

## PENGARUH TEMPERATUR DAN KECEPATAN UDARA PADA PROSES PENGERINGAN

Raka Noveriyan Putra<sup>1</sup>, Suprayogi<sup>2</sup>, Tri Ayodha Ajiwiguna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>rakanovputra@gmail.com, <sup>2</sup>spivogi@yahoo.co.id, <sup>3</sup>tri.avodha@gmail.com

---

### Abstrak

Proses pengeringan merupakan salah satu metode dalam pemeliharaan bahan pangan. Cara yang paling sering digunakan saat ini yaitu dengan menggunakan alat pengering buatan yang menghasilkan udara panas yang kemudian diarahkan ke objek yang akan dikeringkan untuk menguapkan kandungan air di dalam objek tersebut. Dalam penelitian ini, pengaruh temperatur dan kecepatan udara pada laju pengeringan diselidiki secara eksperimental. Sebuah saluran udara yang dilengkapi dengan elemen pemanas dan kipas dibuat untuk mengatur kondisi temperatur dan kecepatan udara sesuai yang dibutuhkan. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur dan kecepatan udara berupa anemometer dan termokopel yang diletakkan pada keluaran udara yang telah melewati elemen pemanas. Kandungan air dalam objek diukur laju pengeringannya selama satu jam proses pengeringan. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa laju pengeringan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan kecepatan udara. Gradien laju pengeringan terhadap temperatur cenderung berkurang dari 0.163 gram/°C sampai 0.122 gram/°C pada ketebalan objek 2 cm. Sebaliknya, gradien laju pengeringan pada ketebalan objek 4 cm meningkat dari 0.102 gram/°C sampai 0.244 gram/°C. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaruh temperatur lebih signifikan daripada kecepatan udara.

**KataKunci** : Proses pengeringan; laju pengeringan; temperatur udara; kecepatan udara

---

### Abstract

One of the important treatment of some farm products is drying process. Blowing the hot air to the object is the most common method of this process thus water contained is evaporated. In this study, the influence of air temperature and velocity to the evaporation rate is experimentally investigated. Small duct equipped with controlled air heater element and fan is built to set the air temperature and velocity respectively. Thermocouple and digital anemometer are placed for measurement of the air temperature and velocity. The evaporation rate of water contained is then measured for one hour process. The result shows that the higher air temperature and velocity increase the evaporation rate. However, the gradient of evaporation rate by temperature tends to decrease from 0.163 gram/°C to 0.122 gram/°C at 2 cm thickness. Contrarily, the gradient is increased from 0.102 gram/°C to 0.244 gram/°C at 4 cm thickness. Based on this fact, it can be concluded that the effect of temperature is more significant than air velocity.

**Keywords** : Drying process; evaporation rate; air velocity; air temperature

---

### 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki berbagai macam produk pertanian seperti padi, tembakau, jarak, sorgum, dan lain-lain. Proses pengeringan merupakan salah satu metode dalam pemeliharaan bahan pangan [1-3]. Cara tradisional yang sering digunakan adalah dengan menjemurnya dibawah terik matahari. Seiring perkembangan teknologi, pengeringan juga dapat menggunakan alat pengering buatan [4] yang menghasilkan udara panas yang kemudian diarahkan ke objek yang akan dikeringkan.

Pengeringan didefinisikan sebagai proses mengeluarkan sebagian besar kandungan air dalam bahan pangan melalui penguapan dengan tujuan memperoleh produk dengan kadar air yang rendah [1,2,5]. Keuntungan dari pengeringan adalah dapat meningkatkan stabilitas penyimpanan. Hal ini dikarenakan terjadinya pengurangan berat dan volume produk akibat dari pengurangan kandungan air [3].

Pengeringan dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi kemungkinan terkontaminasi dari mikroorganisme sehingga memperpanjang umur simpan produk [7-9]. Proses pengeringan mempunyai kelemahan yaitu nilai nutrisi dalam pangan menjadi rusak [2,7,8].

Krokida *et al* [6] melakukan studi pengeringan pada kentang, wortel, jamur dan lainnya. Mereka menyimpulkan bahwa kadar air dari produk yang dikeringkan menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Pada kasus tersebut disimpulkan bahwa temperatur merupakan faktor yang paling mempengaruhi dalam laju pengeringan.

Babalís *et al* [10] mempelajari pengaruh kondisi pengeringan pada buah ara. Pengarang menyatakan bahwa kecepatan udara diatas 2 m/s tidak mempengaruhi hasil yang signifikan dan pengeringan sangat terpengaruh oleh temperatur udara.

Alat pengering biasanya terdiri dari motor, kipas dan elemen pemanas [11]. Ketika udara melewati elemen pemanas, laju aliran proses pengeringan tergantung pada pengatur temperatur dan kecepatan [12].

Pada penelitian ini, akan dibangun sebuah alat pengering yang terdiri dari sebuah saluran udara yang dilengkapi dengan kipas dan elemen pemanas. Kemudian pengaruh temperatur dan kecepatan udara dalam proses pengeringan dipelajari. Selain itu, juga untuk mengetahui kondisi pengeringan yang paling optimum. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan sebuah alat pengering yang efektif.

## 2. Landasan Teori

Pengeringan dengan mengalirkan udara panas mengalami proses perpindahan kalor dan perpindahan massa. Saat udara melewati sebuah pemanas akan terjadi perpindahan kalor secara konveksi dari elemen pemanas ke udara. Sedangkan perpindahan massa terjadi pada saat udara panas menyerap air yang terkandung dari objek.

### 2.1 Perpindahan Kalor

Kalor adalah sebuah bentuk energi yang secara spontan berpindah dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Sampai saat ini dikenal tiga macam cara perpindahan kalor yaitu, konduksi, konveksi dan radiasi [13,16].

#### 2.1.1 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor antara permukaan benda padat dengan pergerakan fluida yang berdekatan dengan benda tersebut. Semakin cepat pergerakan fluida, maka semakin besar perpindahan kalor secara konveksi [13]. Perpindahan kalor secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = hA\Delta T \quad (1)$$

Keterangan:

- $q$  = laju perpindahan kalor (Watt)
- $h$  = koefisien konveksi ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )
- $A$  = luas kontak antara kedua zat ( $m^2$ )
- $\Delta T$  = beda temperatur antara kedua zat ( $^\circ C$ )

Koefisien konveksi ( $h$ ) merupakan parameter empiris yang besar nilainya tergantung pada semua variabel yang mempengaruhi konveksi seperti permukaan geometri dan pergerakan fluida [13,16].

### 2.2 Perpindahan Massa

Perpindahan massa adalah suatu proses berpindah tempat suatu zat/molekul dari satu tempat dengan konsentrasi yang lebih tinggi ke tempat yang konsentrasinya lebih rendah. Perpindahan massa terjadi akibat dari perbedaan konsentrasi [13-15,17].

Terdapat dua jenis perpindahan massa, yaitu difusi massa dan konveksi massa. Difusi massa terjadi pada saat ada batas antara kedua zat yang konsentrasinya berbeda [15]. Sedangkan konveksi massa pada dasarnya identik seperti konveksi kalor yaitu terjadi tanpa ada pembatas [13,15].

Difusi massa dan konveksi massa dapat dianalogikan dengan perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi. Untuk konveksi massa pun bentuknya hampir sama dengan konveksi perpindahan kalor, yaitu:

$$\dot{m} = hA\Delta C \quad (2)$$

Keterangan :

- $\dot{m}$  = laju aliran massa konveksi (kg/s)  
 $h$  = koefisien konveksi massa (m/s)  
 $A$  = luas permukaan ( $m^2$ )  
 $\Delta C$  = perbedaan konsentrasi antara kedua zat ( $kg/m^3$ )

### 3. Kondisi Penelitian



**Gambar 1 Realisasi Alat Pengering**

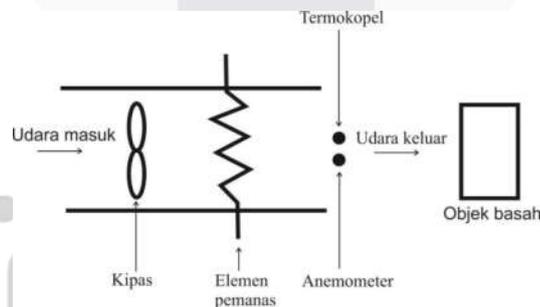
Percobaan dilakukan dengan mengatur temperatur dan kecepatan udara dengan menggunakan sistem pengering. Alat pengering terdiri dari saluran udara dengan dimensi 30x9x9cm. Kipas diletakkan di salah satu ujung saluran udara dan kedua elemen pemanas diletakkan didalam saluran udara seperti pada gambar 1.

Ilustrasi pengambilan data terlihat seperti gambar 2. Keluaran dari temperatur dan kecepatan udara diukur bersamaan dengan menggunakan anemometer dan termokopel. Objek basah diletakkan dihadapan keluaran udara panas. Dua objek digunakan dengan luas permukaan yang sama dan ketebalan yang berbeda yaitu 2cm dan 4cm. Massa objek diukur setiap 10 menit selama 1 jam pengeringan dilakukan. Laju pengeringan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\dot{m}_{ev} = \frac{m_2 - m_1}{t} \quad (3)$$

dengan  $m_2$  adalah massa akhir setelah proses pengeringan,  $m_1$  adalah massa awal sebelum proses pengeringan, dan  $t$  adalah durasi pengeringan.

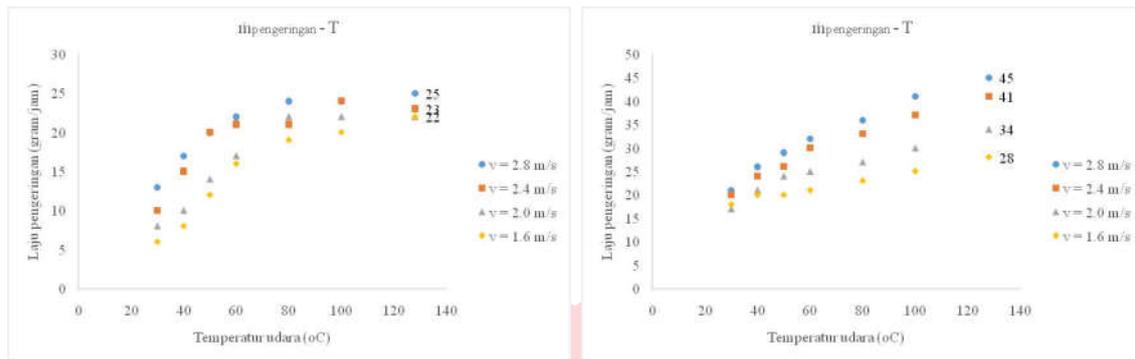
Kecepatan udara yang digunakan yaitu 1.6 m/s sampai 2.8 m/s dengan inkremen 0.4 m/s. Temperatur yang digunakan yaitu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 80°C, 100°C, 128°C.



**Gambar 2 Ilustrasi proses pengeringan**

### 4. Hasil dan Analisis

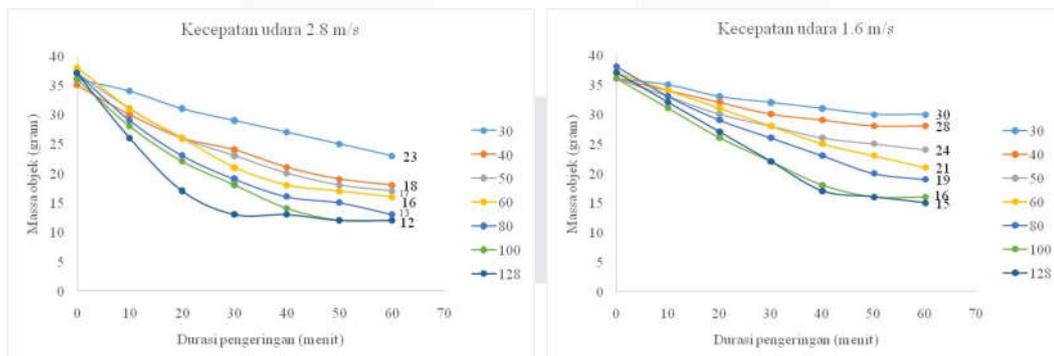
Pengaruh temperatur dan kecepatan udara terhadap laju pengeringan terlihat pada gambar 3. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa laju pengeringan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan kecepatan udara. Hal ini disebabkan volume molekul udara mengembang pada temperatur tinggi sehingga kapasitas udara untuk menyerap uap air bertambah [12, 15].



**Gambar 3 Pengaruh temperatur dan kecepatan udara terhadap laju pengeringan pada objek dengan ketebalan 2cm (kiri) dan 4cm (kanan)**

Pada gambar 3 didapatkan kondisi proses pengeringan yang paling efektif yaitu pada kecepatan udara 2.8 m/s dan temperatur udara 128°C dengan laju pengeringan sebesar 25 gr/jam pada objek dengan ketebalan 2 cm dan 45 gr/jam pada objek dengan ketebalan 4 cm. Tetapi pada objek dengan ketebalan 2cm, kenaikan laju pengeringan cenderung menjadi jenuh pada temperatur tinggi ( $T = 80^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $128^{\circ}\text{C}$ ), hal ini terjadi karena kandungan air pada objek sudah sedikit sehingga laju pengeringan akan menjadi jenuh pada temperatur dan kecepatan udara yang konstan.

Sedangkan pada objek dengan ketebalan 4cm laju pengeringan masih meningkat pada temperatur dan kecepatan udara yang tinggi selama durasi penelitian. Hal ini disebabkan masih ada kandungan air pada objek, sehingga dibutuhkan durasi yang lebih lama untuk objek yang lebih tebal sampai terjadi penjumlahan laju pengeringan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai temperatur dan kecepatan udara akan meningkatkan proses laju pengeringan.



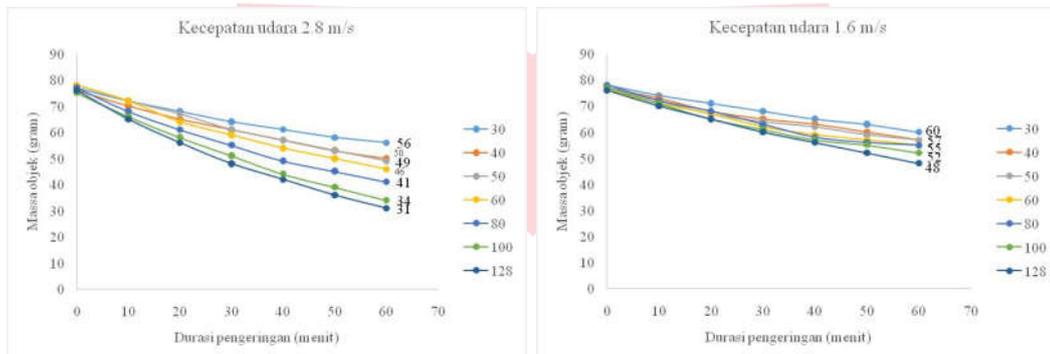
**Gambar 4 Grafik proses penurunan massa objek ketebalan 2 cm pada kecepatan udara 2.8 dan 1.6 m/s selama 60 menit**

Pada gambar 4, penurunan massa objek cenderung stabil pada akhir durasi penelitian pada temperatur yang tinggi, hal ini disebabkan kandungan air pada objek sangat sedikit sehingga sudah tidak ada lagi air yang bisa diuapkan pada objek. Proses pengeringan pada objek yang tipis berlangsung cepat pada temperatur yang tinggi yaitu pada temperatur  $80^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $128^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan lapisan yang tipis mengurangi jarak pergerakan uap air dari dalam objek ke permukaan objek yang kemudian dibawa oleh udara panas sehingga hanya membutuhkan 30 menit untuk kembali pada massa objek kering. Sedangkan pada temperatur dan kecepatan udara yang rendah, kandungan air dalam objek masih tersisa karena kondisi tersebut tidak mampu menguapkannya dalam durasi 60 menit.

Pada kecepatan udara 2.8 m/s, grafik antara temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$  terdapat perbedaan penurunan berat yang signifikan. Sedangkan pada kecepatan udara 1.6 m/s grafik tidak menunjukkan demikian. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan udara hanya berpengaruh pada proses pengeringan pada kondisi kecepatan udara yang tinggi ( $v = 2.8 \text{ m/s}$ ).

Pada temperatur yang tinggi di setiap kondisi kecepatan udara terjadi penurunan massa objek yang signifikan. Pada kecepatan udara yang tinggi penurunan massa objek terjadi sampai massa objek kering, begitu juga pada kecepatan udara yang rendah yang hampir terjadi demikian. Hal tersebut menunjukkan bahwa temperatur udara berpengaruh di setiap kondisi kecepatan udara.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling berpengaruh pada proses pengeringan yaitu temperatur udara. Hal ini disebabkan karena kecepatan udara hanya berpengaruh pada kecepatan yang tinggi.



**Gambar 5 Grafik proses penurunan massa objek ketebalan 4 cm pada kecepatan udara 2.8 dan 1.6 m/s selama 60 menit**

Pada gambar 5 menunjukkan proses pengeringan pada objek dengan ketebalan 4 cm. Penurunan massa objek yang tebal masih berlanjut, karena dibutuhkan durasi pengeringan yang lebih lama daripada durasi penelitian ini. Pada objek yang tebal, pengaruh kecepatan udara juga hanya terjadi pada kondisi kecepatan udara yang tinggi. Pada eksperimen yang dilakukan pada objek ini, hanya bagian luar objek yang kering sedangkan bagian dalamnya masih basah. Hal ini disebabkan aliran udara tidak mampu mencapai bagian dalam objek.

Pada temperatur yang tinggi di setiap kondisi kecepatan udara masih terjadi penurunan massa objek meskipun tidak menunjukkan selisih yang signifikan. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa temperatur udara lebih berpengaruh meskipun kondisi kecepatan udara rendah.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh temperatur dan kecepatan udara pada proses pengeringan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju pengeringan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan kecepatan udara karena volume molekul udara mengembang pada temperatur tinggi sehingga kapasitas udara untuk menyerap uap air bertambah
2. Laju pengeringan menjadi jenuh pada temperatur dan kecepatan udara yang konstan ketika kandungan air dalam objek sudah sedikit
3. Kondisi proses pengeringan paling efektif pada alat pengering yang dibuat yaitu pada temperatur 128°C dan kecepatan udara 2.8 m/s dengan laju pengeringan sebesar 25 gr/jam pada objek dengan ketebalan 2 cm dan 45 gr/jam pada objek dengan ketebalan 4 cm
4. Kecepatan udara hanya berpengaruh pada proses pengeringan pada kondisi kecepatan udara yang tinggi ( $v = 2.8 \text{ m/s}$ )
5. Faktor yang paling berpengaruh pada proses pengeringan yaitu temperatur udara. Hal ini disebabkan karena di setiap kondisi kecepatan udara masih terjadi penurunan massa objek

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, penulis memberi beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, antara lain:

1. Dibuat alat pengering dengan rentang temperatur dan kecepatan udara yang lebih besar
2. Menggunakan sistem kontrol otomatis untuk penentuan kondisi temperatur dan kecepatan udara yang dibutuhkan dengan alat pengering agar lebih mudah digunakan untuk pengguna
3. Menggunakan *moisture meter* untuk mengetahui detail kandungan air dalam objek

#### Daftar Pustaka

- [1] Z. Berk, *Food Process Engineering and Technology*, 1st ed., Oxford: Academic Press, 2009, p. 605.
- [2] J. Wang dan Y. S. Xi, "Drying characteristics and drying quality of carrot using a two- stage microwave process," *J Food Eng*, vol. 68, pp. 505-511, 2005.
- [3] D. A. Tzempelikos, A. P. Vouros, A. V. Bardakas, A. E. Filios dan D. P. Margaris, "Case studies on the effect of the air drying conditions," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 3, pp. 79-85, 2014.
- [4] J. J. Asiedu, *Processing tropical crops: a technological approach*, London: Macmillan Publishers, 1989.
- [5] S. Wannapakhe, T. Chaiwong, M. Dandee dan S. Prompakdee, "Hot Air Dryer with Closed Loop Oscillating Heat Pipe with Check Valves for Reducing Energy in Drying Process," *Procedia Engineering*, vol. 32, pp. 77-82, 2012.
- [6] M. K. Krokida, V. T. Karathanos, Z. B. Maroulis dan D. Marinou-Kouris, "Drying kinetics of some vegetables," *J Food Eng*, vol. 59, p. 391-403, 2003.
- [7] H. Feng dan J. Tang, "Microwave finish drying diced apples in a spouted bed," *J Food Sc*, vol. 63, p. 679-683, 1998.
- [8] C. Ratti, "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review," *J Food Eng*, vol. 49, no. 4, pp. 311-193, 2001.
- [9] K. Thirugnanasambandham dan V. Sivakumar, "Enhancement of shelf life of Coriandrum sativum leaves using vacuum drying process: Modeling and optimization," *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2015.
- [10] S. J. Babalis dan V. G. Belessiotis, "Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs," *J Food Eng*, vol. 65, pp. 449-458, 2004.
- [11] N. M. Chinenye, "Effect of Drying Temperature and Drying Air Velocity on the Drying Rate and Drying Constant of Cocoa Bean," *Agricultural Engineering International: The CIGR e-journal*, vol. XI, 2009.
- [12] D. S. Jayas dan J. S. Sokhansanj, "Thin layer drying of barley at low temperatures," *Canadian Agricultural Engineering*, vol. 31, pp. 21-23, 1989.
- [13] Y. A. Cengel, *Heat and Mass Transfer an Engineering Approach*, 2nd ed., McGraw- Hill, 2002.
- [14] J. H. Lienhard IV dan J. H. Lienhard V, *A heat transfer textbook*, 3rd ed., Cambridge, Massachusetts: Phlogiston Press, 2008.
- [15] F. Kreith dan R. F. Boehm, *Heat and Mass Transfer*, Boca Raton: CRC Press LLC, 1999.
- [16] M. J. Moran dan H. N. Shapiro, *Termodinamika Teknik*, 4th ed., Jakarta: Erlangga, 2004.
- [17] W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett dan Y. I. Cho, *Handbook of heat transfer*, 3rd ed., McGraw-Hill, 1998.