

RANCANG BANGUN ALAT PENGGORENG TANPA MINYAK

Design of Fryer without Cooking Oil

Siswanto

Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian,
Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

ABSTRACT

Frying is one of cooking food by using height temperature, and conducted in short time. Frying usually is conducted by using cooking oil; moreover it can be conducted without cooking oil. Cooking oil during frying process is used a heat transfer medium, distribute of temperature, and to added a taste. But, during a frying process, a product absorbs cooking oil reach 15 – 18%. These conditions dislike by consumer due to an oily product and can influent rancid so that it's short in self life. The purpose of the research is conduct modification and developing of fryer without cooking oil. Modification has done by using design of semi mechanic system. Source of power for rotating of fryer cylinder is used from man power, and using transmission of gear, chain, and shaft. Using semi mechanic system is expected that the cost of production can be reduced. Developing of fryer has done by increasing of cylinder fryer dimension for increase product capacity. 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/mount).

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

PENDAHULUAN

Penggorengan merupakan salah satu aktivitas penting yang banyak dijumpai dalam industri pengolahan pangan, baik industri berskala kecil maupun besar. Meskipun penggorengan merupakan proses pemasakan pangan yang sudah lama dilakukan, tetapi proses tersebut banyak yang belum diungkap secara ilmiah (Levina, 1990; Siswanto, 2011).

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 (Siswanto, 2008).

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 (Siswanto, 2009). 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 : (1) produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; (2) pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah; (3) bila produk mengalami penurunan kerenyahan (melempem), mudah dilakukan rekondisi kerenyahannya dengan cara dijemur pada sinar matahari atau dipanaskan pada suhu yang tidak terlalu tinggi (35 °C – 45 °C); (4) mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng (Rofiuddin, 2007; Siswanto, 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. Keuntungan tersebut sejalan dengan hasil penelitian (Siswanto dkk., 2004) yang menyatakan bahwa untuk pengembangan industri pedesaan sangat dibutuhkan alat yang tidak tergantung pada ketersediaan 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 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 umum dari penelitian ini adalah merancang alat penggoreng tanpa menggunakan minyak goreng dan tanpa energi listrik, sedang secara khusus adalah untuk :

- a. Menganalisis unjuk kerja alat penggoreng
- b. Menganalisis efisiensi termis dari unit penggoreng
- c. Menganalisis prospek pengembangan alat penggoreng tanpa minyak dan tanpa energi listrik untuk menunjang agroindustri

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium melalui perancangan alat penggoreng, 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).

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Dilakukan melalui tiga tahap, yaitu tahap perancangan alat, tahap pembuatan alat, tahap uji coba alat. 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 bahan 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, klanting, 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 plastic, penetrometer, dan computer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Penggoreng

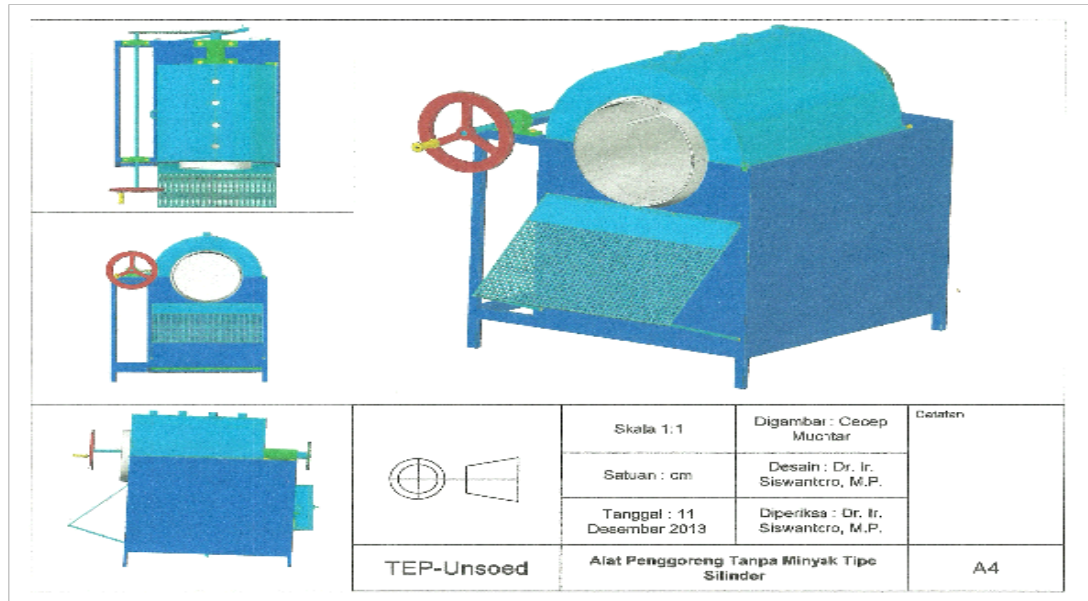
Alat penggoreng tanpa minyak yang telah dibuat mempunyai dimensi panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 120 cm. Spesifikasi alat : penggerak tenaga manusia, daya putar rata-rata 16,74 Watt pada 20 rpm, transmisi daya: gear, rantai, as, sumber panas kompor gas LPG, media penghantar panas : pasir sungai, dengan kapasitas produksi 16,8 kg/ jam. Alat penggoreng hasil rancang bangun dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat penggoreng yang telah dirancang mempunyai beberapa keunggulan inovasi meliputi :

- (1) Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik
- (2) Pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah, sehingga dapat menekan biaya produksi
- (3) Mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng.
- (4) Sumber tenaga penggerak tenaga manusia (tanpa listrik), mengurangi ketergantungan penggunaan energi listrik, sehingga cocok diaplikasikan untuk daerah pedesaan

Alat penggoreng yang telah dirancang juga mempunyai beberapa potensi untuk diaplikasikan. Potensi ini terkait dengan penggunaan minyak goreng pada akhir-akhir ini sering menimbulkan permasalahan yaitu :

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

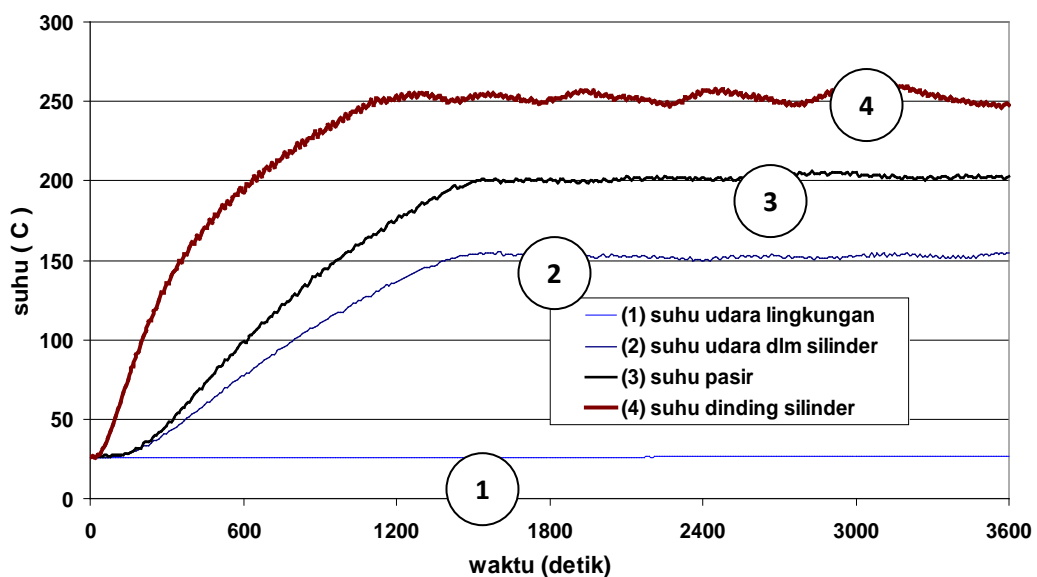


Gambar 1. Alat penggoreng dengan pasir sebagai media penghantar panas

Unjuk Kerja Alat

Unjuk kerja alat adalah suatu keragaan dari suatu alat untuk menampilkan kemampuan pada saat proses atau beroperasi. Uji coba telah dilakukan bahwa alat penggoreng hasil perancangan yang diisi dengan pasir sebagai media penghantar mampu menghasilkan suhu proses sampai 200 °C. Hasil pengukuran suhu selama proses penggorengan dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengujian lain yang telah dilakukan berupa uji coba digunakan pasir sungai Serayu dengan diameter 1,00 – 2,00 mm sebanyak 10 liter atau setara dengan 15 kg pasir. Menggunakan pasir sebanyak 15 kg diperoleh hasil pengukuran bahwa gaya putar rata-rata (F) sebesar 40 Newton. Menggunakan dasar perhitungan bahwa diameter pulley penggerak 40 cm, dan rpm sebesar 20, maka diperoleh kecepatan linearnya pulley penggerak (V) sebesar 0,419 m/detik. Sehingga diperoleh kebutuhan daya (P) sama dengan hasil kali gaya (F) dengan kecepatan (V) yaitu sebesar 16,74 Watt



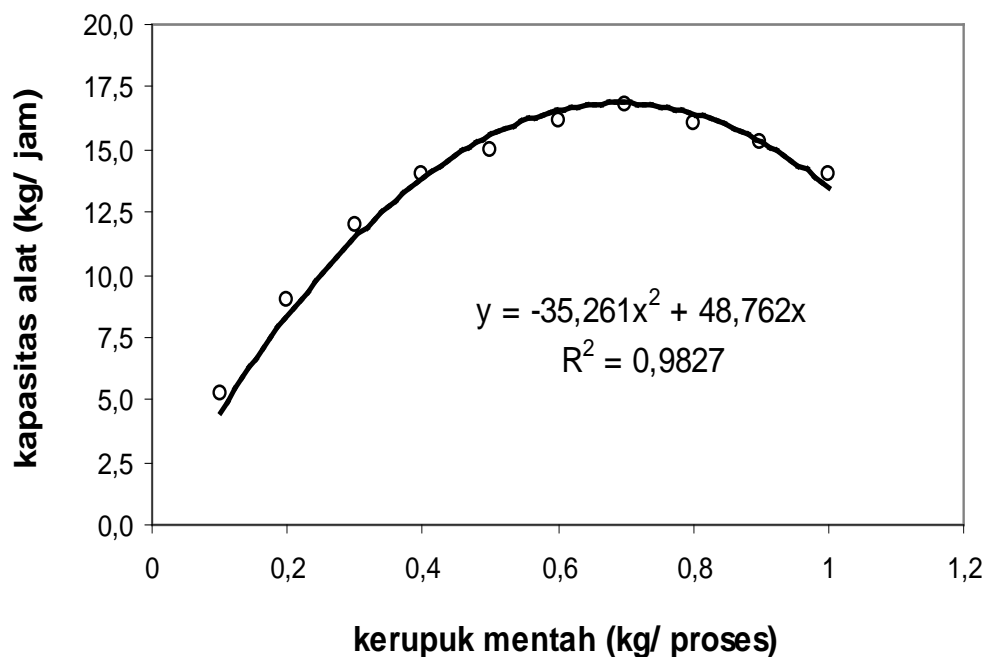
Gambar 2. Suhu selama proses penggorengan

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.

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

kerupuk (kg/ proses)	waktu sekali proses		frekwensi (proses/ jam)	kapasitas alat (kg/ jam)
	(detik)	(menit)		
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

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).



Gambar 3. Nilai observasi dan prediksi untuk menentukan kapasitas alat

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 $64,6 \text{ J/s.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Nilai h yang dimiliki pasir relatif kecil bila dibanding dengan nilai h minyak goreng yaitu sebesar $300 \text{ J/s.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, untuk itu selama penggorengan dengan pasir harus dilakukan pengadukan untuk meningkatkan besarnya nilai h (Siswantoro, 2011; Miller et al., 1994)

Ada beberapa keuntungan apabila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir. Keuntungan tersebut antara lain : (1) Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; (2) Pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah; (3) 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 ($35 \text{ }^\circ\text{C} - 45 \text{ }^\circ\text{C}$); (4) 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 tapioca, kerupuk melinjo, kelanting, dan slondok). 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 $\leq 2,00 \text{ mm}$, sehingga transfer panas yang terjadi dengan cara ini akan lebih efisien.

Untuk produk yang masih berkulit saat dilakukan penggorengan, maka media pasir yang digunakan direkomendasi dengan ukuran diameter $0,25 - 1,00 \text{ mm}$. 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 $Q_s = m \cdot C_p \cdot dT$. atau setara dengan $(16,8 \text{ kg}) \times (1,7 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}) \times (172 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 4912,32 \text{ kJ}$. 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

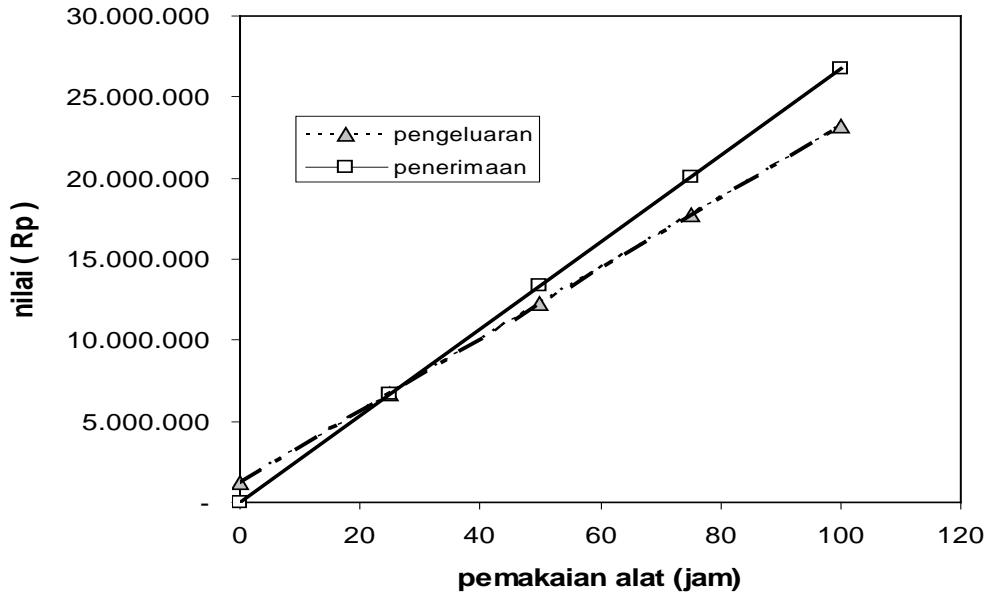
Pada saat ini masih banyak orientasi masyarakat bahwa penggorengan selalu menggunakan minyak goreng (minyak sayur). Pandangan seperti ini mulai saat ini bisa dirubah dan masyarakat mulai dikenalkan untuk bisa dipraktekkan dengan alternative penggorengan dengan pasir. Penggorengan dengan menggunakan pasir 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 : (1) Produk tidak mengandung minyak goreng sehingga tidak mudah tengik; (2) Pasir sebagai media penghantar panas mudah di dapat dan murah; (3) 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 $^{\circ}\text{C}$); (4) Mengurangi ketergantungan penggorengan menggunakan minyak goreng.

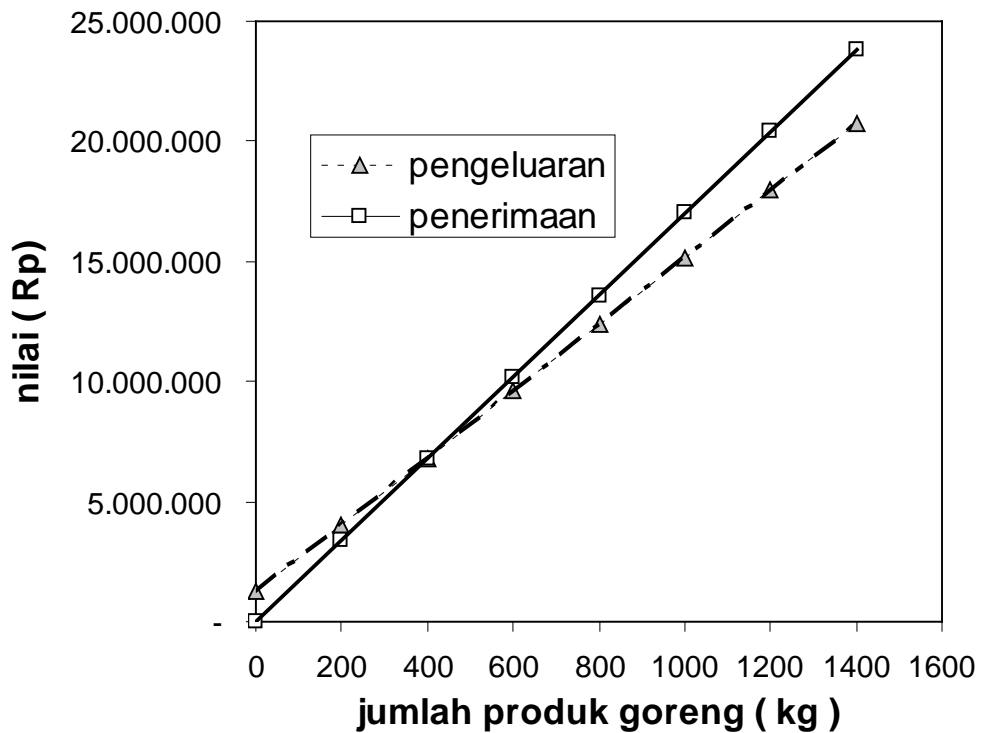
Kekurangan bila penggorengan dilakukan dengan menggunakan pasir antara lain : (1) produk yang digoreng harus produk yang bersifat kering, sehingga pasir tidak mudah lengket pada produk hasil gorengan; (2) produk hasil gorengan pasir tidak mendapat tambahan rasa gurih yang diakibatkan dari penyerapan 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 ($\geq 2,00 \text{ mm}$).

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 ekonomi

“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). Analisis BEP secara grafik dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Analisis grafik BEP berdasarkan jam pemakaian alat



Gambar 6. Analisis grafik BEP berdasarkan jumlah produk yang digoreng

Dasar dan asumsi perhitungan yang digunakan adalah sbb. :

Tabung LPG kecil (3 kg) harga Rp 16000 digunakan selama 6 jam	=	2.666,7	(Rp/jam)
Pasir 10 kg harga Rp 2000, dpt digunakan 50 jam pemakaian, shg	=	40	(Rp/jam)
Perbaikan 5% = $0,05 * 4.000.000 / (1500 * 8)$	=	17	(Rp/jam)
Kap. produksi 16,8 kg/jam mentah ka 10 % menjadi ka 4 % matang	=	15,75	(kg/jam)
harga alat penggoreng	=	4.000.000	(Rp)
umur ekonomi alat 5 tahun	=	1.500	(Hari)
bunga bank 24 % / tahun			
nilai akhir alat 10 %	=	400.000	(Rp)
Harga kerupuk mentah HARGA 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)

TITIK IMPAS (BREAK EVEN POINT) = $BT \text{ (Rp/ th)} / \{ \text{Nilai jual produk (Rp/jam)} \} - \{ BTT \text{ (Rp/jam)} \}$

$$BEP = \frac{1248000}{(15,75 \times 17.000) - (219.324)}$$

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

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

1 bulan 25 hari kerja, 1 hari 4 jam kerja

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

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

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

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

KESIMPULAN

1. Alat penggoreng tanpa minyak yang dirancang mempunyai dimensi panjang 100 cm, lebar 80 cm, dan tinggi 120 cm. Alat tersebut digerakkan dengan tenaga manusia dengan daya putar rata-rata 16,74 Watt pada 20 rpm, menggunakan transmisi daya gear, as, dan rantai. Menggunakan sumber energi panas dari kompor gas LPG dengan konsumsi bahan bakar 0,5 kg/jam, suhu pasir sebagai media penghantar panas selama proses dapat mencapai 200 °C. Kapasitas optimal untuk penggorengan kerupuk 0,69 kg/ proses dengan waktu 2,5 menit, kapasitas maksimal 16,86 kg/jam.
2. Produk yang telah diuji coba untuk digoreng dengan pasir adalah kerupuk tapioka, dengan hasil secara fisik dan organoleptik masih dapat diterima oleh panelis.
3. Efisiensi termis unit penggoreng sebesar 35,8 % pada kapasitas kerja optimal, beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi termis antara lain dinding penyekat panas disekeliling kompor pemanas, suhu proses penggorengan, jumlah dan jenis produk yang digoreng .
4. Prospek pengembangan alat penggoreng untuk menunjang agroindustri dianalisis dengan analisis ekonomi "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

- Levine, L.1990. Understanding Frying Operations. *Cereal Foods World*, 35, 272 -273.
- Miller, K.S., Singh, R.P., and Farkas, B.E.,1994. Viscosity and Heat Transfer Coefficients for Canola Corn, Palm, and Soybean Oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18 : 461-472.
- Rofiuddin. 2007. Pemerintah Dinilai Tidak Seius 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 Vol. 13(1) : 23 – 28*.
- Siswanto, Margiwiatno, A. dan Masrukhi. 2004. Rancang Bangun Alat Pengering Energi Surya untuk Menunjang Agroindustri. *Jurnal Pengembangan Pedesaan Lembaga Penelitian UNSOED, Vol. 6, No. 1*.
- Siswanto, 2008. Model Matematik Pindah Panas pada Penggorengan menggunakan Pasir. Makalah Seminar Nasional, Perhimpunan Teknik Pertanian (PERTETA), Yogyakarta
- Siswanto, 2009. Penggorengan Dengan Pasir Sebagai Media Penghantar Panas. Laporan Hasil Penelitian Hibah Program Doktor.UGM, Yogyakarta
- Siswanto, 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.

