

## DESAIN SISTEM PENGERING KERUPUK KEMPLANG DENGAN UAP SUPER PANAS BERBAHAN BAKAR BIOMASA

Endo Argo Kuncoro

Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya  
email: [endoargo@yahoo.co.id](mailto:endoargo@yahoo.co.id)

---

### Abstrak

Penggunaan alat pengering seperti *cabinet dryer* berbahan bakar minyak (BBM) atau gas (BBG) untuk pengeringan kerupuk kemplang merupakan solusi dalam mengatasi masalah pengeringan yang terkendala cuaca. Umumnya sistem pengeringan ini menggunakan udara panas sebagai medium pengeringan. Namun, pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pengeringan kerupuk kemplang dengan menggunakan uap super panas. Penggunaan uap super panas untuk proses pengeringan didasarkan pada sifat termodinamika uap tersebut yang lebih unggul daripada udara pada kondisi yang sama. Rancangan alat pengering dengan uap super panas akan menggunakan sekam sebagai bahan bakar untuk pemanasan *boiler*. Berdasarkan uji teknis, perhitungan, dan uraian pembahasan yang telah dilakukan terhadap alat pengering kemplang tipe rak menggunakan uap kering super panas maka diperoleh suhu dan kelembaban relatif ruang pengering didapat sebesar 78°C dan 35%. Laju pengeringan rata-rata sebesar 7,01%/jam, kadar air akhir kemplang rata-rata sebesar 7%, dan kebutuhan energi panas total rata-rata 31.419,86 kJ. Efisiensi pengeringan dan efisiensi pemanasan dengan bahan bakar sekam adalah sebesar 7,41% dan 2,07%. Alat pengering kemplang tipe rak menggunakan sumber panas uap kering super panas dapat diaplikasikan karena memenuhi karakteristik pengeringan.

*Kata kunci: pengeringan, uap super panas, bahan bakar.*

---

### Pendahuluan

Pada umumnya industri kerupuk kemplang rumahan yang ada di Palembang atau daerah lain melakukan proses pengeringan dengan cara penjemuran langsung dibawah terik matahari. Selain tergantung cuaca, pengeringan dengan cara ini juga memiliki kekurangan diantaranya rentan terkena debu atau polusi udara sehingga tidak higienis, waktu proses pengeringan mencapai 1 sampai 2 hari, dan pada saat proses pengeringan memerlukan proses pembalikan kerupuk kemplang. Pada saat hujan atau malam hari, biasanya adonan kerupuk kemplang akan dibiarkan untuk kemudian dijemur kembali keesokan harinya. Adonan yang belum kering (kadar air yang masih tinggi), mengakibatkan mutu produk yang dihasilkan rendah.

Desain sistem pengeringan dengan uap super panas yang akan dikembangkan pada penelitian ini akan menggunakan sekam sebagai bahan bakar. Sekam sebagai limbah di penggilingan padi mempunyai peluang yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengeringan kerupuk kemplang. Menurut Sutrisno *et al.*(2001), keberadaan sekam cukup melimpah, yaitu sekitar 23% dari berat gabah yang digiling, sedangkan jumlah sekam yang diperlukan untuk proses pengeringan (gabah) untuk berat yang sama sekitar 10%. Sekam mempunyai nilai bakar yang cukup tinggi yaitu sebesar 3.500 kkal/kg sekam atau 1/3 dari nilai bakar dari minyak tanah (Sutrisno dan Raharjo, 2001). Penggunaan sekam sebagai sumber energi digunakan untuk memanaskan

ketel uap yang dirancang sedemikian rupa untuk proses pengeringan.

Tujuan umum dalam melakukan sebuah perancangan ini, hasil akhirnya diharapkan mampu memberikan kontribusi positif berupa manfaat baik kepada kelompok usaha kerupuk kemplang rumahan maupun skala industri yang lebih besar yang dapat menerapkannya secara langsung serta kepada kelompok yang berkeinginan meneruskan hasil rancangan yang ada agar diperoleh kesempurnaan.

### Bahan dan Metode

Kegiatan penelitian dibagi atas 2 tahap, yaitu tahap I yaitu berupa kegiatan perancangan dan pembuatan alat pengering, dilanjutkan dengan tahap II yaitu berupa kegiatan pengujian terhadap kinerja alat pengering yang telah dirancang dan difabrikasi tersebut. Masing-masing tahap kegiatan diuraikan sebagai berikut:

### Perancangan

Metode yang digunakan adalah metode rancangan teknik dengan tahapan yang meliputi (secara berurutan) , studi literatur, desain alat, analisis bahan dan konstruksi, pabrikasi dan pengujian fungsional.

### Data Pengamatan

Ada beberapa data yang diperlukan untuk analisis parameter yaitu:

Kadar air awal kemplang (%bb), kadar air akhir kemplang (%bb), berat awal dan akhir kemplang (gram), suhu udara ruang pengering ( $^{\circ}\text{C}$ ), waktu pengeringan (jam), kelembaban ruang pengering (%), kebutuhan energi pengeringan

(kJ), dan efisiensi pengeringan dan pemanasan (%).

## Hasil dan Pembahasan

### Rancang Bangun Alat Pengering

Alat Pengering Kemplang Tipe Rak menggunakan Uap Kering Super Panas. Pembuatan alat pengering kemplang dengan memanfaatkan panas dari uap super panas sesuai dengan rancangan dan perhitungan teknis. Alat pengering gabah tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Alat pengering tipe rak pada Gambar 1 memiliki dimensi panjang sebesar 120 cm dan lebar atau diameter sebesar 40 cm. Volume alat pengering tipe rak ini adalah sebesar  $0,0735 \text{ m}^3$  dan luas ruang pengering dan ruang pengering adalah  $0,21 \text{ m}^2$ . Badan alat pengering terbuat dari lempengan aluminium dengan tebal 2 mm.

Pengering kemplang tipe *rak* dilengkapi dengan beberapa alat yang membantu proses pengeringan yaitu:

#### a. *Blower*

*Blower* atau kipas yang digunakan merupakan tipe sentrifugal. Udara panas dari *heat exchanger* dihembuskan dengan *blower* dengan spesifikasi berikut: 1) tegangan sebesar 220 V, 2) kuat arus sebesar 1,5 A, 3) kecepatan putaran 2000 sampai 3600 rpm, dan 4) diameter pengeluaran 6,35 cm. Kecepatan angin yang dihasilkan dari *blower* tipe sentrifugal adalah sebesar 7 m/s. Pengukuran kecepatan angin keluaran *blower* menggunakan anemometer merek Lutron AM-4203. Nilai besar daya *blower* berkisar antara 0,000844 HP sampai dengan 0,001045 HP.



Keterangan:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1 = Ketel uap atau <i>boiler</i> | 5 = Heater 1000 Watt                   |
| 2 = Pipa penghubung              | 6 = <i>Flowmeter</i>                   |
| 3 = Termometer analog            | 7 = Pipa pencampur uap dan udara panas |
| 4 = Ruang pengering dan rak      | 8 = <i>Blower</i>                      |

Gambar 1. Alat pengering kemplang tipe rak menggunakan uap kering super panas

#### b. Rak Pengering

Rak pengering yang digunakan berbahan dasar aluminium. Penggunaan aluminium agar proses perpindahan panas dari uap super panas ke rak pengering menjadi lebih baik. Aluminium memiliki nilai konduktivitas termal yang baik dalam memindahkan panas dibandingkan besi. Nilai konduktivitas termal aluminium adalah sebesar  $237 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  (Çengel, 2007).

Perpindahan panas yang terjadi pada rak merupakan perpindahan panas konveksi dan konduksi. Luas permukaan rak berdasarkan perhitungan adalah sebesar  $0,16 \text{ m}^2$ . Suhu permukaan rak dengan menggunakan bahan bakar sekam sebesar  $65\text{-}68^{\circ}\text{C}$ .

Jika lama operasi pengeringan adalah 3 jam, maka energi panas yang dihasilkan *heat exchanger* untuk memanaskan udara pengering adalah sebesar  $24.102,04 \text{ kJ}$ .

#### c. Data Suhu dan Kelembaban Relatif Ruang Pengering

Suhu dan kelembaban yang dihasilkan dari uap kering super panas memiliki karakteristik yang cocok untuk pengeringan. Suhu yang tinggi menyebabkan produk lebih cepat kering namun harus diperhatikan dari struktur produk yang tipis. Suhu yang dihasilkan dari uap kering super panas adalah  $75$  hingga  $78^{\circ}\text{C}$  dan suhu yang dicapai di rak pengeringan adalah  $60$  hingga  $65^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan kelembaban relatif ruangan pengering yang dicapai juga cocok untuk proses pengeringan. Semakin rendah kelembaban relatif yang dicapai proses pengeringan akan semakin cepat. Kelembaban relatif yang dicapai di ruangan pengeringan adalah  $30$  hingga  $35\%$ . Kelembaban relatif yang dicapai cukup rendah untuk proses pengeringan sehingga proses pengeringan akan menjadi lebih baik.

### Laju Pengeringan

Laju pengeringan adalah penurunan kadar air per satuan waktu. Laju pengeringan kemplang diperoleh dari hasil pengurangan kadar air awal sebelum dikeringkan dengan kadar air akhir kemplang setelah dikeringkan selama waktu pengeringan. Pada analisis perhitungan laju pengeringan, kadar air ditentukan berdasarkan persentase kadar air basis basah kemplang sebelum proses pengeringan dan setelah pengeringan.

Hasil perhitungan laju pengeringan rata-rata dengan menggunakan adalah sekitar 7,01% per jam dengan kadar air awal kemplang 55% dan kadar air akhir rata-rata kemplang sebesar 7%. Selisih antara kadar air basis basah awal dengan akhir menjadi lebih besar dan laju pengeringan menjadi lebih tinggi. Kemudian faktor lain yang mempengaruhi laju pengeringan adalah debit udara pengeringan berbeda untuk setiap sampel kemplang, suhu, dan kelembaban relatif.

Laju pengeringan dapat dipengaruhi oleh energi penguapan air dalam bahan selain dari kadar air awal bahan, suhu udara pengering, kelembaban udara pengering, tekanan uap air bahan, dan kecepatan aliran udara pengering. Debit udara rata-rata pengeringan adalah sebesar 0,0065 m<sup>3</sup>/s. Suhu dan kelembaban relatif rata-rata ruang pengering yang dihasilkan dengan bahan bakar sekam sebesar 53°C dan 29%. Suhu yang tinggi dan kelembaban relatif yang lebih rendah akan mempercepat laju pengeringan.

### Kadar Air

Kadar air rata-rata kemplang sebelum dikeringkan adalah 55% basis basah. Mendapatkan nilai kadar air awal kemplang adalah dengan cara mengeringkan bahan hingga penurunan massa konstan. Metode yang digunakan adalah termogravimetri. Bahan yang dikering-

kan diperiksa dan ditimbang dengan timbangan *digital* tiap 1 jam, sehingga didapat nilai kadar air awal kemplang.

Pada awal proses pengeringan jarak waktu pengamatan dari jam ke-0 hingga ke jam ke-2, penurunan kadar air terlihat jelas. Pada percobaan massa awal sampel saat sebelum pengeringan adalah sebesar 3 gram. Penurunan massa rata-rata kemplang pada proses pengeringan jam pertama dan jam kedua didapat sekitar 0,66 gram dan 0,29 gram. Penurunan terus terjadi hingga jam ke , namun terjadi penurunan relatif kecil.

Penurunan kadar air terus terjadi selama proses pengeringan. Tetapi penurunan yang signifikan terjadi hingga jam kedua proses pengeringan. Hal ini terjadi karena pelepasan kadar air masih terjadi pada permukaan kemplang. Pada proses ini dapat disebut sebagai laju pengeringan konstan, karena terjadi singkat dan dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas. Kemudian penurunan kadar air pada jam berikutnya akan terjadi penurunan yang tidak signifikan. Pada proses ini disebut laju pengeringan menurun.

### Analisis Kebutuhan Energi

Untuk menurunkan kadar air bahan melalui proses penguapan air bahan ke udara dibutuhkan energi panas. Energi panas berguna untuk meningkatkan suhu media pengering yaitu udara panas. Panas yang dihasilkan oleh alat pengering sangat berpengaruh terhadap suatu produk yang dikeringkan. Bila energi panas yang dihasilkan terlalu kecil maka memerlukan waktu yang lama untuk mengeringkan. Namun jika energi panas yang dihasilkan besar sehingga suhu udara panas tinggi menyebabkan produk yang dikeringkan rusak. Besarnya suhu dan kecepatan aliran udara sangat mempengaruhi besarnya kebutuhan energi panas pengeringan kemplang (Taib *et al.* (1987) dalam Ablizar (2008)).

Kebutuhan energi untuk proses pengeringan adalah antara 4.382,90 kJ dengan suhu ruang pengering yang dihasilkan sebesar 70°C sampai 78°C. Kebutuhan energi untuk pengeringan dengan menggunakan sekam cukup besar. Hal ini dikarenakan rata-rata suhu ruang pengering yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar sekam cukup tinggi yaitu sebesar 78°C sehingga energi yang dihasilkan cukup besar. Suhu yang tinggi akan menghasilkan energi yang besar. Suhu ruang pengering atau suhu udara pengering akan mempengaruhi kebutuhan energi untuk proses pengeringan kemplang. Jika suhu udara pengering semakin tinggi, kelembaban relatif udara pengering semakin rendah, dan kecepatan aliran udara pengering semakin besar, maka kebutuhan energi untuk pengeringan akan semakin kecil.

Energi panas yang dihasilkan untuk proses pengeringan sebesar 389.530,40 kJ dengan suhu ruang pengering yang dihasilkan 75°C sampai 78°C. Nilai rata-rata energi yang dihasilkan untuk pengeringan dengan menggunakan

sekam sangat besar. Hal ini terjadi karena penggunaan sekam pada proses pengeringan cukup banyak. Penggunaan rata-rata sekam selama proses pengeringan adalah 8 kg. Proses pembakaran yang tidak efisien pada bahan bakar sekam yang menyebabkan energi yang dihasilkan untuk pengeringan sangat besar.

Tabel 1 dibawah ini menunjukkan hubungan besar massa air bahan yang diuapkan ke udara ( $w_a$ ) terhadap kebutuhan energi penguapan ( $q_p$ ). Dari Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa kebutuhan energi penguapan berbanding lurus dengan massa air kemplang yang diuapkan. Energi penguapan tertinggi adalah 2,45 kJ dengan massa uap air yang diuapkan sebesar 1,40 g. Energi penguapan terendah adalah 1,80 kJ dengan massa uap air yang diuapkan sebesar 1,20 g. Rata-rata kebutuhan energi untuk penguapan air dalam bahan dengan bahan bakar sekam adalah sebesar 1,89 kJ dan rata-rata massa air dalam bahan yang diuapkan sebesar 1,22 gram.

Tabel 1. Hubungan antara massa air kemplang yang diuapkan terhadap energi penguapan

Massa Air Kemplang yang Diuapkan ( $w_a$ ) (kg)*	Kebutuhan Energi Penguapan ( $q_p$ ) (kJ)
Bahan Bakar Sekam	
0,0012	1,80
0,0013	1,42
0,0014	2,45

\*3 buah sampel

Kebutuhan energi penguapan air dalam kemplang tergolong sangat rendah. Hal ini terjadi karena rata-rata jumlah air yang diuapkan dari kemplang menggunakan bahan bakar sekam sangat kecil yang diakibatkan sampel yang dimasukan kedalam rak pengering hanya 50 g. Semakin besar air yang diuapkan dalam bahan selama proses pengeringan maka energi penguapan yang dibutuhkan akan semakin besar juga.

Berdasarkan Tabel 2 besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam ketel uap berbanding lurus terhadap jumlah atau massa air yang diuapkan. Energi rata-rata untuk menguapkan air dalam ketel uap berbahan bakar sekam sebesar 65.255,65 kJ dengan massa rata-rata air yang diuapkan sebesar 28,91 kg.

Tabel 2. Hubungan antara massa air yang diuapkan dalam ketel uap terhadap kebutuhan energi menguapkan air dalam ketel uap

Massa Air Diuapkan dalam Ketel Uap (kg)	Energi Menguapkan Air dalam Ketel Uap (kJ)
Bahan Bakar Sekam	
28,91	65.255,65

Proses pemanasan air dalam ketel uap bertujuan untuk menciptakan uap jenuh yang selanjutnya dialirkan ke pipa dan campurkan dengan udara panas hasil pemanasan *heater*. Energi uap super panas berpindah memanaskan udara di dalam ruang ruang pengering. Penggunaan bahan bakar dapat mempengaruhi proses pemanasan air dalam ketel uap. Semakin banyak bahan bakar yang

digunakan maka energi penguapan air dalam ketel uap akan besar.

Pada Tabel 3 menyatakan hubungan energi menguapkan air dalam ketel uap terhadap energi yang dihasilkan bahan bakar. Penggunaan bahan bakar sekam yang tidak terkontrol menyebabkan energi yang dihasilkan tidak sebanding dengan energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam ketel uap.

Tabel 3. Hubungan antara energi menguapkan air dalam ketel uap terhadap energi yang dihasilkan dari bahan bakar sekam

Energi Menguapkan Air dalam Ketel Uap (kJ)	Energi yang Dihasilkan dari Bahan Bakar Sekam (kJ)
65.255,65	389.530,40

Energi panas rata-rata yang dibutuhkan pada pengeringan kemplang menggunakan bahan bakar sekam dengan kadar air awal 55% basis basah untuk menguapkan air bahan rata-rata sebesar 1,22 g ke udara ( $q_1$ ) adalah sebesar 4.971,79 kJ dengan laju kebutuhan energi panas rata-rata untuk pengeringan kemplang ( $\dot{q}_1$ ) adalah sebesar 0,46 kJ/s. Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu kemplang rata-rata ( $q_{pb}$ ) adalah 132,06 kJ dengan laju kebutuhan energi panas rata-rata ( $\dot{q}_{pb}$ ) adalah sebesar  $5,40 \times 10^{-3}$  kJ/s. Panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam kemplang rata-rata ( $q_p$ ) adalah sebesar 1.984,56 kJ dengan laju kebutuhan energi panas rata-rata ( $\dot{q}_p$ ) adalah sebesar 0,158 kJ/s. Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu uap air rata-rata ( $q_2$ ) adalah sebesar 196,23 kJ dengan laju kebutuhan energi

panas rata-rata ( $\dot{q}_2$ ) sebesar  $14,79 \times 10^{-3}$  kJ/s. Panas yang dibutuhkan untuk memanaskan udara pengering rata-rata ( $q_{he}$ ) adalah sebesar 24.199,22 kJ. Jadi total energi panas rata-rata ( $q_t$ ) yang dibutuhkan kemplang selama proses pengeringan menggunakan bahan bakar sekam adalah 31.419,86 kJ.

Nilai energi total rata-rata untuk proses pengeringan dengan bahan bakar sekam cukup besar karena nilai energi total dipengaruhi oleh energi untuk pemanasan udara pengering.

### Efisiensi

Efisiensi pengeringan dan pemanasan dengan bahan bakar sekam cukup rendah. Hasil rata-rata energi bahan bakar dengan sekam adalah sebesar 410.032,00 kJ. Penyebab efisiensi pengeringan dan pemanasan yang rendah oleh bahan bakar sekam adalah proses pema-

nasan yang tidak merata karena banyak energi panas yang terbuang ke ling-

kungan dan penggunaan sekam cukup banyak yaitu sebesar 19 hingga 21 kg.

Tabel 4. Perbandingan energi masukan (*input*) dengan energi keluaran (*output*)

Energi Masukan ( <i>Input</i> )	Energi Keluaran ( <i>Output</i> )
Energi dari Bahan Bakar Sekam (kJ)	Energi Total dari Ketel Uap, dan Ruang Pengerinan (kJ)
389.530,40	95.655,43

Berdasarkan Tabel 4 penggunaan energi untuk proses pengeringan kemplang dan penguapan air dalam ketel uap masih rendah. Energi untuk proses tersebut hanya membutuhkan sekitar 22,49% hingga 25,22% dari energi yang dihasilkan bahan bakar sekam. Selain itu menunjukan bahwa energi dari proses pembakaran bahan bakar sekam tidak efisien sekitar 74,78% hingga 77,51% hilang ke lingkungan.

**Kesimpulan**

Berdasarkan uji teknis, perhitungan, dan uraian pembahasan yang telah dilakukan terhadap alat pengering kemplang tipe rak menggunakan uap kering super panas maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu dan kelembaban relatif ruang pengering didapat sebesar 78°C dan 35%.
2. Laju pengeringan rata-rata sebesar 7,01%/jam, kadar air akhir kemplang rata-rata sebesar 7%, dan kebutuhan energi panas total rata-rata 31.419,86 kJ.
3. Efisiensi pengeringan dan efisiensi pemanasan dengan bahan bakar sekam adalah sebesar 7,41% % dan 2,07%. Efisiensi rata-rata energi keluaran (*output*) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kayu akasia adalah sebesar 24,09%.
4. Alat pengering kemplang tipe rak menggunakan sumber panas uap kering super panas dapat diaplikasikan karena memenuhi karakteristik pengeringan.

**Daftar Pustaka**

Ablizar, R. 2008. Pengering Gabah Tipe Silinder dengan Sumber Pemanas Bahan Bakar Gas. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema, dan C.W. Hall. 1974. *Drying Cereal Grains*. AVI, Westport, CT

Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema, dan C.W. Hall. 1992. *Pengeringan dan Penyimpanan Biji-Bijian dan Biji Minyak Nabati*. Diterjemahkan oleh Purnomo, R.H. 1997. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.

Cengel, Y.A. 2003. *Heat Transfer A Practical Approach*. Second Ed. McGraw-Hill, New York.

Çengel Y.A. 2008. *Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer Second Edition*. McGraw-Hill Primis.

Cengel, Y.A, and Boles, Michael A. 2007. *Thermodynamics An Engineering Approach Sixth Edition (SI units)*. New York: McGraw-Hill co.inc.

Devahastin, S., P. Suvarnakuta, S. Soponronnarit, and A.S. Mujumdar. 2004. A comparative study of low-pressure superheated steam and vacuum drying of a heat-sensitive material. *Drying Technology*. 22:1845–1867.

- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering* 3th Edition. The AVI Publishing Company. Inc., Westport, Connecticut. USA.
- Incropera, F.P. dan D.P. Dewitt. 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* 5<sup>th</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
- Iyota, H., N. Nishimura, T. Onuma, and T. Nomura. 2001. Drying of sliced raw potatoes in superheated steam and hot air. *Drying Technology*. 19:1411-1424.
- Mujumdar, A.S. 2006. Superheated Steam Drying. *In* A.S. Mujumdar (ed.). *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press. USA. pp. 1280.
- Sutrisno, M. Wahyudin, dan E.E. Ananto. 2001. The Technical and Economical Performance of The "ABC" Type Paddy Dryer. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. Agency for Agricultural Research and Development 2(2).
- Sutrisno dan B. Raharjo. 2002. Rekayasa Mesin Pengering Padi Bahan Bakar Sekam (BBS) Kapasitas 10 T Terintegritas Untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Penggilingan Padi di Lahan Pasang Surut Sumatera Selatan. *Jurnal Pembangunan Manusia* Edisi 6.
- Suvarnakuta, P., S. Devahastin, and A.S. Mujumdar. 2006. A Mathematical Model for Low-Pressure Superheated Steam Drying of a Biomaterial. *Ind. Eng. Chem. Res.* 44:1934-1941.
- Tang, Z and S. Cenkowski. 2000. Dehydration Dynamics of Potatoes in Superheated Steam and Hot Air. *Can. J. Agric. Eng.* 42(1):601-613.
- Toledo, R.T. 2007. *Fundamentals of Food Process Engineering* 3rd Edition. Athens, Springer.
- Wilhelm, L.R., D.A. Suter., dan G.H. Brusewitz. 2005. *Food and Process Engineering Technology*. Amer Society of Agricultural.