

PENGERING SUHU RENDAH UNTUK MENJAGA MUTU BAHAN PERTANIAN

[Low Temperature Drying to Maintain the Quality of Agricultural Products]

R. Sarwono

Pusat Penelitian Kimia (P2K) – LIPI
Komplek Puspiptek, Serpong-Tangerang (15314)

Diterima 20 Mei 2005 / Disetujui 29 Agustus 2005

ABSTRACT

Drying equipment is an important unit operation in industrial processes. Reducing moisture content in order to prolong the storage time is very commonly used. There are many agricultural products which are very heat sensitive. To maintain the essential ingredients in those products, drying process should be applied at low temperature. Low temperature drying process gave lower drying rate, is time consuming and ingeneral costly. Increasing drying rate by reducing the absolute humidity is this recommended. There are many ways to dry the air, firstly moisture is condensed in evaporator and then dried air is heated in condenser. Is conducted if the drying system is connected with heat pump system. Secondly, moisture is absorbed by hygroscopic materials such as CaO. Water absorbed and reacted with CaO become Ca(OH)₂ in exothermic reaction, and simultaneously dried air is heated.

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan unit operasi yang penting dalam bidang pengawetan hasil pertanian atau bahan olahan hasil pertanian. Pengeringan adalah salah satu cara untuk mengawetkan hasil pertanian. Pengeringan yang paling umum adalah dengan menjemur pada terik panas matahari. Cara ini merupakan cara yang paling murah, mudah dan tertua, namun sistem ini banyak mempunyai kelemahan bila dioperasikan pada skala besar terutama masalah kebersihan dan ketergantungan pada adanya sinar matahari.

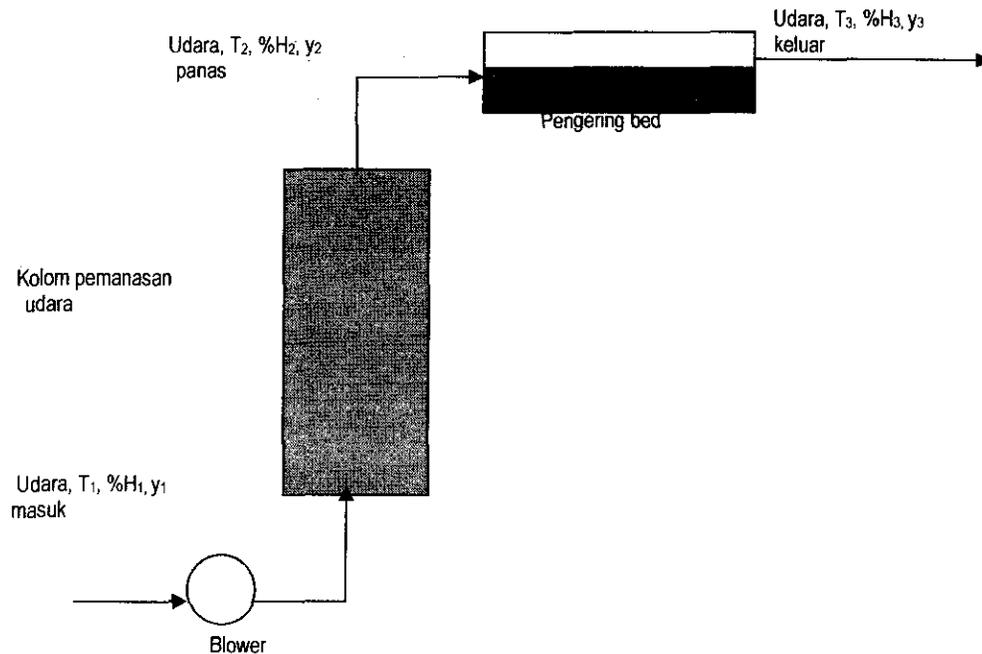
Banyak usaha yang telah dilakukan untuk menyediakan alat pengering yang diperlukan untuk mengeringkan hasil pertanian. Dalam proses pengeringan harus diketahui karakteristik material yang akan dikeringkan seperti koefisien perpindahan panas, konduktifitas, dan karakterisasi dari lapisan penyusun butiran (Molnar, 1995). Mengingat banyak bahan hasil pertanian tidak tahan atau akan rusak jika terkena panas tinggi, oleh karena itu pengeringan harus dilakukan pada suhu rendah, dibawah 100°C (pallai, 1995). Mengingat humiditas udara tropis sangat tinggi maka operasi pengeringan pada suhu tersebut mempunyai *drying rate* yang rendah, akibatnya proses pengeringan memakan waktu lama, tidak efisien dan biaya operasi yang tinggi. Untuk menaikkan *drying rate* dengan mempertahankan suhu operasi yang rendah maka penurunan humiditas mutlak menjadi pilihan yang baik.

Prinsip kerja pengering

Udara mengandung uap air yang bisa dinyatakan dengan humiditas relatif (RH) atau humiditas mutlak. Humiditas mutlak adalah berat air per satuan berat udara kering (Kg air /Kg udara kering), sedang RH adalah kejenuhan relatif terhadap keadaan jenuh (100%).

Jika udara dipanaskan maka kejenuhan relatifnya menurun sedang humiditas mutlaknya tetap. Bila humiditas kecil (relatif atau mutlak) maka udara tersebut mempunyai kemampuan menyerap air (driving force) yang lebih besar sampai pada kondisi jenuh.

Sistem pengeringan seperti Gambar 1 adalah sistem pengurangan kadar air bahan yang diambil oleh udara pengering yang telah dipanaskan. Misalnya udara pengering dengan temperatur $T_1=86^\circ\text{F}$ dan humiditas relatifnya $\%H_1=70\%$, dibaca pada *psychrometric chart* (Fig. 23.3, McCabe, 1985), humiditas mutlaknya, $y_1=0,019$ Lb uap air/ Lb udara kering. Udara tersebut dipompa melewati pemanas, temperatur udara naik sampai temperatur misalnya $T_2=140^\circ\text{F}$, humiditas mutlaknya tetap $y_2=0,019$ Lb air / Lb udara kering, sedang RHnya makin kecil menjadi $RH_2=14\%$. Kemudian udara tersebut dikontakkan dengan bahan yang akan dikeringkan dan mengambil air dari bahan tersebut, misalnya temperaturnya menjadi $T_3=110^\circ\text{F}$, dari grafik *psychrometric* di peroleh humiditas mutlak $y_3=0,026$ Lb air / Lb udara kering. Dari grafik didapat $RH_3=45\%$. Berarti air yang bisa diambil dari bahan yang dikeringkan setiap lb udara kering adalah $(y_3 - y_2) = (0,026 - 0,019) = 0,007$ Lb uap air / Lb udara kering.



Gambar 1. Skema sistem kerja alat pengering

Setelah besaran jumlah air yang diambil oleh udara pengering diketahui maka banyaknya udara yang diperlukan untuk pengeringan, efisiensi dan waktu pengeringan bisa diestimasi, selanjutnya ukuran pengering bisa diperhitungkan.

Humiditas bisa diturunkan dengan cara menaikkan temperatur atau memanaskan udara tersebut, atau bisa juga dengan cara pengembunan atau penyerapan (absorpsi), untuk memperkecil humiditas mutlaknya.

Sistem pengering seperti Gambar 1 bisa dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah sel pemanasan/penyerapan untuk memperkecil humiditas atau mengurangi kadar air dari udara pengering. Disini terjadi perpindahan masa dan energi secara simultan. Bagian kedua adalah sistem pengering dimana udara pengering kontak dengan bahan yang dikeringkan dan sebagian uap air mendifusi ke udara pengering. Disini juga ada perpindahan masa dan energi secara simultan, namun arahnya kebalikan dari yang diatas.

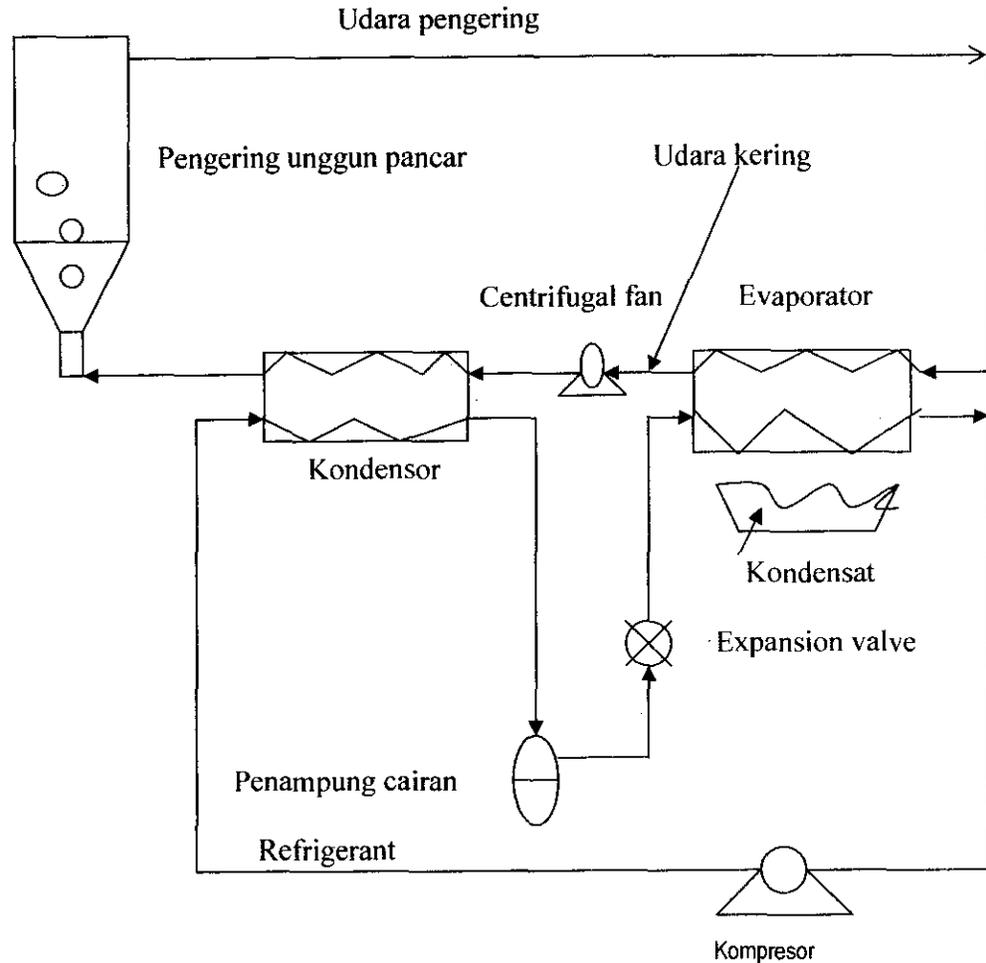
Panas yang diperlukan untuk memanaskan udara biasanya besar, karena koefisien perpindahan panas dari udara biasanya kecil. Dalam kajian ini akan didiskusikan cara mendapatkan udara pengering dengan suhu dan humiditas yang rendah untuk keperluan pengering bahan yang tidak tahan terhadap panas.

Dalam tulisan ini akan didiskusikan penggunaan pertikel CaO untuk mengeringkan udara untuk keperluan pengeringan suhu rendah.

Mengeringkan udara

Pengeringan udara dengan pompa kalor

Banyak usaha-usaha untuk mendapatkan udara pengering dengan humiditas rendah (kering) dan temperatur tidak begitu tinggi. Sistem pengering dihubungkan dengan sistem pompa kalor. Pompa kalor adalah sistem tertutup yang dihubungkan satu dengan lainnya dengan sistem pemipaan. Komponen utama sistem pompa kalor adalah *evaporator*, *compressor*, *condensor* dan katup *expansi*. Di dalam sistem pompa kalor terdapat fluida kerja yang berubah fasa dari cair menjadi uap di *evaporator* dan berubah fasa uap menjadi cair di *condensor*. Pompa kalor dapat digunakan pada tugas pendinginan yang dilakukan pada *evaporator*, dan tugas pemanasan yang dilakukan oleh *condensor*. *Evaporator* disebut sisi dingin dan kondensor disebut sisi panas dari sistem pompa kalor. Skema sistem pengering yang dirangkai dengan pompa kalor seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja Pengering yang dirangkai dengan pompa kalor (Alves-Filho, 1996)

Pompa kalor dikenal sebagai sistem yang sangat efisien pada proses pengeringan. Keuntungan dari pompa kalor terletak pada sistem pemanfaatan kembali sisa-sisa panas dan sistem kontrol temperatur dan humiditas udara pengering. Sistem pengering hanya menggunakan mode perpindahan panas secara konveksi tanpa ada tambahan panas dari luar bisa dirangkaikan dengan pompa kalor. Sistem pengeringan diam atau tumpukan (pengering kayu) dan sudah biasa dirangkai dengan pompa kalor, jenis pengering lain seperti unggun pancar dan pengering putar (Alves-Filho and Stromman and Jonassen, 1996). Pengering yang menggunakan udara kering dalam jumlah yang besar seperti *flash* atau *spray drying* tidak cocok dihubungkan dengan sistem pompa kalor.

Siklus *refrigerant* sebagai fluida kerja pada sistem pompa kalor mempunyai kelebihan dan kelemahan. *Refrigerant* pada fase gas ditekan dengan kompresor sehingga mencapai suhu dan tekanan tertentu. Untuk menurunkan temperatur didinginkan pada kondensor sampai ke fase cair. Kemudian volume

dikembangkan secara tiba-tiba pada katup ekspansi sehingga berubah menjadi cairan dan suhunya rendah. Kemudian *refrigerant* melewati evaporator untuk mengambil panas dari sekitarnya dan fasenya menjadi gas lagi. Rangkaian pompa kalor ini cukup kompleks dan beroperasi pada tekanan tinggi.

Alat pengering yang dirangkai dengan pompa kalor, terlihat pada Gambar 2. siklus fluida kerja yang ada pada pompa kalor digunakan untuk mendinginkan dan mengembunkan uap air pada evaporator, sehingga humiditas mutlak menjadi kecil. Setelah itu udara dipanaskan dengan melewati kondensor untuk menaikkan temperatur. Udara dengan humiditas rendah dan temperaturnya cukup tinggi (disesuai keperluan) dipakai untuk mengeringkan bahan pada sistem pengering *spouted bed*.

Ada keuntungan dan kerugian pada sistem pompa kalor, seperti sistem mekanik lainnya, pengering dengan pompa kalor mempunyai keuntungan dan kekurangan sendiri.

Keuntungan:

1. Pompa kalor mempunyai efisiensi energi yang tinggi pada setiap unit air yang dihilangkan.
2. Produk yang lebih baik dengan kontrol temperatur yang sesuai dengan sifat-sifat produk yang dihasilkan.
3. Kondisi operasi pengering yang luas dengan rentang temperatur dari -20 sampai 100°C dan humiditas relatif 15% sampai 80%.
 4. Freon sebagai *refrigerant* merupakan bahan yang tidak ramah lingkungan.
 5. Perlu perawatan peralatan seperti (kompresor, *refrigerant*, filter) dan penambahan *refrigerant*.
 6. Kebocoran *refrigerant* ke udara biasanya disebabkan oleh pecahnya pipa karena system dengan tekanan tinggi.
 7. Memerlukan investasi awal yang besar.

2. Pengeringan udara dengan penyerapan

Sistem pengering yang umum dipakai adalah dengan cara menaikkan temperatur (memanaskan) udara pengering sehingga RHnya mengecil dan kemampuan menyerap air menjadi lebih besar. Bila naiknya temperatur tidak terlalu tinggi (rendah) maka *drying rate* nya sangat rendah karena tingginya humiditas pada udara tropis, seperti contoh perhitungan diatas kecepatan transfer uap air ke udara pengering sekitar 0,007 Lb air / Lb udara kering, hal ini menunjukkan *drying rate* yang rendah. Untuk menaikkan *drying rate* cara yang paling baik adalah dengan mengurangi humiditas mutlaknya.

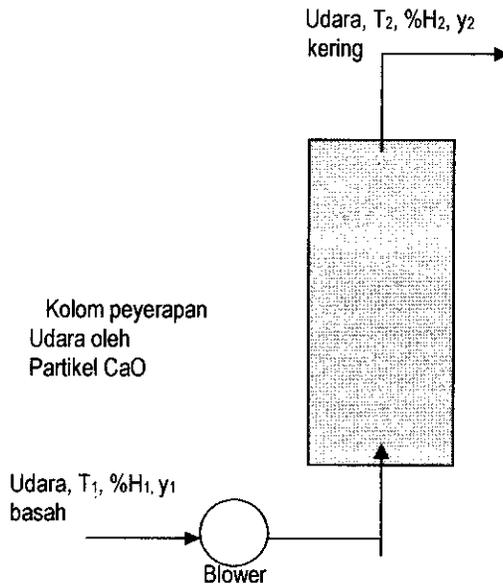
Untuk mengurangi humiditas bisa dengan cara menyerap uap air yang ada pada udara pengering dengan bahan penyerap (*absorbent*), sehingga

kemampuan menyerap uap air menjadi besar. Sistem penyerapan ini belum banyak diteliti tentang efektifitasnya.

Bahan penyerap seperti CaO, zeolit, karbon aktif dan silica gel merupakan bahan yang higroskopis, yaitu bahan yang mudah menyerap air dari udara sehingga udara menjadi kering. Udara kering tersebut bisa digunakan untuk mengeringkan bahan pada proses pengeringan.

Penyerapan dengan reaksi kimia

Sistem penyerapan uap air seperti terlihat pada Gambar 3. Partikel CaO ditempatkan pada kolom sehingga tidak bergerak (*fixed bed*). Partikel CaO diperoleh dari proses pirolisis $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ sedangkan batuan CaCO_3 diperoleh dari penambangan kapur yang didapat di beberapa tempat di Indonesia dengan jumlah yang banyak. Partikel padat CaO disamping menyerap uap air juga bereaksi dengan H_2O secara eksotermis menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan mengeluarkan energi sebesar, 1858 KJ/Kg - CaO sangat reaktif terhadap H_2O , diharapkan setiap H_2O yang bertemu dengan partikel CaO akan bereaksi menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Udara yang diserap uap airnya menjadi udara kering dan mendapat pemanasan dari panas reaksi tersebut yang akan menaikkan temperatur. Diharapkan udara yang meninggalkan kolom CaO sudah kering dan temperaturnya agak tinggi yang siap untuk mengeringkan bahan organik.



Gambar 3. Skema sistem kerja penyerap uap air oleh CaO

Penggunaan material $\text{CaO}/\text{H}_2\text{O}$ (OH)₂ merupakan reaksi bolak-balik yang baik. Keuntungan dari sistem ini adalah: 1) daya simpan panas yang tinggi, 1858 kJ/Kg- CaO ; 2) kecepatan reaksi yang tinggi; 3) Reaksi bolak-balik yang baik (reversibel); 4) Tidak bersifat racun; 5) Persediaan CaCO_3 yang melimpah; 6) Preparasi tidak terlalu mahal (Ogura, 2003).

Partikel CaO merupakan penyerap uap air yang baik, disamping Indonesia mempunyai deposit kapur yang cukup banyak. Oleh karena itu pemanfaatan CaO sebagai bahan penyerap uap air sebelum digunakan untuk keperluan yang lain merupakan usaha yang baik.

Sebagai contoh perhitungan berdasarkan Gambar 3. Udara basah dengan kondisi $T_1 = 86^\circ\text{F}$, $\text{RH} = 70\%$, dari psychrometric chart, $y_1 = 0,019$ Lb uap air / Lb udara kering. Kemudian udara diserap oleh partikel CaO menjadi kondisi $y_2 = 0,005$ Lb uap air / Lb udara kering dan $T_2 = 125^\circ\text{F}$, air yang diambil oleh partikel CaO sebesar = 0,014 Lb uap air / Lb udara kering. Bila kecepatan udara pengering sebesar 5 m³ / menit, density udara 1,1600433 gr/liter, maka berat udara yang mengalir 5,80021 Kg/menit. Banyaknya uap air yang harus diambil oleh penyerap sebanyak 0,081203 Kg air / menit. Bila setiap hari beroperasi 8 jam dan satu bulan bekerja selama 25 hari maka uap air yang diserap adalah 974,4 Kg / bulan atau setara dengan 54,14 Kgmol/bulan. Banyaknya CaO yang diperlukan untuk menyerap minimal sama (mole) dengan uap air yang diserap = 54,14 Kgmol / bulan. Berat molekul CaO adalah 56 maka berat CaO yang diperlukan 3032 Kg/bulan. Jika *bulb* desitas partikel CaO 0,7 Kg / liter maka volume CaO yang diperlukan setiap bulan sebanyak 4331 liter. Hal ini cukup efisien untuk mengeringkan udara sebesar 5 m³ / menit dengan cara menyerap pada partikel CaO .

Namun perlu diingat perubahan CaO menjadi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menyebabkan runtuhnya bentuk partikel CaO yang menyebabkan menurunnya porositas tumpukan partikel (bed), yang akan menyebabkan naiknya penurunan tekanan (*pressure drop*) dari udara yang mengalir. Hal ini akan menaikkan power dari blowernya yang akan menambah biaya operasinya.

Pengaruh Temperatur terhadap Bahan yang Dikeringkan

Hasil pertanian yang berupa bijian, kayu, dan daun-daunan umumnya mempunyai kandungan zat esensial (penting) dengan presentase yang rendah namun perlu dipertahankan. Pengolahan hasil pertanian ini didominasi oleh proses pengurangan kadar air atau pengeringan agar mempunyai daya simpan yang cukup lama. Proses pengeringan disini akan menentukan tingkat kualitas bahan yang akan dihasilkan, oleh karena itu pemilihan teknologi atau keberhasilan proses pengeringan akan menentukan mutu produk yang dihasilkan.

Biasanya zat esensial yang dikandung dalam bahan hasil pertanian tidak tahan terhadap suhu tinggi (heat sensitive) atau mudah menguap dibandingkan dengan air (moisture). Untuk menghindari kerusakan bahan tersebut pengeringan pada suhu rendah harus menjadi pilihan.

Parameter pengeringan dari hasil pertanian ditentukan tidak hanya oleh komposisi kimia yang dikandungnya tetapi juga oleh penggunaan biji-bijian tersebut. Bijian untuk makanan ternak, keselamatan nutrisi yang dikandung dalam bijian tersebut harus diperhatikan. Temperatur udara pengering mungkin bisa lebih tinggi sekitar 60 – 75°C. Untuk pengeringan bijian yang akan ditanam (bibit), maka udara pengering tidak bisa setinggi itu, perlu menurunkan temperaturnya sekitar 40 – 50°C. Karena kalau terlalu tinggi mungkin bijian tersebut sudah mati, tidak akan tumbuh (Pallai, 1995).

Kualitas bahan yang dikeringkan bisa dilihat dari kecepatan pengeringan, temperatur, dan kecepatan udara pengering. Bijian atau benih bijian biasanya bersifat koloid dengan pori-pori berbentuk kapiler. Dinding pori-pori elastis dan akan berubah bentuk ketika melepaskan air. Bijian tersusun oleh beberapa lapisan, kulit, daging buah dan embrio. Setiap lapisan mempunyai tingkat penyerapan air yang berbeda-beda. Pada kondisi kesetimbangan embrio masih mempunyai kadar air yang tinggi.

Disamping itu Pallai (1995) Juga mengeringkan produk pertanian lainnya pada alat pengering spouted bed, seperti biji tomat, biji jagung, paprika, wartel yang diris berbentuk kubus, kentang pasta dan biji gandum. Pengeringan jagung dengan temperatur pengeringan antara 100 – 105°C tidak menimbulkan kerusakan pada komposisi kimia jagung. Supranto (2003) mengeringkan irisan rimpang (kencur, jahe) dengan temperatur udara pengering antara 30 – 50°C dengan hasil tidak merusak mutu bahan tersebut, dan mempunyai drying rate yang cukup tinggi. Maier (1997) mengeringkan jagung dengan kadar air antara 19 – 22°C menjadi 9%. Sedangkan Zweifel (2003) mengeringkan gandum yang berbentuk pasta pada temperatur 80 – 100°C menghasilkan kadar air yang rendah namun pasta berwarna kecoklatan dan menyebabkan protein mengalami denaturasi, dan juga pengeringan pada temperatur tersebut mengurangi kelengketan permukaan bahan.

KESIMPULAN

Pengeringan pada suhu rendah untuk mempertahankan zat esensial yang ada pada zat organik terutama bahan yang berasal dari hasil pertanian sangat dianjurkan. Kualitas bahan yang dikeringkan sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya temperatur udara pengering. Untuk mempertinggi *driving rate* agar proses pengeringan bisa lebih cepat dengan

cara penurunan humiditas mutlak udara pengering. Untuk memperoleh udara kering dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya dengan pengembunan pada sistem pompa kalor, atau dengan penyerapan uap air dengan partikel CaO. Sistem pompa kalor yang dipakai untuk mengeringkan udara sudah banyak diterapkan pada industri karena sangat efisien dibandingkan sistem pengering dengan pemanasan. Namun pompa kalor mempunyai peralatan yang lebih kompleks beserta operasionalnya. Pengeringan udara dengan cara penyerapan dengan partikel CaO belum banyak diterapkan. Pemakaian partikel CaO untuk mengeringkan udara akan mempermudah proses pengeringan serta peralatannya lebih sederhana, murah dan beroperasi pada tekanan atmosferis.

DAFTAR PUSTAKA

- Supranto (2003).** Aplikasi Heat Pump sebagai alat Bantu proses pengeringan pada suhu rendah. *Seminar Nasional teknik Kimia Indonesia 2003*, Yogyakarta 16 – 17 September 2003.
- Alves-Filho, O. And Strommen, I. (1996).** Performance and improvements in heat pump dryers, *Drying 1996*. edited by Strumilo, C. and Pakowski, Z., Krakow, Poland, pp. 405 – 415.
- Parera, C.O. and Rahman, M.S. 1990,** Heat pump drying In *trend Food Science Tech.* 8(3): 75.
- Pallai, E., Szentmarjay, T. and Mujumdar, A.S. (1995).** Spouted Bed Drying. Chap. 13: In: *Handbook of Industrial Drying*, 2nd ed. Mujumdar, A.S. editor. Marcel Dekker Inc. NY.
- Mc Cabe, W.L. Smith, J.C. and Harriott, P. (1985).** *Unit Operation of Chemical Engineering*. Fig.23-3, Chap.23, 4th ed. McGraw Hill Book Comp. NY.
- Ogura, H. Kanamori, M. Matsuda, H. dan Hasatani, M (2003).** High temperature heat storage and temperature upgrading By use of CaO/H₂O and CaO/CO₂ reactions. <http://www.iaea.or.at/inis/hfgr/fulltext/25067247.pdf>
- Maier, D.E. and Saksena, V. (1997)** Low-Temperature Drying of Corn in Southwestern Indiana. Grain Quality Task Force. <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/GQ/GQ-30.html>
- Zweifel, C. et al. (2003)** Influence of High-temperature Drying on Structure and Textural Properties of Durum Wheat Pasta. *Cereal Chemistry*: 80(2), 159 - 167.