

## STUDI EKSPERIMENTAL ALAT PENGERINGAN GABAH SISTEM RESIRKULASI KONTINYU TIPE KONVEYOR PNEUMATIK

Listiyana Riska, Rahim Arlanta S, Siswo Sumardiono \*)

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

### Abstrak

*Pengeringan gabah dengan metode konvensional saat ini sudah tidak relevan untuk digunakan. Kebutuhan beras yang terus meningkat setiap tahun menjadi faktor utama untuk diadakannya inovasi terhadap sistem yang sudah ada. Kapasitas pengeringan menggunakan sinar matahari sebagai media pengering memerlukan waktu yang lama dan tempat yang luas. Salah satu alternatif pengeringan gabah adalah dengan alat pengering mekanis. Dengan alat pengering mekanis ini, maka proses pengeringan dapat lebih cepat dan proses distribusi gabah dapat berlangsung secara kontinyu. Pengering gabah sistem resirkulasi tipe konveyor pneumatik menjadi salah satu pilihan karena konsumsi energi yang rendah, kualitas gabah hasil pengeringan baik dan kapasitas pengeringan yang tinggi serta memberikan kemudahan dalam kontrol. Analisa terhadap variable suhu, dan beban loading akan digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui kinerja dari alat pengering. Dari penelitian diperoleh hasil pengeringan padi paling baik adalah pada variable suhu 60 °C dan beban loading 150 gram.*

**Kata kunci:** *energy; mekanis; padi; pengering; resirkulasi*

### Abstract

*Drying paddy by using conventional method is irrelevant to used nowadays. The need of grain increasing each year is one of the main factor that pushes scientist to invent new methods of drying paddy grain. The old method is unusefull since it takes up space, needed the sun as the drying media which causes a long drying time. One of the alternative of drying paddy grain is by using mechanic dryer. By using this type of dryer, the process of drying takes faster comparing to the old method and the distribution of grain is supplied continuously. The dryer which uses pneumatic conveyor can be one of the solution due to its less energy consumption, a better drying result and high drying capacity. The variable used to identify drying performance is temperature and loading weight. From the experiment, it is resulted that the best temperature for drying paddy grain is 60 C with the weight loading of 150 gram.*

**Keywords :** *dryer; energy; mechanic; paddy; resirculating*

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara pengkonsumsi beras terbesar di ASEAN dengan angka 132 kg per kapita tiap tahun (Suswono, 2010). Pada tahun 2006, peningkatan kebutuhan beras di Indonesia mencapai 1,6% per tahun (Sidik, 2006). Besarnya kebutuhan beras di Indonesia menuntut adanya pengembangan kualitas dan kuantitas beras yang dihasilkan. Kelembaban yang tinggi menyebabkan kondisi padi yang mudah memburuk terutama di daerah yang beriklim tropis (Soponronnarit, dkk., 2007). Pada musim hujan pengeringan padi tidak dapat berjalan optimal sehingga menyebabkan pembusukan dan penurunan kuantitas beras yang berkualitas.

Masalah utama yang muncul adalah proses pengeringan secara konvensional dengan sinar matahari banyak terdapat kekurangan seperti: keadaan cuaca yang tidak menentu, membutuhkan waktu penjemuran yang relatif lebih lama, kadar air produk yang dihasilkan tidak seragam, kebutuhan area dan biaya operasional yang besar (Atthajariyakul dan Leephakpreeda, 2005).

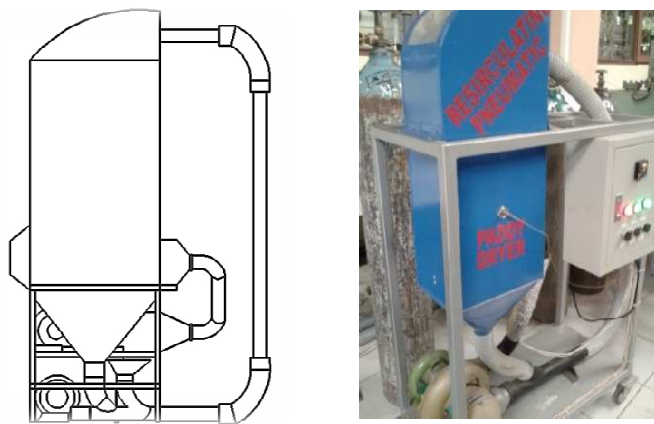
Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh temperatur udara pengering dan beban pengeringan (load) terhadap laju pengeringan gabah dengan sistem pengering resirkulasi tipe konveyor pneumatik. Dengan mengkaji lebih dalam kedua variabel tersebut, diharapkan akan diketahui kondisi optimum yang dapat

\*) Penulis Penanggung Jawab (Email: [sumardiono@undip.ac.id](mailto:sumardiono@undip.ac.id))

digunakan pada rentang nilai yang telah ditetapkan. Selain itu akan diperoleh profil pengeringan padi dengan menggunakan alat pengering resirkulasi tipe konveyor pneumatik.

**2. Bahan dan Metode Penelitian (atau Pengembangan Model bagi yang Simulasi/Permodelan)**

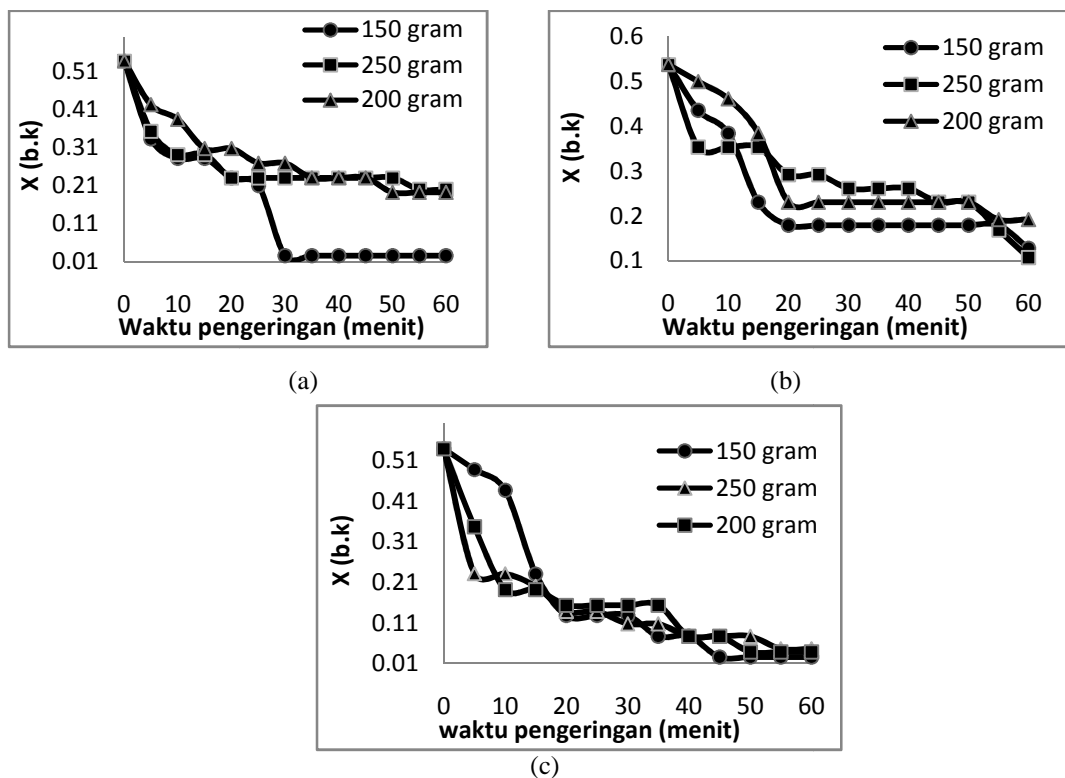
Bahan baku yang digunakan adalah padi yang didapatkan dari area persawahan di daerah Meteseh, Semarang. Rangkaian alat pengering resirkulasi tipe konveyor pneumatik yang dilengkapi sensor suhu serta alat pengukur kelembaban udara. Prosedur percobaan adalah sebagai berikut: Gabah basah hasil panen dimasukkan kedalam mesin penampi, dibersihkan lalu ditimbang sebanyak 20 kg tiap variable. Menghidupkan blower dan heater pada pengering resirkulasi kontinyu tipe konveyor pneumatik lalu dipanaskan sampai suhu variable diinginkan diperoleh. Kemudian memasukkan gabah ke dalam hopper sesuai variabel massa yang diinginkan. Menjalankan sirkulasi gabah dalam alat pengering selama waktu variabel yang diinginkan. Selama proses berlangsung suhu dan aliran bahan dijaga tetap konstan serta mengukur suhu udara pengering keluar, kelembaban udara, dan temperatur butiran gabah setiap 5 menit. Setelah proses selesai alat dimatikan dan gabah dikeluarkan. Mengukur berat gabah dengan timbangan. Tingkat kekeringan udara diperiksa dengan alat Kett moisture tester. Mengulangi langkah diatas untuk variabel yang lain.



Gambar 1. Pengering Padi Tipe Resirkulasi

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Pengaruh temperatur udara masuk terhadap kadar air gabah**



<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab (Email: sumardiono@undip.ac.id)

**Gambar 1.** Hasil pengeringan gabah untuk kandungan air butiran (X) pada berbagai beban pengeringan dengan suhu udara pengering (a) 40<sup>0</sup> C, (b) 50<sup>0</sup> C, (c) 60<sup>0</sup> C

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kandungan air bahan (x) akan menurun dengan proses laju pengeringan menurun dan laju konstan seiring dengan berjalannya waktu pengeringan. Semakin lama waktu pengeringan maka air yang teruapkan dari dalam bahan semakin banyak. Menurut Mujumdar tahun 2004, mekanisme penguapan air dalam bahan terjadi melalui proses perpindahan panas dan massa secara simultan, antara lain:

1. Perpindahan panas secara konveksi dari udara ke permukaan butiran untuk menguapkan air di permukaan butiran.
2. Perpindahan panas secara konduksi dari permukaan butiran ke dalam butiran.
3. Perpindahan massa air dari dalam butiran ke permukaan secara difusi atau kapiler.
4. Perpindahan massa air dari permukaan butiran ke udara pengering.

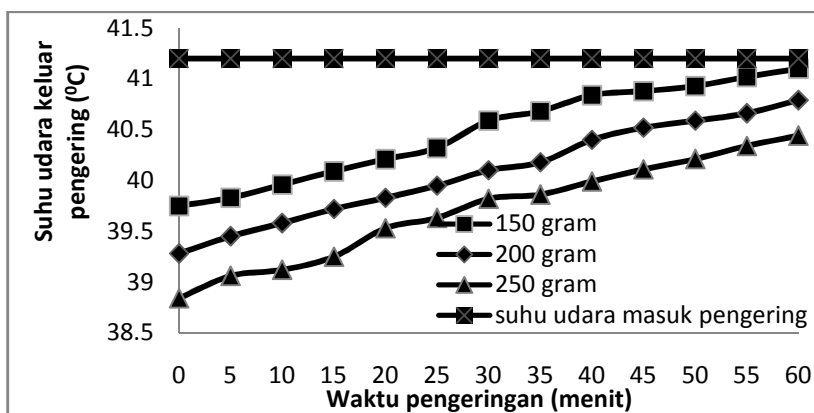
Laju penurunan kandungan air dalam bahan dipengaruhi oleh proses perpindahan massa dan panas uap air permukaan butiran. Perpindahan air di permukaan terjadi karena adanya beda suhu pada permukaan butiran dengan udara pengering sehingga menyebabkan *driving force* untuk berpindah nya kandungan air di permukaan bahan menuju ke udara pengering dalam bentuk *moisture*. Laju penurunan terjadi relatif cepat dan berlangsung dalam waktu yang singkat. Hal tersebut dikarenakan pada saat periode tersebut, yang berpengaruh hanyalah beda suhu bahan dengan media pengeringan dan tidak dipengaruhi tebal bahan dan difusivitas air dalam bahan, dan kandungan air yang teruapkan adalah kandungan air bebas yang ada dipermukaan yang mudah lepas menuju media pengering.

Pada suhu udara pengering yang sama, terlihat bahwa dengan naiknya beban pengeringan maka jumlah kandungan uap air yang terlepas dari bahan akan semakin kecil. Hal itu dikarenakan untuk sejumlah panas yang sama, jumlah uap air yang dilepas dari bahan akan semakin besar. Dengan terjadinya kenaikan kuantitas uap air tersebut, maka jumlah uap air yang terlepas tiap satuan waktu akan semakin kecil.

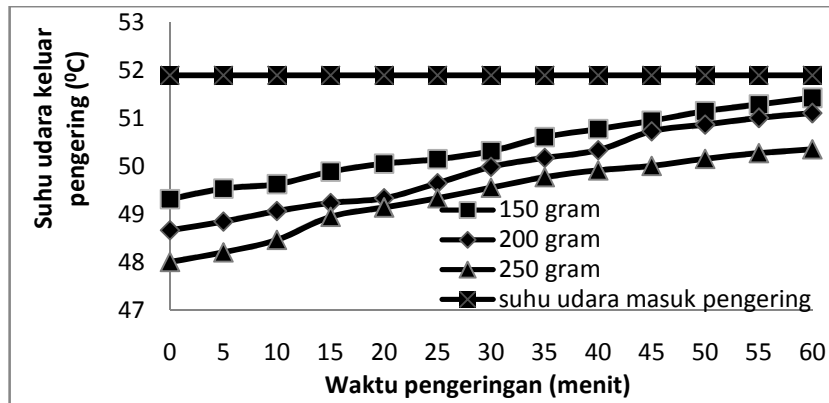
Fenomena tersebut juga terjadi pada pengeringan bahan dengan beban yang sama pada variasi suhu dari 40, 50, 60<sup>0</sup>C. Terlihat pada grafik bahwa dengan kenaikan suhu, maka semakin besar jumlah uap air yang dilepas dari bahan tiap satuan waktu. Dengan naiknya suhu, maka jumlah panas yang digunakan dalam proses pengeringan semakin besar. Jumlah panas yang semakin besar ini akan mengakibatkan difusifitas air dari bahan menuju media pengering semakin besar. Hal ini sesuai dengan mekanisme pengeringan yang dikemukakan Mujumdar (2004), bahwa difusifitas air pada bahan padat merupakan sebuah fungsi temperatur dan kandungan uap air.

**Dinamika temperatur udara keluar pengeringan**

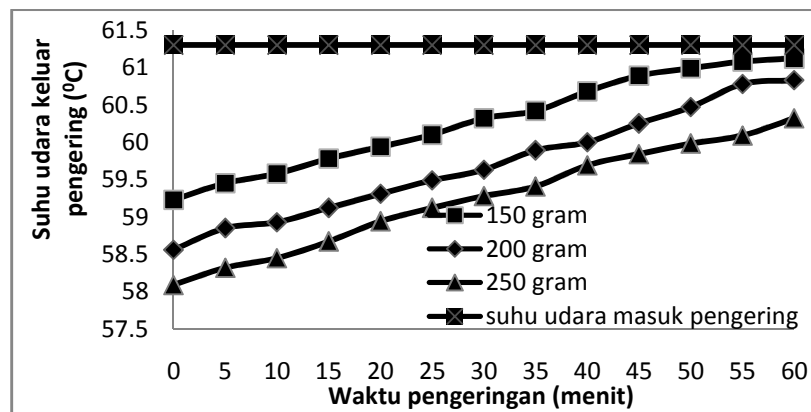
Pada grafik 1, terlihat bahwa kenaikan suhu udara pengering akan semakin menurun seiring berjalannya waktu. Bila dicermati lebih jauh, pada suhu yang sama dengan variasi beban pengeringan yang berbeda, semakin banyak massa bahan yang dikeringkan suhu udara pengering keluar akan semakin kecil. Hal ini terlihat pada perbedaan temperatur keluar udara pengering setiap menitnya pada masing-masing variasi beban pengeringan. Sebagai perbandingan, pada suhu 60<sup>0</sup> C, terlihat bahwa nilai suhu udara keluar pada 5 menit awal dengan beban 150 gram adalah 59,23<sup>0</sup>C sedangkan pada beban 250 gram terjadi penurunan sebesar 1,14<sup>0</sup> C menjadi 58,09<sup>0</sup> C. Semakin banyak beban pengeringan semakin banyak pula kandungan uap air bahan yang harus diuapkan, sehingga panas yang dibutuhkan juga akan semakin besar dan temperatur keluar udara pengering akan semakin kecil.



(a)

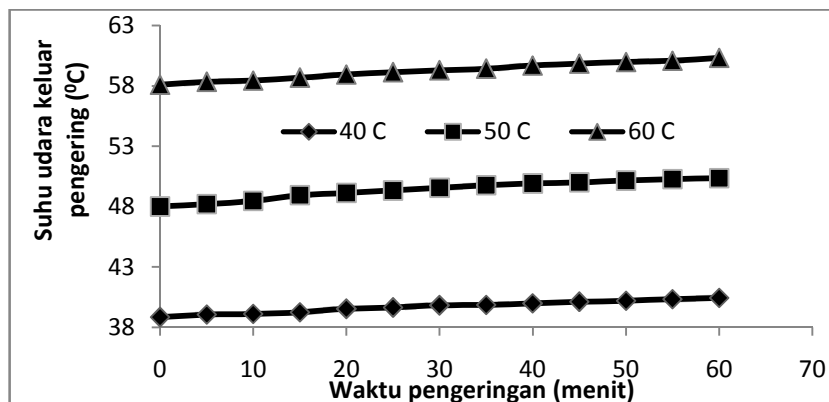


(b)



(c)

**Gambar 2.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika temperatur keluar udara pengeringan pada berbagai beban pengeringan dengan suhu udara pengering (a) 40<sup>0</sup> C, (b) 50<sup>0</sup> C, (c) 60<sup>0</sup> C



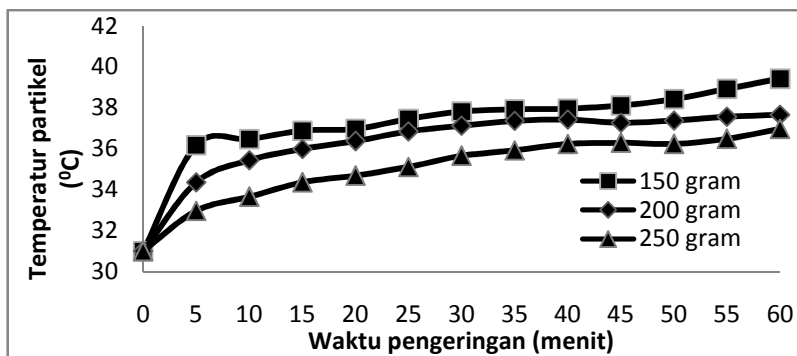
**Gambar 3.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika temperatur keluar udara pengeringan pada beban pengeringan 250 gram dengan berbagai temperatur udara masuk

Pada variasi suhu dengan beban pengeringan yang sama terlihat bahwa semakin tinggi suhu udara pengering masuk, maka suhu udara pengering keluar akan naik mendekati suhu saat pengering kosong belum diisi bahan. Hal itu terjadi karena semakin lama, uap air dalam bahan akan semakin berkurang sehingga panas yang digunakan semakin lama semakin sedikit. Saat panas yang dibutuhkan semakin berkurang temperatur keluar udara pengering akan meningkat mendekati temperatur udara pengering pada saat kosong.

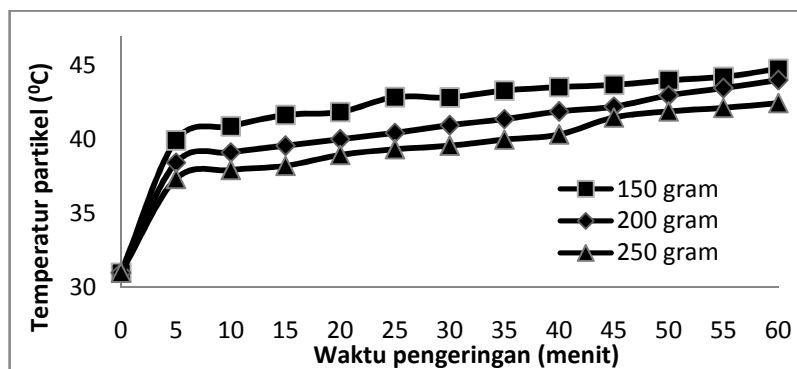
Pada alat pengering yang digunakan sebaran suhu pada bahan akan seragam sehingga dapat mempercepat laju perpindahan panas dari udara menuju bahan. Selain itu dapat dilihat pula, bahwa pada awal proses pengeringan, terjadi gradien suhu antara suhu saat pengering kosong dan saat pengering berisi bahan. Gradien tersebut terjadi karena panas yang diberikan oleh udara pengering digunakan untuk menguapkan air dalam bahan dan terjadi mekanisme transfer panas secara konveksi dan konduksi sehingga menyebabkan suhu udara pengering keluar menjadi lebih rendah dibandingkan saat dalam keadaan kosong.

### Dinamika temperatur butiran hasil pengeringan

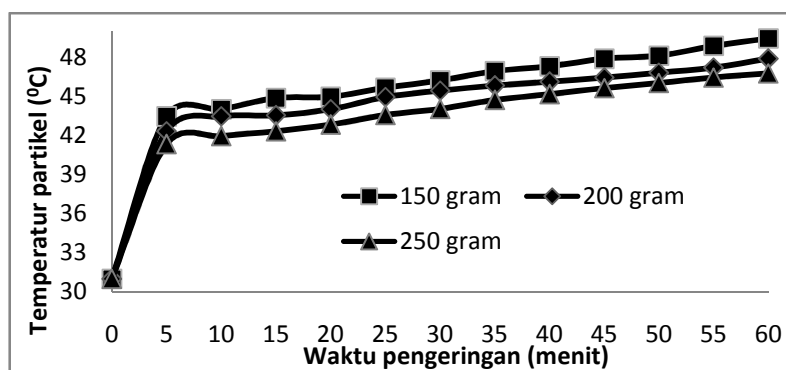
Berdasarkan grafik pada gambar 4 dapat dilihat bahwa temperatur partikel gabah pada variasi suhu dan beban pengeringan akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan dan temperatur udara. Temperatur partikel akan naik lebih cepat pada awal pengeringan dari temperatur awalnya. Hal ini disebabkan karena pada awal pengeringan air yang dapat teruapkan pada permukaan lebih banyak dan semakin menurun hingga akhir pengeringan. Menurunnya kandungan air yang teruapkan dikarenakan kandungan air dipermukaan sudah tidak dapat membentuk lapisan film kontinu, sehingga panas digunakan secara konduksi oleh bahan untuk memberikan *driving force* agar air yang berada di dalam bahan berdifusi keluar.



(a)



(b)



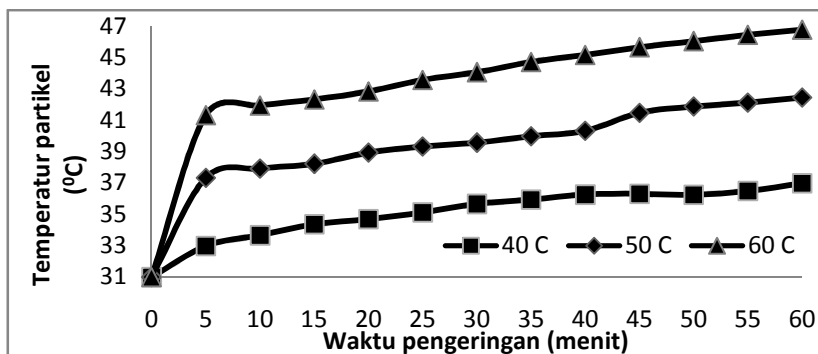
(c)

**Gambar 4.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika temperatur butiran pada berbagai beban pengeringan dengan suhu udara (a) 40<sup>0</sup> C, (b) 50<sup>0</sup> C, (c) 60<sup>0</sup> C

Pada suhu yang sama dengan variasi beban pengeringan, maka terlihat bahwa temperatur partikel akan turun dengan naiknya beban pengeringan. Hal tersebut terjadi karena sejumlah panas yang sama digunakan untuk mengeringkan massa bahan yang lebih besar sehingga proses perpindahan panas tersebut akan berakibat pada turunnya temperatur partikel.

Pada 5 menit pertama proses pengeringan dengan suhu yang sama dan variasi beban pengeringan didapatkan gradien suhu yang cukup tinggi, namun ketika memasuki waktu 50 menit, gradien suhu mulai

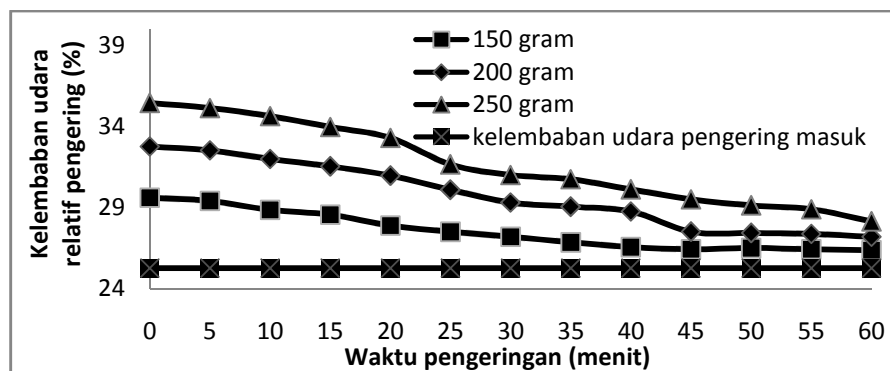
mengecil. Sebagai contoh pada suhu pengeringan 60 °C, pada 5 menit pertama terjadi gradien suhu sebesar 10,33 °C dan pada waktu 50 menit menjadi 15,77 °C. Fenomena tersebut dapat dijelaskan dengan mekanisme dasar pengeringan. Pada proses awal pengeringan dimana kandungan uap air permukaan yang mulai teruapkan, suhu partikel akan naik dengan cepat dikarenakan adanya mekanisme perpindahan massa dan panas yang akan membentuk lapisan film uap air kontinyu di permukaan. Dengan terbentuknya lapisan film air tersebut, maka panas akan digunakan untuk melepas air di permukaan dan suhu yang terukur adalah suhu film tersebut. Seiring dengan bertambahnya waktu maka suhu dari partikel akan mendekati konstan karena proses yang berperan adalah difusi uap air dari dalam menuju keluar bahan, dimana proses ini memanfaatkan panas konduksi dari bahan itu sendiri. Oleh karena itu, gradien suhu partikel yang terjadi semakin lama semakin kecil dan cenderung menuju konstan.



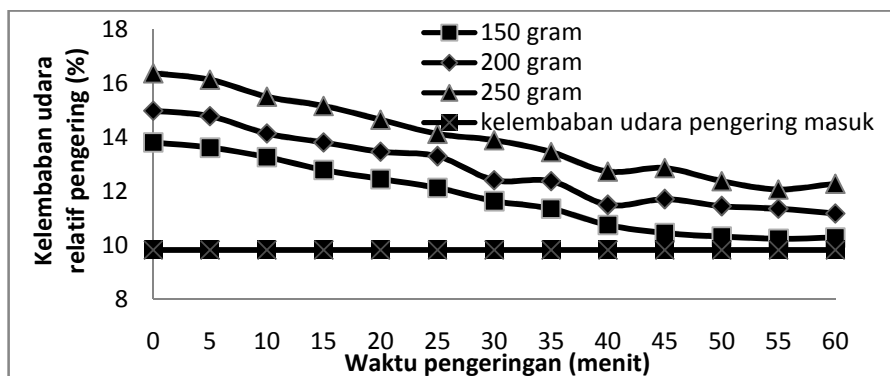
**Gambar 5.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika temperatur butiran pada beban pengeringan 250 gram dengan berbagai temperatur udara masuk

Hal lain yang perlu diamati adalah bahwa pada beban yang sama dengan variasi suhu udara pengering, maka terlihat dengan naiknya suhu udara pengering maka temperatur partikel akan semakin naik. Kenaikan sebesar 27% pada 5 menit awal terlihat pada suhu 40 menuju 60 °C. Kenaikan temperatur ini sesuai dengan hukum dasar pengeringan bahwa pengeringan merupakan fungsi suhu dan dengan naiknya suhu udara pengering yang digunakan, maka panas yang ditransfer menuju bahan akan semakin besar dan menyebabkan kenaikan suhu bahan itu sendiri.

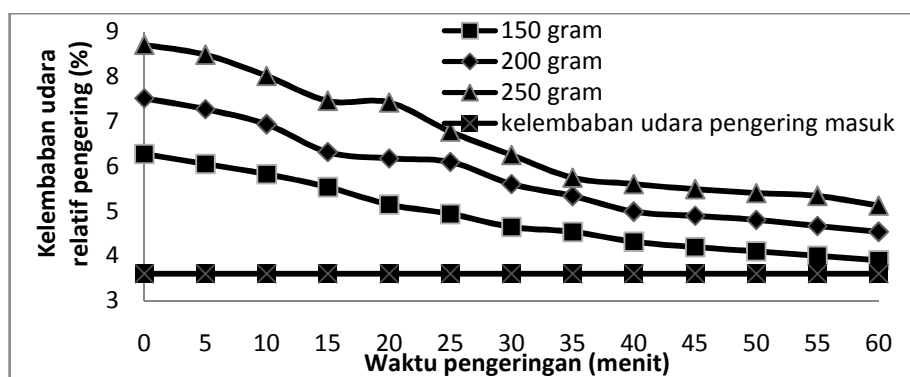
**Pengaruh temperatur udara masuk terhadap kelembaban udara.**



(a)



(b)

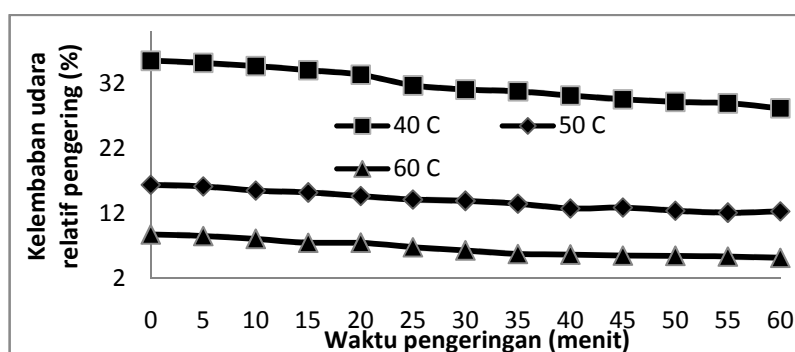


(c)

**Gambar 6.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika kelembaban udara relatif (%RH) pada berbagai beban pengeringan dengan suhu udara pengering (a) 40<sup>0</sup> C, (b) 50<sup>0</sup> C, (c) 60<sup>0</sup> C

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa seiring dengan berjalannya proses pengeringan maka %RH akan semakin menurun. Menurunnya %RH dipengaruhi oleh kenaikan temperatur udara (Khanali et al., 2012). Pada awal proses pengeringan kelembaban udara masih tinggi karena banyaknya air yang teruapkan dari partikel. Kelembaban udara akan semakin menurun hingga akhir proses pengeringan karena air yang teruapkan dari partikel semakin sedikit. Selain itu, semakin besar temperatur udara maka kandungan uap air di dalam udara akan semakin kecil karena kapasitas penguapan air akan semakin besar sedangkan jumlah air yang terdapat pada udara tetap.

Pada suhu yang sama dengan variasi beban pengeringan, terlihat bahwa semakin bertambahnya beban pengeringan, maka *relative humidity* udara pengering semakin tinggi yang terlihat dari gradien %RH pada setiap beban. Sebagai contoh pada 5 menit pertama, nilai %RH pada 40<sup>0</sup>C adalah 35,45 %RH dan pada suhu 50<sup>0</sup>C nilai tersebut turun sebesar 53,8 % menjadi 16,37 %RH kemudian pada suhu 60<sup>0</sup>C nilai tersebut menjadi 8,49 %RH. Hal ini dikarenakan semakin banyak beban pengeringan maka uap air yang lepas dari bahan menuju ke udara pengering semakin besar. Dengan demikian, udara pengering akan memperoleh tambahan uap air dari uap air bahan yang telah terlepas dan akan menambah nilai kelembaban relatif udara pengering.



**Gambar 7.** Hasil pengeringan gabah untuk dinamika kelembaban udara relatif pada beban pengeringan 250 gram dengan berbagai temperatur udara masuk

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa pada berbagai variasi suhu dengan beban pengeringan yang sama, semakin tinggi suhu udara pengering yang digunakan, maka kelembaban relatif akan semakin kecil. Di samping itu, seiring dengan kenaikan suhu, maka *relative humidity* dari udara akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan hubungan sistem udara-air yang dapat dilihat pada diagram *psychrometrik*. Dengan kenaikan suhu, maka kemampuan udara untuk menguapkan air pada bahan akan semakin besar. Selanjutnya uap air yang teruapkan ke udara akan berubah wujud menjadi uap sehingga kandungan uap air pada udara akan semakin sedikit bila dibandingkan dengan kenaikan kemampuan untuk menguapkan uap air dan %RH semakin kecil. Bila dibandingkan dengan udara pada temperatur ruangan, dengan sejumlah air yang sama, udara dengan suhu tinggi akan mampu memperoleh lebih banyak uap air (Geankoplis,1993).

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa poin penting yaitu:

1. Suhu yang paling berpengaruh dalam penurunan kadar air adalah 60<sup>0</sup>C dan beban paling berpengaruh adalah pada beban 150 gram karena *driving force* yang terjadi semakin besar sehingga kemampuan

udara pengering untuk melepas kandungan air bahan semakin besar dan massa air yang teruapkan pada beban tersebut juga relatif lebih sedikit.

2. Kenaikan temperatur udara masuk dipengaruhi oleh suhu udara pengering 60 °C dan beban pengeringan 150 gram yang digunakan dikarenakan adanya gradient suhu di awal pengeringan yang paling besar didasari perpindahan energi dari udara pengering menuju bahan sehingga *driving force* akan semakin besar dan energi digunakan semakin lama semakin kecil karena kandungan air bahan semakin sedikit.
3. Temperatur butiran mengalami kenaikan signifikan pada suhu 60 °C dan beban pengeringan 150 gram yang disebabkan karena beda suhu awal butiran dengan suhu udara masuk relatif besar dan massa bahan relatif kecil sehingga mekanisme perpindahan panas secara konduksi pada bahan akan lebih cepat tercapai dan lebih lama terjadi selama periode pengeringan.
4. Kelembaban udara pengering keluar dengan penurunan paling signifikan terjadi pada suhu 60 °C dan beban 150 gram dikarenakan semakin tinggi suhu maka kemampuan untuk menangkap moisture pada udara semakin besar dan dengan massa air yang relatif kecil maka kelembaban udara akan mengalami penurunan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Terima kasih disampaikan kepada Program PKM Dirjen Dikti Republik Indonesia tahun 2012 yang telah membiayai program penelitian ini.

#### **Daftar Pustaka**

- Athajariyakul, S and Leephakreeda, T., (2006), "Fluidized Bed Paddy Drying in Optimal Conditions Via Adaptive Fuzzy Logic Control", *Journal of Food Engineerig.*, 75, 104-114, Bangkok.
- Khanali, M. Sh., Rafiee, A., Jafari, S.H., Hashemabadi and A. Banisharif, (2012), "Mathematical modeling of fluidized bed drying of rough rice (*Oryza sativa* L.) grains", *Journal of Agricultural Technology.*, 8(3), 795-810.
- Mujumdar, Arun S., (2004), "Guide To Industrial Drying Principles, Equipment And New Developments", IWSID: Mumbai, India.
- Sidik, Mulyo., (2006), "Prospect of Rice Production and Food Security in East Asia", Di dalam Peningkatan Daya Saing Beras Nasional Melalui Perbaikan Kualitas., Lokakarya Nasional., Jakarta, 13-14 September 2006. Kerjasama Perum BULOG dengan FATETA IPB.
- Soponronarit, S., Luangmalawat, P., Prachayawarakon, S., Nathakaranakule, A., (2007), "Effect of Temperature on Drying Characteristics and Quality of Cooked Rice", *Journal of Food Engineering.*, LWT 41, 716-723, Bangkok.