

RANCANG BANGUN ALAT PENGGORENG TANPA MINYAK UNTUK MENUNJANG AGROINDUSTRI

Design of Fryer without Cooking Oil for Supporting Agro-industry Development

Oleh

Siswanto, Rifah Ediaty, dan Riana Listanti
Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman
Jl Dr. Suparno, Karangwangkal Purwokerto

Alamat korespondensi: Siswanto (siswanto_07@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis unjuk kerja alat penggoreng, efisiensi termis dari unit penggoreng, dan prospek pengembangan alat penggoreng tanpa minyak dan tanpa energi listrik untuk menunjang agroindustri. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium yang meliputi tahap perancangan dan tahap uji coba. Bahan yang digunakan adalah pasir sungai dan kerupuk mentah siap goreng. Alat yang digunakan meliputi berbagai macam alat dan mesin perbengkelan untuk membuat alat penggoreng tanpa minyak. Hasil penelitian berupa alat penggoreng tanpa minyak dengan dimensi panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 120 cm. Kapasitas maksimal alat sebesar 16,8 kg/jam, dengan sumber panas dari kompor gas LPG. Alat ini beroperasi tanpa energi listrik, dan digerakkan dengan sistem semi-mekanis, sehingga cocok untuk industri pedesaan dengan sumber energi listrik yang terbatas. Efisiensi termis dari unit penggoreng sebesar 35,8 %. Menggunakan analisis titik impas (*Break Even Point*) diperoleh jumlah minimal kerupuk yang harus digoreng adalah 406 kg/ tahun atau setara dengan 26 jam proses/tahun, dengan penerimaan bersih sebesar 47.386 (Rp/jam) atau setara dengan 4.738.633 (Rp/bulan).

Kata kunci: rancang bangun, penggoreng tanpa minyak, efisiensi termis, titik impas.

ABSTRACT

The objective of the research were to analysis fryer performance, thermal efficiency of fryer unit, and development prospec of fryer without cooking oil and without electrical energy for supporting agro-industry. Research conducted with experiment laboratory as follow steps of design and testing performance. Material used is sand river and chips which is ready to fry. Instrument used is several kinds of tools and machine workshop for producing fryer without cooking oil. Research product is fryer without cooking oil with dimension of length 100 cm, width 80 cm, and height 120 cm. Maximal capacity of fryer about 16.8 kg/hour, with heat source supply from LPG stove. These fryer is operated without electrical energy, and rotated with semi mechanic system, so that the fryer is appropriate for rural industry with limited of electrical source. Thermal efficiency of unit fryer is 35.8%. Using break even point (BEP) analysis is found that minimal chip must be fried about 406 kg/year or equivalent with 26 hours process/ year, with net income about 47,386 (Rp/hour) or equivalent with 4,738,633 (Rp/month).

Keywords: design, frying without cooking oil, thermal efficiency, break even point

PENDAHULUAN

Penggorengan merupakan salah satu aktivitas penting yang sudah lama dilakukan dan banyak dijumpai dalam industri pengolahan pangan, baik industri berskala kecil maupun industri pangan berskala besar. Meskipun penggorengan merupakan proses pemasakan pangan yang

sudah lama dilakukan, tetapi proses tersebut banyak yang belum diungkap secara ilmiah (Levina, 1990).

Penggorengan tanpa minyak lazim disebut penyangraian, penggorengan seperti ini proses pemanasan berlangsung secara konduksi melalui kontak langsung antara permukaan dinding pemanas dengan

produk yang digoreng. Cara seperti ini proses transfer panasnya dianggap kurang efisien karena luas permukaan konduksi terbatas hanya pada dinding pemanas yang bersinggungan dengan produk yang digoreng. Guna meningkatkan efisiensi proses transfer panas selama penggorengan maka luas permukaan transfer panasnya perlu ditingkatkan melalui penggunaan media penghantar panas berupa butiran bahan padat (pasir, kerikil, atau bahan lain berwujud butiran dan mempunyai nilai konduktivitas panas besar). Metode penggorengan dengan menggunakan media penghantar panas bahan padat butiran lebih menguntungkan karena selain luas permukaan kontak panas meningkat juga proses transfer panasnya berlangsung secara konduksi dan konveksi (Siswantoro *dkk.*, 2012a).

Penggorengan kerupuk dengan pasir telah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia, namun sampai saat ini kajian secara ilmiah melalui bentuk penelitian, serta pengembangan untuk diaplikasikan pada penggorengan produk-produk pertanian yang lain masih sulit ditemukan (Siswantoro, 2009; Siswantoro, 2011). Berdasar realita tersebut maka pengembangan penelitian tentang penggorengan tanpa menggunakan minyak sangat menarik untuk diteliti, dan sekaligus dari hasil penelitian ini akan memberikan warna khusus dan unik / spesifik dari

Universitas Jenderal Soedirman yang berorientasi pada pengembangan pedesaan dan berbasis kerifan lokal.

Ada beberapa keuntungan apabila penggorengan dilakukan tanpa menggunakan minyak (menggunakan pasir). Keuntungan tersebut antara lain : produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik, pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah, produk yang mengalami penurunan kerenyahan (melempem) mudah dilakukan rekondisi kerenyahannya dengan cara dijemur pada sinar matahari atau dipanaskan pada suhu yang tidak terlalu tinggi ($35^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$), mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng (Rofiuddin, 2007; Siswantoro *dkk.*, 2010; Siswantoro, 2011)

Alat penggoreng yang dirancang adalah alat penggoreng tanpa minyak dengan menggunakan pasir sebagai media penghantar panas. Sistem transmisi tenaga yang digunakan semi-mekanis dengan sumber tenaga manusia. Alat penggoreng semi-mekanis tanpa energi listrik yang akan dirancang diduga akan lebih cocok untuk industri pedesaan berskala kecil dengan keterbatasan sumber energi listrik. Alat yang dirancang mempunyai beberapa keuntungan yang meliputi : biaya untuk memproduksi alat dan biaya produksi

selama proses penggorengan dapat dipastikan akan lebih murah.

Penggorengan merupakan salah satu aktivitas penting dan banyak dijumpai dalam industri pengolahan pangan, baik industri berskala kecil maupun industri pangan berskala besar. Namun pada akhir-akhir ini banyak timbul kewaspadaan terhadap produk hasil gorengan yang menggunakan minyak, terutama minyak yang digunakan secara berulang. Pengkonsumsi-an minyak terutama lemak jenuh dianggap merupakan penyebab naiknya resiko sakit khususnya sakit jantung koroner, kanker, diabetes, dan tekanan darah tinggi (Sartika, 2009).

Dari permasalahan tersebut di atas muncul pemikiran untuk mengembangkan cara penggorengan yang secara tradisional sudah lama dilakukan yaitu penggorengan tanpa minyak. Penggorengan tanpa minyak atau biasa dikenal dengan penyangraian, pada metode ini proses pindah panasnya terjadi melalui kontak langsung antara produk yang digoreng dengan dinding atau permukaan alat penggoreng, cara seperti ini proses transfer panasnya dianggap belum efisien karena permukaan transfer panasnya sangat terbatas. Untuk itu perlu dilakukan penelitian atau kajian secara ilmiah penggorengan tanpa minyak dengan menggunakan pasir atau bahan butiran yang lain sebagai media penghantar panas.

Cara penggorengan dengan menggunakan pasir (*hot sand frying*) proses transfer panasnya diduga lebih efisien dibanding cara penyangraian karena luas kontak permukaan panas pasir cukup besar disamping itu pasir dengan wujud butiran (*fluidized*) yang disertai dengan pengadukan mempunyai sifat yang hampir sama dengan fluida (minyak) dalam hal menghantarkan panas selama penggorengan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat penggoreng tanpa menggunakan minyak goreng dan tanpa energi listrik, sedang secara khusus adalah untuk menganalisis unjuk kerja alat penggoreng, menganalisis efisiensi termis dari unit penggoreng, menganalisis prospek pengembangan alat penggoreng tanpa minyak dan tanpa energi listrik untuk menunjang agroindustri.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan cara merancang alat penggoreng tanpa minyak dan tanpa energi listrik dengan sistem transmisi daya semi-mekanis, analisis unjuk kerja, dan analisis prospek pengembangan alat. Analisis unjuk kerja meliputi pengukuran distribusi suhu ruang penggoreng, pengukuran efisiensi unit penggoreng, dan uji coba penggorengan untuk memperoleh kapasitas optimal alat.

Analisis prospek pengembangan dilakukan melalui analisis “break even point” (BEP).

Variabel yang diukur pada penelitian ini meliputi: suhu ($^{\circ}\text{C}$), jumlah produk yang digoreng (kg/ proses), waktu proses penggorengan (menit), frekwensi penggorengan (jumlah proses per jam), kapasitas alat (kg/jam), konsumsi bahan bakar LPG (kg/jam), kadar air produk (% basis basah), dan jumlah air yang teruapkan (kg)

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu tahap perancangan alat, tahap pembuatan alat, tahap uji coba alat. Tahap perancangan alat dan tahap pembuatan alat dilakukan oleh tim peneliti (dosen) di bengkel ALSINTAN (mitra kerja). Tahap uji coba dilakukan oleh tim peneliti dengan melibatkan 2 orang mahasiswa untuk penelitian tugas akhir (skripsi) di Laboratorium Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman - Purwokerto. Penelitian dilakukan selama 8 bulan yaitu mulai bulan Pebruari sampai bulan Oktober 2013

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua yaitu: bahan untuk pembuatan alat penggoreng dan bahn untuk uji coba unjuk kerja alat. Bahan untuk pembuatan alat penggoreng terdiri dari : gear, rantai, as (batang besi), besi siku, plat baja, silinder penggoreng, bearing duduk, pemanas (kompor gas). Bahan untuk uji coba alat

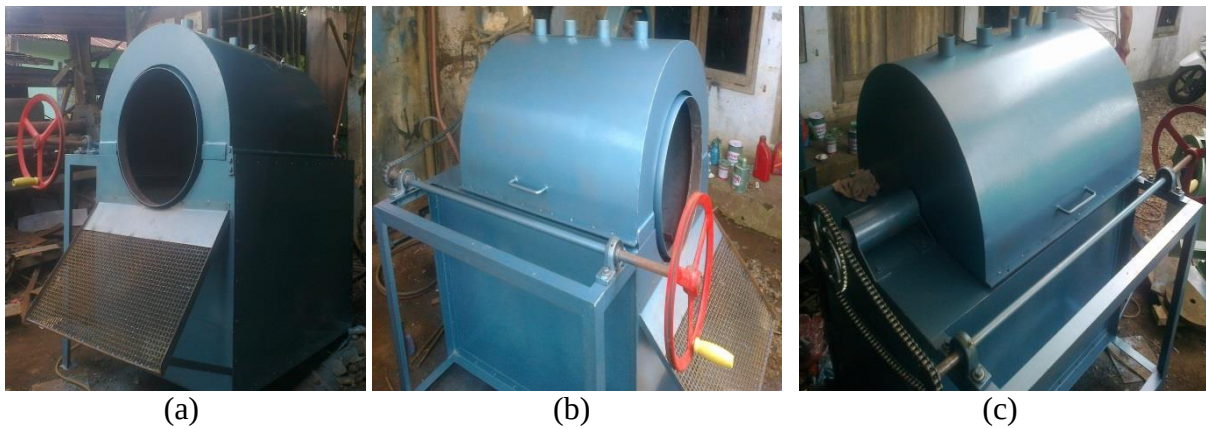
penggoreng yaitu: pasir, kerikil, dan produk mentah yang siap digoreng (kerupuk tapioka, slondok, klanjing, dan emping melinjo).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga, yaitu : peralatan untuk membuat alat penggoreng, peralatan untuk uji coba unjuk kerja alat penggoreng, dan peralatan untuk analisis laboratorium. Peralatan untuk membuat alat penggoreng terdiri dari : alat las, mesin bubut, gerinda, gergaji besi, bor, pemotong plat, meteran, dan palu. Peralatan untuk uji coba unjuk kerja alat penggoreng terdiri dari: termokopel, interface, data logger, computer, tachometer, neraca analitik, stop watch, dan hygrometer. Peralatan untuk analisis laboratorium terdiri dari : oven, botol timbang, neraca analitik, desikator, kantong plastik, penetrometer, dan komputer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Penggoreng

Alat penggoreng tanpa minyak yang telah dibuat mempunyai dimensi panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 120 cm. Spesifikasi alat: penggerak tenaga manusia, transmisi daya: gear, rantai, as, sumber panas kompor gas LPG, media penghantar panas: pasir sungai, dengan kapasitas. produksi 16,8 kg/ jam. Alat penggoreng hasil rancang bangun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat penggoreng dengan pasir sebagai media penghantar panas. (a) tampak depan, (b) tampak samping, (c) tampak belakang.

Siswantoro dkk., (2012c) menerangkan bahwa, paling tidak ada 2 persyaratan dalam perancangan alat, yaitu persyaratan teknik, dan ekonomi. Berdasar hasil kajian alat penggoreng tanpa minyak ini telah memenuhi persyaratan tersebut. Ditinjau dari persyaratan teknik bahwa alat yang telah dirancang mampu diwujudkan (dibuat) dengan kemampuan teknik yang dimiliki oleh SDM setempat, karena alat ini dibuat oleh industri perbengkelan lokal, serta hasil perancangannya mampu beroperasi dengan unjuk kerja yang dapat dihandalkan. Kebutuhan tenaga 18,84 Watt pada 30 rpm, dan 12,56 Watt pada 20 rpm, sehingga secara teknik layak dioperasikan dengan tenaga manusia yang secara rata-rata mempunyai tenaga setara dengan 75 Watt. Secara ekonomi harganya terjangkau oleh kemampuan industri pengguna alat, dan mempunyai prospek menguntungkan.

Alat penggoreng yang telah dirancang mempunyai beberapa

keunggulan inovasi meliputi : Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; Pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah, sehingga dapat menekan biaya produksi; Mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng; Sumber tenaga penggerak tenaga manusia dapat mengurangi ketergantungan penggunaan energi listrik, sehingga cocok diaplikasikan untuk daerah pedesaan. Keunggulan tersebut sejalan dengan hasil penelitian (Siswantoro dkk., 2004) yang menyatakan bahwa untuk pengembangan industri pedesaan sangat dibutuhkan alat yang tidak tergantung pada ketersediaan energi listrik.

Alat penggoreng yang telah dirancang juga mempunyai beberapa potensi untuk diaplikasikan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Siswantoro dkk., 2012b) yang menyatakan bahwa, penggunaan minyak goreng pada akhir-akhir ini sering menimbulkan

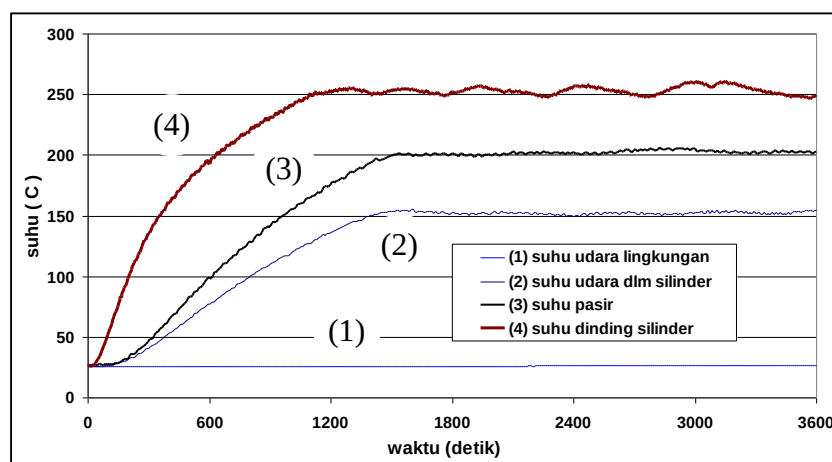
permasalahan yaitu: Ketersediaannya kurang seimbang dengan kebutuhan sehingga menyebabkan harga melambung cukup tinggi; Adanya kesadaran masyarakat untuk mengurangi konsumsi makanan mengandung lemak yang disinyalir akan berdampak kurang baik bagi kesehatan; Adanya kewaspadaan terhadap produk hasil gorengan menggunakan minyak yang digunakan untuk penggorengan secara berulang; Pengkonsumsian minyak terutama lemak jenuh dianggap merupakan penyebab naiknya resiko sakit jantung koroner, kanker, diabetes, dan tekanan darah tinggi; Penyerapan minyak pada saat penggorengan cukup tinggi, dapat mencapai 15 – 30 %.

Unjuk Kerja Alat

Unjuk kerja alat adalah suatu keragaan dari suatu alat untuk menampilkan kemampuan pada saat proses atau beroperasi. Unjuk kerja yang dikaji pada penelitian ini lebih ditekankan pada

kapasitas kerja alat penggoreng. Uji coba telah dilakukan bahwa alat penggoreng hasil perancangan yang diisi dengan pasir sebagai media penghantar mampu menghasilkan suhu proses sampai 200 °C. Salah satu hasil uji coba digunakan pasir sungai Serayu dengan diameter 1,00 – 2,00 mm sebanyak 10 liter atau setara dengan 15 kg pasir. Hasil pengukuran suhu selama proses penggorengan dapat dilihat pada Gambar 2.

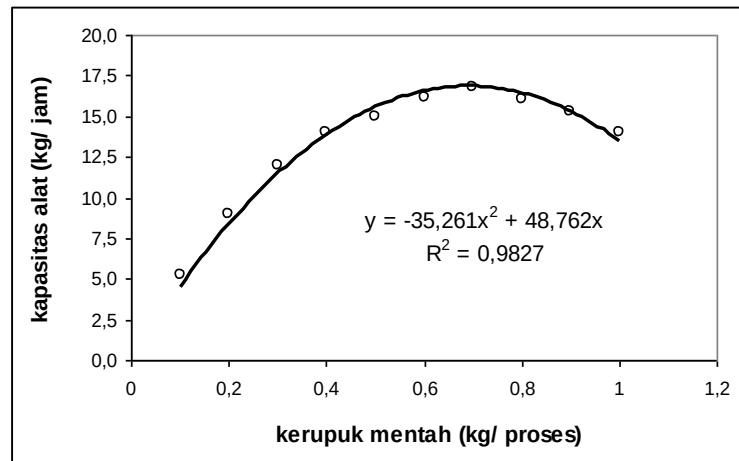
Guna mengetahui jumlah (input) optimal dari alat penggoreng, maka telah diuji coba untuk menggoreng kerupuk tapioka dengan variasi perlakuan jumlah input (kerupuk) tiap proses penggorengan (kg/proses). Data hasil pengukuran jumlah kerupuk yang digoreng selama 1 jam dengan suhu proses 200 °C dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa kapasitas alat terbesar 16,8 kg/jam, dengan jumlah optimal kerupuk yang digoreng 0,7 kg/proses.



Gambar 2. Suhu selama proses penggorengan

Tabel 1. Data hasil pengukuran jumlah, frekwensi, dan kapasitas alat penggoreng

kerupuk (kg/ proses)	waktu sekali proses (detik)	(menit)	frekwensi (proses/ jam)	kapasitas alat (kg/ jam)
0,1	69	1,15	52	5,2
0,2	80	1,33	45	9,0
0,3	90	1,50	40	12,0
0,4	103	1,71	35	14,0
0,5	120	2,00	30	15,0
0,6	133	2,22	27	16,2
0,7	150	2,50	24	16,8
0,8	180	3,00	20	16,0
0,9	212	3,53	17	15,3
1,0	257	4,29	14	14,0



Gambar 3. Nilai observasi dan prediksi untuk menentukan kapasitas alat

Menggunakan data hasil pengukuran (Tabel 1), maka dibuat grafik dengan nilai observasi dan persamaan nilai prediksi seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Menggunakan grafik persamaan prediksi diperoleh bahwa kapasitas maksimal alat yaitu pada saat turunan pertama (dY/dX) = 0, sebesar 16,86 kg/jam dengan jumlah optimal 0,69 kg untuk sekali proses penggorengan (2,5 menit).

Produk Goreng Pasir

Penggorengan dengan pasir sebagai media penghantar panas mempunyai

fenomena yang menarik untuk diteliti secara ilmiah, dan ini merupakan keterbaruan (*novelty*) serta merupakan pengembangan IPTEKS. Fenomena tersebut terutama yang terkait dengan nilai kontak panas permukaan (h) antara pasir sebagai media penghantar panas dengan produk yang digoreng. Besarnya nilai h pada proses penggorengan menggunakan pasir selain dipengaruhi oleh proses konduksi juga dipengaruhi oleh proses konveksi, karena pasir dalam bentuk curah (*bulk*) merupakan benda padat yang

mempunyai sifat mudah mengalir menyerupai benda cair. Besarnya nilai h pada penggorengan dengan pasir sebagai media penghantar panas adalah $64,6 \text{ J/s.m}^2.^{\circ}\text{C}$. Nilai h yang dimiliki pasir relatif kecil bila dibanding dengan nilai h minyak goreng yaitu sebesar $300 \text{ J/s.m}^2.^{\circ}\text{C}$, untuk itu selama penggorengan dengan pasir harus dilakukan pengadukan untuk meningkatkan besarnya nilai h (Siswanto, 2011; Miller *et al.*, 1994)

Ada beberapa keuntungan apabila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir. Keuntungan tersebut antara lain : Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; Pasir sebagai media penghantar

panas mudah di dapat dan murah; Apabila produk yang digoreng adalah kerupuk, jika mengalami penurunan kerenyahan (melempem), mudah dilakukan rekondisi kerenyahannya dengan cara dijemur pada sinar matahari atau dipanaskan pada suhu yang tidak terlalu tinggi ($35^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$); Mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng.

Pada penelitian ini penggorengan tanpa minyak dilakukan menggunakan pasir sebagai media penghantar panas dan produk yang digoreng dari berbagai jenis kerupuk (kerupuk tapioka, emping melinjo, dan kelanting). Produk hasil penggorengan dengan pasir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Produk hasil penggorengan dengan pasir

Cara penggorengan menggunakan media penghantar panas dari pasir jauh lebih efisien bila dibanding dengan cara penyangraian. Penyangraian proses transfer panasnya sebagian besar berlangsung melalui kontak langsung antara produk yang disangrai dan dinding pemanas. Penggorengan dengan pasir luas kontak panasnya jauh lebih besar yaitu banyak terjadi melalui butiran pasir dengan diameter yang cukup kecil $\leq 2,00$ mm, sehingga transfer panas yang terjadi dengan cara ini akan lebih efisien (Siswantoro *dkk.*, 2011).

Besarnya koefisien konveksi pada fluida dapat dianalogikan dengan koefisien kontak panas permukaan (h) pada pasir yang digunakan sebagai media penghantar panas pada penggorengan. Beberapa hasil penelitian menerangkan bahwa makin besar diameter partikel (d) yang mengalir disekitar bahan, maka akan menyebabkan nilai koefisien kontak panas permukaan makin menurun, sedangkan makin besar aliran media disekitar bahan maka nilai koefisien kontak panas permukaan akan makin besar (Masoumifard *et al.*, 2008; Grewal dan Zimmerman, 1988; Loveday dan Taki, 1996; Zabrodsky *et al.*, 1981; Li Wang *et al.*, 2004).

Untuk produk yang masih berkulit saat dilakukan penggorengan, maka media pasir yang digunakan direkomendasi dengan ukuran diameter 0,25 – 1,00 mm.

Semakin kecil ukuran diameter pasir yang digunakan nilai kontak panas permukaan (h) akan semakin besar, namun dari segi teknis semakin kecil ukuran diameter pasir maka pasir akan mudah menempel pada produk hasil gorengan, kondisi ini kurang dikehendaki, serta semakin berat dilakukan pengadukan. Untuk produk yang tidak berkulit saat dilakukan penggorengan, maka media pasir yang digunakan direkomendasi pada ukuran diameter 1,00 – 2,00 mm.

Efisiensi Termis Unit Penggoreng

Efisiensi termis merupakan perbandingan jumlah panas yang diberikan dengan jumlah panas aktual yang dibutuhkan. Panas yang diberikan pada unit penggoreng berasal dari sumber panas gas LPG, sedangkan panas yang dibutuhkan yaitu untuk keperluan pematangan produk dan untuk pelepasan kadar air. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa untuk penggorengan dibutuhkan LPG sebanyak 0,5 kg LPG/jam. Apabila proses penggorengan berlangsung pada kapasitas optimal kerupuk matang 15,75 kg/jam, dengan harga LPG per kg adalah Rp 5000 (bersubsidi) serta Rp 7000 (tanpa subsidi), maka nilai tersebut akan setara dengan Rp 159/ kg produk goreng untuk LPG bersubsidi atau setara dengan Rp 222/ kg produk goreng untuk LPG yang tidak bersubsidi.

Selama 1 jam proses penggorengan jumlah air yang diuapkan dari kerupuk sebanyak 1,05 kg dengan nilai panas laten penguapan (h_{fg}) sebesar 2.257 kJ/kg air. Panas jenis (C_p) kerupuk tapioka 1,70 kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$. Panas yang dibutuhkan untuk penggorengan dapat diestimasi dengan jumlah panas laten dan panas sensibelnya. Selama penggorengan kerupuk mengalami kenaikan suhu dari suhu awal 28 $^{\circ}\text{C}$ mendekati ke suhu proses 200 $^{\circ}\text{C}$, dari nilai-nilai tersebut jumlah panas sensible yang dibutuhkan untuk penggorengan kerupuk selama 1 jam adalah sebesar $Q_s = m \cdot C_p \cdot \Delta T$. atau setara dengan $(16,8 \text{ kg}) \times (1,7 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}) \times (172 ^{\circ}\text{C}) = 4912,32 \text{ kJ}$. Panas “*latent*” yang dibutuhkan selama 1 jam sebesar $Q_l = m(\text{H}_2\text{O}\uparrow) \times h_{fg}$. atau setara dengan $(1,05 \text{ kg}) \times (2257 \text{ kJ/kg}) = 2369,85 \text{ kJ}$. Jadi panas total yang dibutuhkan adalah $Q_s + Q_l = 7282,17 \text{ kJ}$ /jam proses penggorengan. Nilai panas pembakaran gas LPG sebesar 40.700 kJ/kg, sedangkan dalam 1 jam proses butuh 0,5 kg LPG, sehingga panas yg diperoleh dari gas LPG sebesar 20.350 kJ. Dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai efisiensi termis sebesar 35,8 %.

Prospek Pengembangan Untuk Menunjang Agroindustri

Pada saat ini masih banyak orientasi masyarakat bahwa penggorengan selalu menggunakan minyak goreng (minyak sayur). Pandangan seperti ini mulai saat

ini bisa dirubah dan masyarakat mulai dikenalkan untuk bisa dipraktekkan dengan alternative penggorengan dengan pasir. Penggorengan dengan menggunakan pasir mempunyai banyak keuntungan dibanding dengan menggunakan minyak goreng, meskipun ada beberapa kekurangannya bila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir.

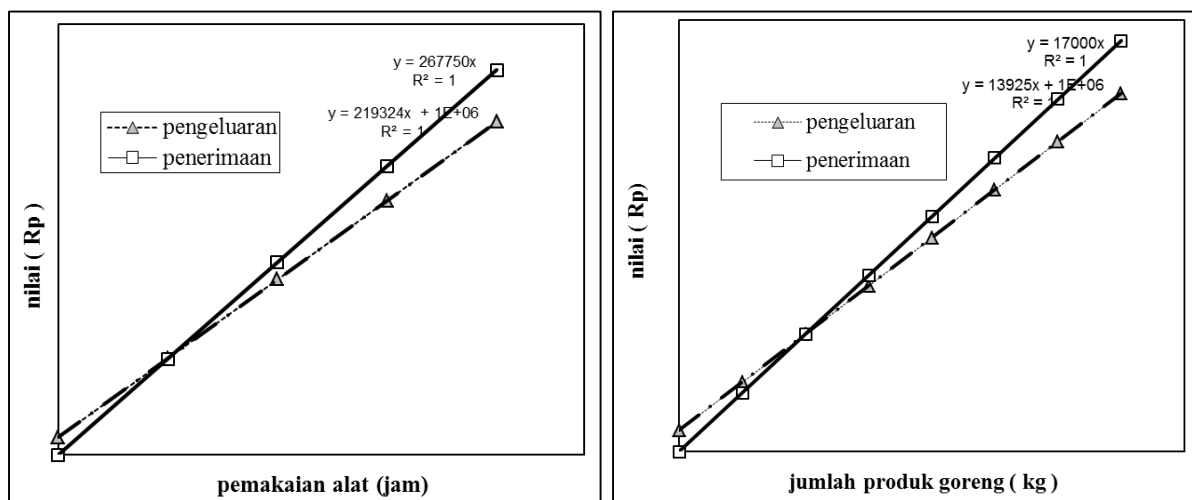
Keuntungan bila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir antara lain : Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; Pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah; Apabila produk yang digoreng adalah kerupuk, jika mengalami penurunan kerenyahan (melempem), mudah dilakukan rekondisi kerenyahannya dengan cara dijemur pada sinar matahari atau dipanaskan pada suhu yang tidak terlalu tinggi (35 – 45 $^{\circ}\text{C}$); Mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng.

Kekurangan bila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir antara lain: Produk yang digoreng harus produk yang bersifat kering, sehingga pasir tidak mudah lengket pada produk hasil gorengan; Produk hasil gorengan pasir tidak mendapat tambahan rasa gurih yang diakibatkan dari penyerapan minyak goreng kedalam produk. Namun kelemahan yang menyangkut rasa gurih dapat diatasi dengan melakukan

penambahan bumbu pada adonan produk yang akan digoreng, sehingga bisa dihasilkan rasa produk goreng pasir yang sesuai dengan selera konsumen. Sedangkan untuk produk yang bersifat basah juga masih dapat diatasi meskipun kelemahan ini tidak bisa 100 % teratasi, misalnya dengan melakukan penggorengan dengan menggunakan butiran penghantar panas yang berukuran cukup besar ($\geq 2,00$ mm).

Beberapa kelebihan dari penggorengan menggunakan pasir, salah satunya adalah pasir mudah didapat dan murah sehingga secara ekonomis

penggorengan dengan pasir dapat digunakan untuk menekan biaya produksi, yang pada akhirnya akan meningkatkan nilai kompetitif pemasarannya. Pada penelitian ini prospek pengembangan alat untuk menunjang agroindustri dianalisis dengan analisis finansial “Break Even Point” (BEP). Menggunakan analisis BEP diperoleh jumlah minimal kerupuk yang harus digoreng adalah 406 kg/ tahun atau setara dengan 26 jam proses/tahun. Penerimaan bersih sebesar 47.386 (Rp/jam) atau setara dengan 4.738.633 (Rp/bulan). Hasil analisis BEP secara grafik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Analisis grafik BEP. (a) berdasarkan jam pemakaian alat dan (b) berdasarkan jumlah produk yang digoreng.

Analisis finansial titik impas/ “Break Even Point” (BEP) yang digambarkan pada Gambar 5 tersebut di atas menggunakan dasar dan asumsi perhitungan sebagai berikut:

Tabung LPG kecil (3 kg) harga Rp 16000 digunakan selama 6 jam	=	2.666,7 (Rp/jam)
Pasir 10 kg harga Rp 2000, dapat digunakan 50 jam pemakaian, sehingga	=	40 (Rp/jam)
Perbaikan 5% = $0,05 * 4.000.000 / (1500 * 8)$	=	17 (Rp/jam)

Kapasitas produksi 16,8 kg/jam mentah ka 10 % menjadi ka 4 % matang	=	15,75	(kg/jam)
Harga alat penggoreng	=	4.000.000	(Rp)
Umur konomi alat 5 tahun	=	1.500	(Hari)
Bunga bank 24 % / tahun			
Nilai akhir alat 10 %	=	400.000	(Rp)
Harga kerupuk mentah 12.000 (Rp/kg)			
Harga kerupuk matang 17.000 (Rp/kg)			

Biaya Tetap (Fixed Cost)

Penyusutan = $(4000000 - 400000)/5 =$	720.000	(Rp/tahun)
Bunga modal = $24\% \times (4000000 + 400000)/2 =$	528.000	(Rp/tahun)
Total Biaya Tetap	1.248.000	(Rp/tahun)

Biaya Tidak Tetap (Variable Cost)

Kerupuk mentah 16,8 kg/jam	201.600	(Rp/jam)
LPG	2.666,7	(Rp/jam)
Pasir	40	(Rp/jam)
Perbaikan alat	17	(Rp/jam)
Tenaga kerja penggoreng (2 orang)	15.000	(Rp/jam)
Total Biaya Tidak Tetap	219.324	(Rp/jam)

$BEP = BT \text{ (Rp/ th)} / \{ \text{Nilai jual produk (Rp/jam)} \} - \{ BTT \text{ (Rp/jam)} \}$

$$BEP = 1248000 / (15,75 \times 17.000) - (219.324)$$

$$BEP = 26 \text{ (Jam/tahun)}$$

$$406 \text{ (kg/ tahun)}$$

1 bulan 25 hari kerja, 1 hari 4 jam kerja

keuntungan bersih / bulan = nilai penjualan - (BT + BTT)

$$(15,75 \times 4 \times 25 \times 17000) - (1.248.000/12) - (219.324 \times 4 \times 25)$$

$$4.738.633 \text{ (Rp/ bulan)}$$

$$47.386 \text{ (Rp/jam)}$$

KESIMPULAN

1. Dimensi alat penggoreng: panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 120 cm.
Tenaga penggerak manusia dengan

transmisi rantai. Sumber energi panas : kompor gas LPG dengan konsumsi bahan bakar 0,5 kg/jam. Suhu pasir sebagai media penghantar panas dapat

mencapai 200 °C. Kapasitas optimal untuk penggorengan kerupuk 0,69 kg/proses dengan waktu 2,5 menit, serta kapasitas maksimal 16,86 kg/jam.

2. Produk yang telah diuji coba untuk digoreng dengan pasir adalah kerupuk tapioka, klanjing, dan emping melinjo dengan hasil secara organoleptik masih dapat diterima.
3. Efisiensi termis unit penggoreng sebesar 35,8 % pada kapasitas kerja optimal.
4. Prospek pengembangan alat penggoreng untuk menunjang agroindustri dianalisis dengan analisis finansial “Break Even Point” (BEP). Menggunakan analisis BEP diperoleh jumlah minimal kerupuk yang harus digoreng adalah 406 kg/ tahun atau setara dengan 26 jam proses/tahun. Penerimaan bersih sebesar 47.386 (Rp/jam) atau setara dengan 4.738.633 (Rp/ bulan).

DAFTAR PUSTAKA

- Grewal, N.S., dan A.T. Zimmerman. 1988. Heat Transfer From a Horizontal Tube Immersed in a Liquid-Solid Fluidized Bed. *Powder Technology* (54) : 137-145.
- Levine, L. 1990. Understanding Frying Operations. *Cereal Foods World* (35) : 272 -273.
- Li Wang, Ping Wu, Y. Zhang, J. Yang, L. Tong, and Xuezi Ni. 2004. Effects of Solid Particle Properties on Heat Transfer Between High-temperature Gas Fluidized Bed and Immersed Surface. *Applied Thermal Engineering* (24) : 2145-2156.
- Loveday, D.L. and A.H. Taki. 1996. Convective Heat Transfer Coefficients at a Plane Surface on a Full Scale Building Façade. *Heat and Mass Transfer* (39) : 1729 – 1742.
- Masoumifard, N., N. Mostoufi, H. Ali-Asghar. And R. Sotudeh-Gharebagh. 2008. Investigation of Heat Transfer Between a Horizontal Tube and Gas–Solid Fluidized Bed. *Heat and Fluid Flow* (29) : 1504-1511.
- Miller, K.S., R.P. Singh, and B.E. Farkas. 1994. Viscosity and Heat Transfer Coefficients for Canola Corn, Palm, and Soybean Oil. *Food Processing and Preservation* (18) : 461-472.
- Rofiuddin. 2007. *Pemerintah Dinilai Tidak Serius Selesaikan Kelangkaan Minyak Goreng*. http://www.tempo.co.id/hg/nusa/jawamadura/2007/08/19/br,20070819-105851_id.html. diakses, 12 Juli 2010.
- Sartika, D.R.A. 2009. Pengaruh Suhu dan Lama Proses Menggoreng (deep frying) Terhadap Pembentukan Asam Lemak Trans. *Makara, Sains* 13(1) : 23 – 28.
- Siswanto, A. Margiwiyatno, dan Masrukhi, 2004. Rancang Bangun Alat Pengering Energi Surya untuk Menunjang Agroindustri. *Pengembangan Pedesaan Lembaga Penelitian Unsoed* 6(1) : 57 – 67.
- Siswanto. 2009. *Penggorengan Dengan Pasir Sebagai Media Penghantar Panas*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Program Doktor. UGM, Yogyakarta.
- _____, B. Rahardjo, N. Bintoro, dan P. Hastuti. 2010. Pemodelan Matematik untuk Mengetahui Perubahan Parameter Kerupuk Goreng Pasir Selama Rekondisi.

Enjiniring Pertanian VIII (2) : 105 - 112

_____, B. Rahardjo, N. Bintoro, dan P. Hastuti. 2011. Pemodelan Matematik Perubahan Parameter Mutu Kerupuk Selama Penggorengan dengan Pasir. *Teknologi dan Industri Pangan XXII(1) : 17 – 25.*

_____. 2011. *Pemodelan Matematik Pindah Panas, Pindah Massa, dan Sifat Fisik Kerupuk Goreng Pasir Selama Proses Penggorengan, Penyimpanan, dan Rekondisi.* Disertasi, Program Studi Teknik Pertanian, UGM, Yogyakarta.

_____, B. Rahardjo, N. Bintoro, dan P. Hastuti. 2012a. Pemodelan Matematik Pindah Panas dan Massa pada Penggorengan dengan Pasir sebagai Media Penghantar Panas.

Teknologi Pertanian, Agritech 32(1) : 87 – 97.

_____, B. Rahardjo, N. Bintoro, dan P. Hastuti. 2012b. Pemodelan Matematik Perubahan Parameter Mutu Selama Penyimpanan dan Sorpsi-isotermi Kerupuk Goreng Pasir. *Teknologi Pertanian, Agritech 32(3) : 265 – 274.*

_____, R. Ediati, dan A. Sudarmaji. 2012c. *Rancang Bangun Alat Penggoreng Tanpa Minyak.* Laporan Hasil Penelitian. LPPM, UNSOED, Purwokerto.

Zabrodsky, S.S., Yu. G. Epanov, D.M. Galershtein, S.C. Saxena, and A.K. Kolar. 1981. Heat Transfer in a Large-Particle Fluidized Bed With Immersed in-line and Staggered Bundles of Horizontal Smooth Tubes. *Heat and Mass Transfer (24): 571-579.*