panas dan pindah massa (Kelly, 1995). Sedangkan nilai laju pengumpanan bahan pada Percobaan 1 dan 2 lebih rendah dari laju pengumpanan pada Percobaan 3, karena dipengaruhi oleh *static height* dan *residence time* serta jumlah kadar air gabah yang akan dikeringkan. Parameter dasar pengering *fluidized bed* pada setiap percobaan ditunjukkan pada Tabel 2.

Gabah yang dikeringkan dengan FBD dilanjutkan dengan pengamatan laju pengeluaran bahan dengan cara mengatur tinggi *weir* sehingga massa awal gabah atau tinggi tumpukan gabah berada pada

Tabel 2

Parameter dasar pengering *fluidized bed* pada setiap percobaan

No	Deskripsi	Tumpukan 10 cm			Tumpukan 15 cm		
		Percobaan			Percobaan		
		1	2	3	1	2	3
1	<i>Hold up</i> (kg)						
	Tahap 1	2,3	2,3	2,3	4,5	4,5	4,5
	Tahap 2	-	-	2,3	-	-	4,5
2	<i>Statig height</i> (cm)						
	Tahap 1	10	10	10	15	15	15
	Tahap 2	-	-	10	-	-	15
3	Tinggi <i>weir</i> (cm)						
	Tahap 1	18	18	18	25	25	25
	Tahap 2	-	-	10	-	-	15
4	Laju pengeluaran bahan (kg/menit)						
	Tahap 1	0,2570	0,2570	0,2570	0,3550	0,3550	0,3550
	Tahap 2	-	-	0,3410	-	-	0,4170
5	Rataan suhu udara masuk ruang pengering (°C)						
	Tahap 1	70,51	70,51	70,51	69,77	69,77	69,77
	Tahap 2	KUL	KUL	70,69	KUL	KUL	68,87
6	<i>Residence time</i> (menit)						
	Tahap 1	8	8	8	12	12	12
	Tahap 2	-	-	6	-	-	10
7	Suhu rata-rata udara keluar ruang pengering (°C)						
	Tahap 1	57,48	57,48	57,48	54,62	54,62	54,62
	Tahap 2	-	-	57,43	-	-	52,97
8	Kadar air rata-rata (%bb)						
	Kadar air awal	28,76	28,76	28,76	28,90	28,90	28,90
9	Konsumsi energi (MJ/kg air yang diuapkan)						
	Panas	13,55	13,55	14,90	9,78	9,78	11,93
	Total	14,95	14,95	16,41	10,69	10,69	13,10

Keterangan : KUL (kering udara lingkungan)

keadaan seimbang di ruang pengering yaitu massa bahan yang masuk ke ruang pengering (*input*) sama dengan massa bahan yang keluar dari ruang pengering (*output*). Ketinggian pintu keluar (*weir*) bahan pada tinggi tumpukan 10 cm di Percobaan 1 dan 2 sebesar 28 cm sedangkan pada percobaan 3 sebesar 20 cm dari dasar kasa.

Gabah hasil pengeringan FBD dengan tinggi tumpukan 10 dan 15 cm pada masing-masing. Percobaan 2 memiliki beras kepala lebih banyak daripada Percobaan 1, 3 dan perlakuan kontrol. Sedangkan jumlah beras kepala pada Percobaan 3 lebih tinggi dari Percobaan 1 dan pengering suhu udara lingkungan (kontrol) pada kedua tinggi tumpukan. Hasil pengeringan FBD dari semua Percobaan pada tinggi tumpukan 10 dan 15 cm menghasilkan beras kepala yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil pengering suhu udara lingkungan terutama pada Percobaan 2 dan 3 karena adanya proses *tempering* disela-sela pengeringan sehingga jumlah beras kepala yang dihasilkan meningkat. *Tempering* bertujuan untuk menyeragamkan kadar air bahan dan mengurangi *stress* pada bahan. Tuyen, Truong, Fukai, & Bhandari (2009) dan Jaiboon, Prachayawarakorn, Devahastin & Soponronnarit (2009) menyatakan bahwa salah satu cara untuk mengurangi jumlah beras patah yaitu

dengan adanya proses *tempering* di tengah-tengah proses pengeringan.

Proses *tempering* yang dilakukan pada Percobaan 2 dan 3 dapat meningkatkan proses penguapan kadar air bahan ke lingkungan sehingga mempercepat waktu pengeringan karena pada proses *tempering* terjadi keseragaman kadar air dari inti bahan menuju permukaan bahan sehingga memudahkan untuk proses penguapan selanjutnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Maryana *et al* (2015) bahwa proses penguapan kadar air akan meningkat ketika bahan dilakukan proses *tempering* sehingga mengurangi waktu pengeringan. Nishiyama, Wei & Baoming (2006) dan Schluterman *et al* (2007) juga mengemukakan bahwa proses *tempering* dapat mempercepat waktu pengeringan karena terjadi difusi uap air dari dalam ke permukaan luar gabah untuk mengurangi gradien kelembaban dan meningkatkan laju pengeringan.

Interaksi antara tinggi tumpukan (10 dan 15 cm) dan jenis perlakuan pengeringan terdapat pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) pada pengeringan FBD, dimana tinggi tumpukan dan berbagai perlakuan sangat mempengaruhi jumlah beras kepala yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada perlakuan *tempering* di setiap tinggi tumpukan memiliki nilai yang lebih

tinggi ($P < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan tanpa *tempering*.

Nilai MRY dan HRY pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pengeringan FBD memiliki hasil yang lebih optimal. Hal ini dapat dilihat dari nilai MRY dan HRY terutama pada perlakuan *tempering* (Percobaan 2) daripada hasil pengering suhu udara lingkungan kecuali pada tinggi tumpukan 15 cm pada Percobaan 1 yang disebabkan oleh tingginya *residence time* pada tahap ini dan tanpa melalui proses *tempering* yaitu pengeringan menggunakan FBD dan dilanjutkan dengan pengeringan

menggunakan udara lingkungan hingga kadar air $< 14\%$ bb. Perbandingan rendemen gabah hasil penggilingan (MRY dan HRY) pada tinggi tumpukan 10 dan 15 cm, serta perlakuan kontrol disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 2 menunjukkan besarnya energi panas spesifik selama proses pengeringan yang digunakan pada Percobaan 1 dan 2 untuk menguapkan 1 kg uap air sebesar 3,77 kWh/kg (13,55 MJ/kg) dan energi listrik spesifik sebesar 4,15 kWh/kg (14,95 MJ/kg) untuk kapasitas pengeringan sebesar 15,45 kg/jam.

Tabel 3

Mutu beras hasil penggilingan beras varietas ciharang

Tinggi Tumpukan 10 cm					
No	Komponen Mutu	Satuan	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
1	Whiteness	%	50,20	50,37	51,17
2	Kadar air	%	14,46 ± 0,125	14,58 ± 0,385	14,42 ± 0,041
3	Beras kepala	%	83,72 ± 0,240 ^e	96,38 ± 0,180 ^a	86,23 ± 0,201 ^c
4	Butir patah	%	8,53 ± 0,180	2,30 ± 0,168	6,69 ± 0,213
5	Butir menir	%	7,15 ± 0,087	0,98 ± 0,116	6,64 ± 0,351
6	Total butir beras lainnya, terdiri atas butir merah, kuning/rusak, dan kapur	%	0,60 ± 0,023	0,34 ± 0,113	0,44 ± 0,193
Tinggi Tumpukan 15 cm					
1	Whiteness	%	52,63	51,27	51,20
2	Kadar air	%	14,25 ± 0,108	14,32 ± 0,240	14,43 ± 0,163
3	Beras kepala	%	80,55 ± 0,418 ^g	92,38 ± 0,333 ^b	84,41 ± 0,279 ^d
4	Butir patah	%	10,61 ± 0,120	3,31 ± 0,237	9,29 ± 0,216
5	Butir menir	%	8,37 ± 0,727	3,95 ± 0,509	5,93 ± 0,545
6	Total butir beras lainnya, terdiri atas butir merah, kuning/rusak, dan kapur	%	0,48 ± 0,190	0,36 ± 0,076	0,38 ± 0,090
KONTROL					
1	Whiteness	%		50,27	
2	Kadar air	%		14,71 ± 0,125	
3	Beras kepala	%		82,72 ± 0,606 ^f	
4	Butir patah	%		12,54 ± 0,166	
5	Butir menir	%		3,59 ± 0,331	
6	Total butir beras lainnya, terdiri atas butir merah, kuning/rusak, dan kapur	%		1,61 ± 0,264	

Keterangan: superskrip atau huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Tabel 4

Perbandingan rendemen gabah hasil penggilingan (MRY dan HRY)

Tinggi Tumpukan 10 cm					
No	Komponen Mutu		Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
1	Kadar air awal (%bb)		28,76	28,76	28,76
2	Kadar air akhir sebelum digiling (%bb)		14,46 ± 0,125	14,58 ± 0,385	14,42 ± 0,041
3	MRY (rendemen beras giling) (%)		66,83 ± 0,348	66,26 ± 0,239	65,97 ± 0,327
4	HRY (rendemen beras kepala) (%)		55,95 ± 0,175	63,84 ± 0,169	56,89 ± 0,405
Tinggi Tumpukan 15 cm					
1	Kadar air awal (%bb)		28,90	28,90	28,90
2	Kadar air akhir sebelum digiling (%bb)		14,61 ± 0,201	14,32 ± 0,240	14,43 ± 0,163
3	MRY (rendemen beras giling) (%)		65,63 ± 0,618	65,79 ± 0,360	64,75 ± 0,188
4	HRY (rendemen beras kepala) (%)		52,86 ± 0,264	60,78 ± 0,123	54,66 ± 0,177
KONTROL					
1	Kadar air awal (%bb)			28,76	
2	Kadar air akhir sebelum digiling (%bb)			14,71 ± 0,125	
3	MRY (rendemen beras giling) (%)			65,38 ± 0,399	
4	HRY (rendemen beras kepala) (%)			54,08 ± 0,408	

Keterangan: superskrip atau huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Sedangkan energi panas spesifik pada Perlakuan 3 tahap ke-2 sebesar 4,60 kWh/kg (16,54 MJ/kg) dan energi listrik spesifik sebesar 5,06 kWh/kg (18,20 MJ/kg) air yang diuapkan untuk kapasitas pengeringan sebesar 21,53 kg/jam. Total konsumsi energi panas spesifik pada Percobaan 3 dengan dua kali tahap menggunakan pengeringan FBD untuk menguapkan 1 kg uap air sebesar 4,14 kWh/kg (14,90 MJ/kg) dan total konsumsi energi listriknya sebesar 4,56 kWh/kg (16,41 MJ/kg). Konsumsi energi listrik dan energi panas yang digunakan untuk menguapkan kadar air pada proses pengeringan akan berbeda pada setiap jenis perlakuan tergantung dari laju kehilangan air yang terkandung pada bahan.

Besarnya energi panas spesifik selama proses pengeringan yang digunakan pada Percobaan 1 dan 2 di tinggi tumpukan 15 cm untuk menguapkan 1 kg uap air sebesar 2,72 kWh/kg (9,78 MJ/kg) dan energi listrik spesifik sebesar 2,97 kWh/kg (10,69 MJ/kg) air yang diuapkan untuk kapasitas pengeringan sebesar 20,11 kg/jam, sedangkan energi panas spesifik pada Percobaan 3 tahap ke-2 sebesar 3,98 kWh/kg (14,33 MJ/kg) dan energi listrik spesifik sebesar 4,63 kWh/kg (16,68 MJ/kg) air yang diuapkan untuk kapasitas pengeringan sebesar 25,28 kg/jam. Total konsumsi energi panas spesifik pada Percobaan 3 dengan dua kali tahap menggunakan pengeringan FBD untuk menguapkan 1 kg uap air sebesar 3,31 kWh/kg (11,93 MJ/kg) dan total konsumsi energi listriknya sebesar 3,64 kWh/kg (13,10 MJ/kg).

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan analisis energi pada alat pengering *fluidized bed*, konsumsi energi yang paling tinggi terdapat pada penggunaan bagian pemanas (*heater*) dibandingkan dengan bagian lainnya seperti *blower*, dan motor listrik karena menggunakan inverter yang berguna untuk menghemat *supply* listrik yang dibutuhkan. Konsumsi energi pada *blower* dan motor listrik pada tinggi tumpukan 10 cm Perlakuan 1 dan 2 sebesar (0,91 kWh) 3,27 MJ dan (0,30 kWh) 1,07 MJ, dan pada Perlakuan 3 sebesar (0,47 kWh) 1,68 MJ dan (0,11 kWh) 0,41 MJ. Sedangkan konsumsi energi pada *blower* dan motor listrik pada tinggi tumpukan 15 cm Perlakuan 1 dan 2 sebesar (0,68 kWh) 2,46 MJ dan (0,17 kWh) 0,61 MJ, dan Perlakuan 3 sebesar (0,47 kWh) 1,70 MJ dan (0,12 kWh) 0,43 MJ. Konsumsi energi panas spesifik dan listrik untuk menguapkan 1 kg uap air pada proses pengeringan gabah dari tinggi tumpukan serta tahapan pengeringan yang berbeda-beda disajikan pada Tabel 2.

Jumlah keseluruhan energi yang digunakan pada setiap Perlakuan 1 lebih rendah dari Perlakuan 2 dan 3 pada kedua tinggi tumpukan

yang digunakan, karena pada Percobaan 1 dilakukan pengeringan FBD hingga kadar air $\pm 20\%$ bb dan dilanjutkan dengan memanfaatkan udara lingkungan untuk pengeringan selanjutnya hingga kadar air $< 14\%$ bb, ini sama halnya pada Percobaan 2 yang memanfaatkan udara lingkungan setelah proses pengeringan FBD berlangsung hingga kadar air siap giling.

Jumlah keseluruhan konsumsi energi pada tinggi tumpukan 10 cm lebih besar dari tinggi tumpukan 15 cm karena laju pengumpanan dan laju bahan keluar lebih sedikit yang dipengaruhi oleh total lama waktu pengeringan bahan di dalam ruang pengering sehingga membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama dibandingkan pada tinggi tumpukan 15 cm dan menyebabkan meningkatnya jumlah total keseluruhan konsumsi energi yang dibutuhkan dalam proses pengeringan pada tinggi tumpukan 10 cm. Sedangkan jumlah total konsumsi energi listrik untuk menguapkan 1 kg uap air pada tinggi tumpukan 15 cm lebih banyak daripada tinggi tumpukan 10 cm yang disebabkan oleh massa bahan pada tinggi tumpukan 15 cm lebih banyak yaitu sebesar 4,5 kg dibandingkan pada tinggi tumpukan 10 cm yaitu sebesar 2,3 kg.

4. Kesimpulan

Fluidisasi secara optimal terjadi pada tinggi tumpukan 10 dan 15 cm dengan jumlah persentase beras kepala yang paling tinggi terdapat pada perlakuan yang menggunakan proses *tempering* disetiap perlakuannya. Nilai HRY dan MRY pada tinggi tumpukan 10 cm dan 15 cm pada perlakuan *tempering* dan kering angin lingkungan menghasilkan nilai HRY dan MRY yang lebih besar daripada perlakuan tanpa *tempering*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tim penyusun jurnal, dan Tim pengamatan selama proses penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Aswidinnoor, H., Guntoro, D., Nelwan, L., Hubeis, M., Sugiyanta, Wiyono, S., (2016). *Diseminasi Varietas IPB 3S dengan Teknologi Produksi Padi IPB Prima untuk Mewujudkan Swasembada Pangan di Indonesia*. LPPM-IPB.
- Atthajariyakul, S., & Leephakpreeda, T. (2005). Fluidized bed paddy drying optimal conditions via adaptive fuzzy logic control. *Journal of Food Engineering*, 75, 104-114.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2015). *Beras*. SNI 6128. Jakarta (ID).
- Chakraborty, S., Hazarika, M.K., Khobragade, C.B., Paul, S.K., & Bora, J., (2017). Study on in-bed drying system for the drying of paddy in Assam. *International Food Research Journal* ,24, 1345–1348.
- Chua, K.J., & Chou, S.K. (2003). Low-cost drying methods for developing countries. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 519–528.
- Cnossen, A.G., & Siebenmorgen, T.J., 2000. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: Effect on Milling Quality. *ASAE*, 43, 1661–1167.
- Damardjati, D.S., & Purwani, E.Y. (1991). *Mutu beras*. Di dalam: Padi-Buku 3. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor (ID).
- Fithriani, D., Assadad, L., & Siregar, A. (2016). *Karakteristik Dan Model Matematika Kurva Pengeringan Rumput Laut*. 159–170.
- Graciafernandy, M.A. (2012). Pengaruh suhu udara pengering dan komposisi zeolit 3a terhadap lama waktu pengeringan gabah pada fluidized bed dryer. *Momentum*, 8, 6–10.
- Idakiev, L., & Morl. (2013). Study of residence time of disperse materials in continuously operating fluidized bed apparatus. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 48, 451–456.
- Jaiboon, P., Prachayawarakorn, S., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2009). Effects of fluidized bed drying temperature and tempering time on quality of waxy rice. *Journal of Food Engineering*, 95, 517–524.
- Kelly, J.J. (1995). *Rotary Drying [editorial]*. *Handbook of Industrial Drying*. Ed ke-2. New York (USA): Marcel Dekker Inc.
- Maryana, Y.E., Ismia, D., & Raharjo, B. (2015). Tempering influence for Water Levels and Time Changing on Paddy Grain Sun Drying in Tidal Low Land, Banyuasin District. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*; 2015 Oktober 8–9 Palembang. (ID): ISBN 979–587–580–9.
- Nishiyama, Y., Wei, Cao., & Baoming, Li. (2006). Grain intermitten drying characteristics analyzed by a simplified model. *Journal of Food Engineering*, 76, 272–279. Elsevier.
- Nurhawa, N., Muhidong, J., & Mursalim, M. (2016). Perubahan Dimensi Temu Putih (*Curcuma zedoaria Berg. Roscoe*) Selama Pengeringan. *Jurnal Agritechno*, 44–54.
- Nurmuliana, E., Jamaluddin, J., & Mustarin, A. (2022). Model Matematika Lapisan Tipis Pengeringan Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.26858/jtp.v8i1.21675>
- Prasetyo, T., Kamaruddin, A., Made, I.K.D., Armansyah, H.T., & Nelwan, L.O. (2008). Pengaruh waktu pengeringan dan tempering terhadap mutu beras pada pengeringan gabah lapisan tipis. *J Ilmiah Semesta Teknik*, 11, 29–37. Yogyakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Santoso, D., Muhidong, D., & Mursalim, M. (2018). Model Matematis Pengeringan Lapisan Tipis Biji Kopi Arabika (*Coffeae Arabica*) dan Biji Kopi Robusta (*Coffeae Canephora*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(1), 86. <https://doi.org/10.25077/jtpa.22.1.86-95.2018>.
- Saputra, M.A. (2017). *Uji Kinerja Pengering Spouted Bed Dua Dimensi Untuk Pengeringan Gabah* (Skripsi). IPB (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Schluterman, D.A., & Siebenmorgen, T.J. (2007). Relating rough rice moisture content reduction and tempering duration to head rice yield reduction. *Transactions of The ASAE*, 50, 137–142.
- Sopanronnarit, S., Rordprapat, W., & Wetchacama, S. (2007). Mobile fluidized bed paddy dryer. *Drying Technology: an International Journal*, 16, 1501–1513.
- Sopanronnarit, S. (1999). *Fluidised bed paddy drying*. *Science Asia*, 25, 51–56. Bangkok (TH).
- Sopanronnarit, S. (2003). Fluidised bed grain drying. *Proceedings of the 3rd Asia-Pacific Drying Conference*. 1–3 September 2003. Asian Institute of Technology, Bangkok. Thailand. 55–71.
- Sutherland, J.W., & Ghaly, T.F. (1990). Rapid-fluid bed drying of paddy rice in the humid tropics. Presented at 13th ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology. Brunei Darussalam.
- Syafaruddin, A.R. (2018). *Rancangan sistem pemanasan dan uji kinerja pada pengering gabah tipe bak dengan dan tanpa tempering*. (Skripsi). IPB (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tanggasari, D. (2014). *Sifat Teknik dan Karakteristik Pengeringan Biji Jagung (Zea Mays L.) pada Alat Pengering Fluidized Beds*. (Skripsi). Mataram (ID): Universitas Mataram.
- Tirawanichakul, S., Prachayawarakorn, S., Varayanond, W., Tungtrakul, P., & Somchart, S. (2007). Effect of fluidized bed drying temperature on various quality attributes of paddy. *Drying Technology: an International Journal*, 22, 1731–1754.
- Tuyen, T.T., Truong, V., Fukai, S., & Bhandari, B. (2009). *Effects of high-temperature fluidized bed drying and tempering on kernel cracking and milling quality of Vietnamese rice varieties*. *Drying Technology*, 27, 486–494.
- Yahya, M., & Fudholi, A. (2016). *Performances of fluidized bed drying integrated with biomass furnace for drying of paddy*. *Applied Sciences Engineering and Technology*, 13, 473–48.