

ARTICLE NUMBER :
248-906-1-SM
RECEIVED :
2019-11-08
ACCEPTED :
2020-06-18
PUBLISHED :
VOLUME : 06
ISSUE : 01
MONTH, YEAR
July 2020
pp.979-986

Implementasi Mesin Penggoreng Mekanis Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kualitas Kerupuk Amplang Di Ukm Yuan Kartika

Retno Damayanti*¹, Sandra, Bambang Susilo¹, Yusuf Hendrawan¹

¹ Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Brawijaya

*Corresponding author :
damayanti@ub.c.id

ABSTRACT

The potential of mackerel fish reaches 5000 tons / year. Mackerel fish is not seasonal, which means it is available throughout the year. This is what makes Yuan Kartika UKM take advantage of the opportunity to process fish products into amplang crackers. Constraints experienced by SMEs so far are; 1) the amount of production that has not been optimal, because of inadequate production equipment, 2) the frying process is less efficient and requires labor skills; 3) marketing of products is still limited in the local area so that the income earned is not maximal. Based on the survey, SMEs need technology improvements for the frying process so that the process can be done semi-mechanically. Mechanical fryers have a capacity of 3-4 kg / process, twice as large as manual fryers which have a capacity of 2 kg of dough / process, so the production process is shorter and meets the SME production target of 30 kg / day. The frying process takes 15 minutes, faster than the manual frying process for 20 minutes. The level of comfort and safety in the frying process is also better, because the equipment is equipped with a protective / frame so that workers are not affected by heat due to the burner stove heating process. Production results are smooth and meet the production targets, and the quality of the amplang cracker products is the same both before and after the semi-mechanical fryer is applied.

KEYWORDS

Kerupuk amplang; Penggoreng Mekanis; Tengiri.

PENGANTAR

Sektor lautan saat ini menjadi program unggulan dari pemerintah. Program ini ditunjang juga dengan adanya kemudahan layanan perizinan kelautan dan perikanan secara cepat dan tepat. Hal inilah yang membuat UKM Yuan Kartika memanfaatkan peluang pengolahan hasil ikan menjadi produk olahan kerupuk amplang sebagai makanan ringan yang digemari berbagai kalangan. Apalagi ditunjang oleh lokasi UKM yang dekat dengan daerah penangkapan ikan di Sendang Biru.

Kerupuk amplang merupakan jenis kerupuk ikan dengan bahan dasar daging ikan tengiri, tepung tapioka, dan bahan tambahan seperti

telur ayam, garam, gula, dan bumbu lain. Potensi ikan tengiri mencapai data 5000 ton/tahun. Ikan tengiri tidak bersifat musiman, yang artinya tersedia di sepanjang tahun. Sehingga produk kerupuk amplang berpotensi untuk dijadikan sebagai salah satu produk unggulan di Malang. Disamping itu ikan tengiri memiliki kandungan gizi tinggi antara lain Omega 3 yang membantu pertumbuhan dan perkembangan anak meningkatkan fungsi dan kesehatan otak, mencegah penyakit kardiovaskular, dan kandungan DHA pada ikan tengiri juga bisa memperkuat janin serta menjaga pertumbuhan dan perkembangan bayi yang baru lahir. 100 gram ikan tengiri mengandung protein yang

lebih tinggi dibanding pada kacang-kacangan. Kandungannya setara pada daging dan telur. Ikan tengiri kaya akan kandungan mineral berupa zat besi, fosfor, zinc, selenium dan yodium. Ikan tenggiri yang dikonsumsi dalam bentuk makanan olahan jumlah kalorinya akan bertambah sampai 500 kkal [1].

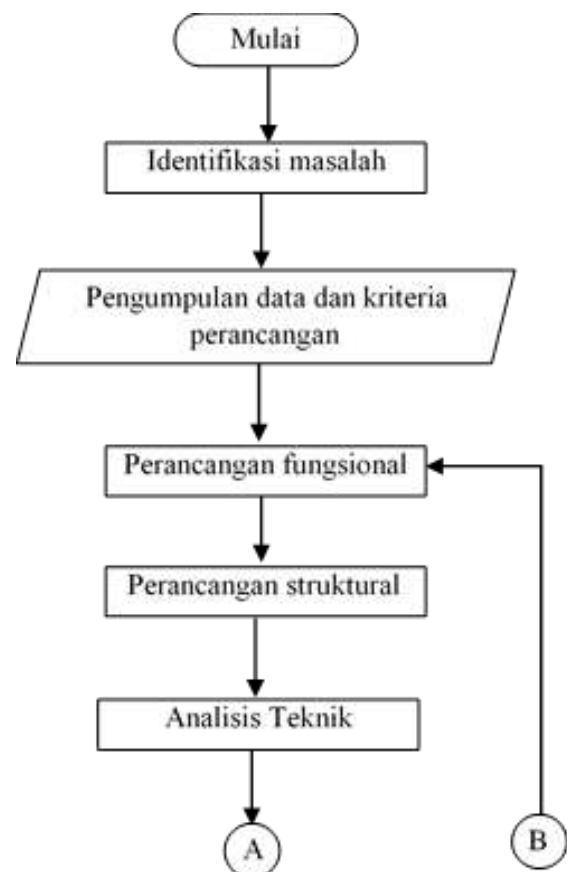
UKM Yuan Kartika sebagai salah satu unit usaha kecil penghasil kerupuk amplang masih memproduksi 30 kg/hari nya. Proses produksi krupuk amplang masih dilakukan secara manual, dimulai dari proses membuang insang, duri dan kotoran ikan tengiri serta membilasnya dengan air bersih. Penghalusan ikan dilakukan dengan cara tradisional kemudian dicampur dengan tepung dan bumbu-bumbu. Adonan kemudian diuleni secara manual sampai adonan tidak lengket dan kalis. Adonan kemudian dibentuk dalam gulungan kecil dan dipotong dengan ukuran $\square$ 2,5 – 3 cm. Proses selanjutnya adalah penggorengan, bahan digoreng dengan nyala api kecil. Penggorengan kerupuk dilakukan hingga mengembang sempurna dengan warna coklat keemasan. Kapasitas penggorengan sekitar 2 kg adonan/proses yang dilakukan secara manual. Proses penggorengan secara manual ini membutuhkan ketrampilan tenaga kerja serta menimbulkan rasa kurang nyaman pada pekerja karena temperatur penggorengan yang tinggi. Tahapan akhir dari proses pengolahan kerupuk amplang adalah pendinginan dan pengemasan [2].

Berdasarkan analisis situasi pada Mitra usaha dapat diketahui bahwa prospek pengembangan usaha krupuk amplang ke arah yang lebih besar cukup menjanjikan. Peningkatan Usaha krupuk amplang diharapkan dapat juga meningkatkan penghasilan nelayan di daerah tersebut. Hal ini dapat dilihat dari penjualan produksinya yang terjual habis hanya dalam waktu 3 sampai dengan 5 hari saja. Disisi lain ada kendala untuk mengembangkan produksinya, berupa; 1) jumlah produksi yang belum optimal, karena alat produksi yang belum memadai, 2) proses penggorengan kurang efisien dan membutuhkan ketrampilan tenaga kerja; 3) pemasaran produk masih terbatas di

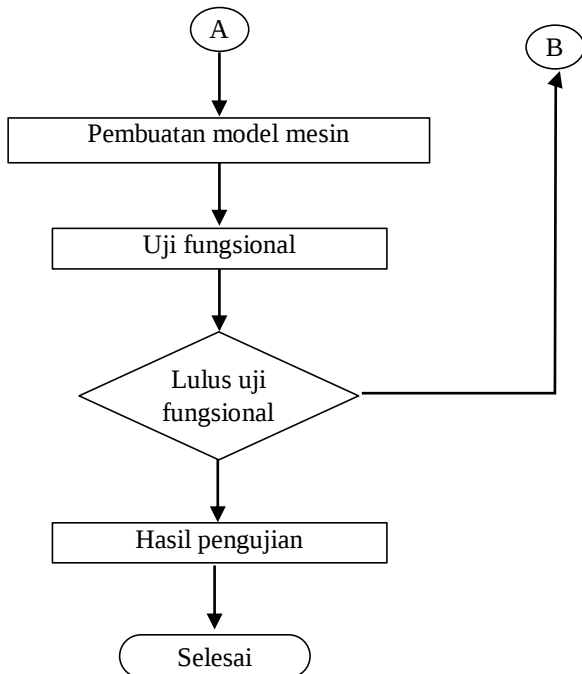
daerah setempat sehingga pendapatan yang diperoleh belum maksimal. Penanganan permasalahan yang dianggap paling penting dalam kegiatan ini adalah perbaikan teknologi untuk proses penggorengan sehingga proses tersebut bisa dilakukan secara semi mekanis. Penggunaan peralatan mekanis yang digunakan meliputi penambahan pengadukan semi mekanis menggunakan motor listrik.

BAHAN DAN METODE

Berdasarkan survei dan wawancara diketahui bahwa UKM mempunyai keinginan untuk mendapatkan perbaikan teknologi untuk memperlancar produktivitas kerupuk amplang dan memajukan usahanya melalui peningkatan kualitas produk. Pelaksanaan kegiatan dititikberatkan pada inovasi teknologi tepat guna yang memenuhi syarat *low technology*, *low investment and marketable*, berupa mesin penggoreng mekanis.



Gambar 1a. Tahapan perancangan mesin penggoreng mekanis



Gambar 1b. Tahapan perancangan mesin penggoreng mekanis

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rekayasa (*engineering*), yang terdiri dari perencanaan (*plan*), perancangan (*design*), konstruksi (*construct*), terapan (*applied*) yang tidak rutin, sehingga di dalamnya terdapat suatu modifikasi dan kontribusi baru, baik dalam bentuk proses maupun produk [3]. Penelitian dengan menggunakan metode rekayasa ini terdiri dari beberapa tahap. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan untuk mesin penggoreng mekanis diharapkan dapat memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Dapat menggoreng dan melakukan pembalikan adonan dengan baik
- Terdapat pengaduk yang bisa berfungsi membalikkan adonan kerupuk sehingga kerupuk memiliki tingkat kematangan yang seragam.
- Bagian mesin yang bersentuhan langsung dengan bahan pangan terbuat dari stainless steel
- Penggerak menggunakan motor listrik berdaya kurang dari 1/4 HP

- Sistem transmisi menggunakan puli, sabuk, sprocket dan rantai.

Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional adalah hasil desain suatu komponen dari sistem yang memiliki fungsi saling mendukung untuk menjalankan sistem tersebut. Rancangan fungsional pada dough kneader machine sebagai berikut:

- Rangka mesin berfungsi untuk menahan beban berat komponen utama dari mesin
- Penggoreng berfungsi untuk menggoreng adonan
- Pipa satinless steel berfungsi sebagai pengaduk bahan
- Plat pelindung berfungsi melindungi pekerja dari panas akibat pemanasan kompor
- Sistem transmisi untuk menggerakkan pengaduk dalam proses penggorengan
- Motor listrik 1/4 HP digunakan sebagai penggerak
- Gearbox digunakan sebagai reducer kecepatan

Rancangan Struktural

Rancangan struktural dilakukan untuk menentukan komponen dan struktur dari desain mesin yang akan direalisasikan sesuai dengan kriteria untuk menghasilkan kentang yang bersih secara optimal.

- Rangka: bahan yang akan digunakan pada rangka yaitu pipa besi, dengan dimensi 1050 x 650 x 685 mm.
- Poros pengaduk berbahan baku stainless steel dengan diameter 1 inch.
- Plat pelindung dibuat hamper melingkar menutupi bagian bawah wajan dengan tujuan menjaga nyala api supaya stabil dan melindungi pekerja dari temperatur tinggi akibat proses penggorengan.
- Sistem transmisi menggunakan 2 buah puli, 1 buah sabuk v. Sabuk menghubungkan puli yang berada pada motor ke puli yang berada pada gear box. Sprocket dan rantai digunakan sebagai transmisi yang menghubungkan dari gearbox ke pipa screw.

Analisis Teknik

Analisis teknik ditujukan untuk mengetahui kekuatan bahan dari setiap komponen mesin yang dilakukan dengan cara melakukan perhitungan secara teoritis dan pengamatan langsung yang terjadi di lapangan.

- a. Kebutuhan daya : Analisis dilakukan untuk mengetahui daya yang diperlukan oleh mesin dalam menjalankan mesin dari awal hingga akhir baik penggerak transmisi, putaran silinder dan lain-lain [4]. Perhitungan kebutuhan daya mesin dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \times M_t \times n}{60}$$

dimana: P = daya yang dibutuhkan motor penggerak (W), n = kecepatan putaran puli (rpm), M_t = momen punter (Nm)

- b. Analisis unit transmisi: bertujuan untuk mengetahui dan menentukan jumlah sabuk dan puli yang diperlukan dalam transmisi mesin (Sularso, 1997). Dalam menentukan panjang sabuk yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_p + d_p) + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2$$

dimana: L = Panjang sabuk (m), C = Jarak antar dua sumbu poros (m), D_p = Diameter puli besar (m), d_p = diameter puli kecil (m) Sudut kontak sabuk dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan [5].

$$\alpha_1 = 180 \pm 2 \cdot \arcsin \left(\frac{R - r}{C} \right)$$

dimana: α_1 = Sudut kontak sabuk, R = Jari-jari puli besar (m), r = Jari-jari puli kecil (m) Bila sabuk-V bekerja meneruskan momen, tegangan akan bertambah pada sisi tarik T1 (bagian panjang sabuk yang menarik) dan berkurang pada sisi kendor T2 (bagian panjang sabuk yang tidak menarik) dapat dihitung dengan Persamaan [6]

$$T_1 = \sigma_a \times A$$

dimana: T1 = Tegangan pada sisi kancang (N), σ_a = Tegangan sabuk yang diijinkan (MPa), A = Luas penampang sabuk (m²) Tegangan sisi kendor T2 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{T_1 - m_s \cdot v^2}{T_2 - m_s \cdot v^2} = e^{\alpha \cdot f / \sin \frac{\theta}{2}}$$

dimana: T₂ = Tegangan pada sisi kendor (N), m_s = Massa sabuk (kg), v = kecepatan linier (m/s) Kecepatan linier dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut :

$$v = \frac{2\pi \times d_m \times N}{60}$$

dimana: v = kecepatan linier sabuk (m/s), d_m = diameter puli motor penggerak (m), N = Kecepatan putaran puli (rpm)

- c. Analisis Poros: Poros berfungsi untuk menyalurkan tenaga mekanik dari satu elemen mesin ke elemen mesin yang lainnya. Perhitungan poros dengan beban puntir murni atau punter lentur dengan beban aksial dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$d^3 = \frac{16}{\pi \cdot S_s (1 - K^4)} \sqrt{\left[K_b M_b + \frac{\alpha \cdot F_a \cdot d_o (1 - K^4)}{8} \right]^2 + (K_t M_t)^2}$$

dimana: d_o = diameter luar poros (m), d_i = diameter dalam poros (m), K_b = Faktor koreksi momen lentur, K_t = Faktor koreksi momen punter,

M_b = Momen lentur (Nm). M_t = Momen puntir (Nm), S_s = Tegangan geser yang diizinkan (N/m²), F_a = Gaya aksial (N), α = Faktor aksi kolom,

$$K = \frac{d_i}{d_o}$$

- d. Analisis bantalan. Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang waktu pakainya. Perhitungan berikut ini dapat digunakan untuk mengetahui umur teknis bantalan. Faktor kecepatan untuk bantalan bola, f_n .

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3}$$

dimana n adalah putaran poros. Faktor umur bantalan, f_h .

$$f_h = f_n \frac{C}{W}$$

dimana: C = beban nominal dinamis spesifikasi (kg) W = beban ekuivalen (kg) Umur nominal, L_h (juta putaran)

$$L_h = 500 \cdot f_h^3$$

- e. Analisis Spi: Spi digunakan untuk mencegah terjadinya slip pada putaran puli. Momen torsi pada spi dapat dihitung dengan Persamaan:

$$M_{ts} = (T_1 - T_2) \cdot r$$

dimana: M_{ts} = Momen torsi (Nm), T_1 = Tegangan sisi kencang pada sabuk dan puli (N), T_2 = Tegangan sisi kendur pada sabuk dan puli (N), r = jari-jari puli (m)

Gaya tangensial yang bekerja pada spi yang terletak pada komponen elemen-elemen mesin dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$F_s = \frac{M_{ts}}{r}$$

dimana: F_s = Gaya tangensial (N), M_{ts} = Momen torsi (Nm), r = Jari-jari poros (m)

Untuk menghitung ukuran spi yang digunakan berlaku Persamaan :

$$F = \tau_a \times A$$

$$A = \frac{F}{\tau_a}$$

dimana: A = Luas Spi, $l \times t$ (m^2), F = Gaya (N), τ_a = Allowable shear stress (MPa)

Pada spi dapat terjadi gaya geser pada penampang $b \times l$ karena adanya gaya F (N) dengan demikian tegangan geser spi dapat dihitung berdasarkan Persamaan:

$$\tau_k = \frac{F}{b \cdot l}$$

dimana: τ_k = Tegangan geser (N/m^2), F = Gaya tangensial (N), b = lebar spi (m), l = panjang spi (m)

Kemudian dibandingkan dengan tegangan geser yang diizinkan dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma}{Sf_{k1} \cdot Sf_{k2}}$$

dimana: τ_{ka} = Tegangan geser yang diizinkan (N/m^2), σ = Kekuatan tarik bahan (N/m^2), Sf_{k1} = Faktor keamanan, umumnya bernilai 6, Sf_{k2} = Faktor keamanan, 1-1,5 untuk beban perlahan, 1,5-3 untuk tumbukan ringan, 3-5 untuk tumbukan berat.

- f. Analisis Rangka: dihitung berdasarkan lendutan dan beban kritis yang diizinkan. Beban yang dapat ditopang oleh baris menggunakan persamaan berikut :

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

dimana: δ = lendutan yang diizinkan (m), P = Beban yang bekerja pada rangka (kg), L = Panjang kolom baris (m), E = Modulus elastisitas rangka (kg/m^2), I = Momen inersia rangka (m^4)

Kemudian lendutan yang terjadi akibat dari beban yang ditopang oleh rangka dibandingkan dengan lendutan izin menggunakan Persamaan

$$\delta = \frac{1}{300} L$$

dimana: δ = lendutan yang diizinkan (m), L = Panjang kolom baris (m)

HASIL DAN DISKUSI

Proses penggorengan kerupuk amplang dikerjakan oleh tenaga manusia secara manual dan memerlukan ketrampilan operator (Gambar 1). Disamping itu kapasitas penggoreng yang sebelumnya digunakan oleh UKM Yuan Kartika masih kecil, yaitu 2 kg adonan/proses dengan lama penggorengan selama 15-20 menit. Selain itu tingkat kelelahan pekerja juga menjadi pertimbangan dalam perbaikan teknologi dalam proses penggorengan kerupuk amplang dalam meningkatkan kapasitas dan kualitas produk. Pada posisi duduk, pekerja mengalami kelelahan pada bahu dan bagian punggung. Sedangkan proses penggorengan dengan posisi berdiri ada tingkat kelelahan pada otot kaki. Konstruksi penggoreng secara manual ini masih terdapat bagian yang terbuka pada bagian pemanas. Sehingga pekerja terkena udara panas secara tidak langsung selama proses penggorengan dan menjadikan suatu keadaan yang kurang nyaman dalam bekerja.

Berdasarkan hal tersebut, mitra menginginkan perbaikan teknologi untuk proses penggorengan sehingga proses tersebut bisa mengurangi tingkat kelelahan pekerja, tidak membutuhkan ketrampilan tinggi, meningkatkan kenyamanan pekerja dan meningkatkan

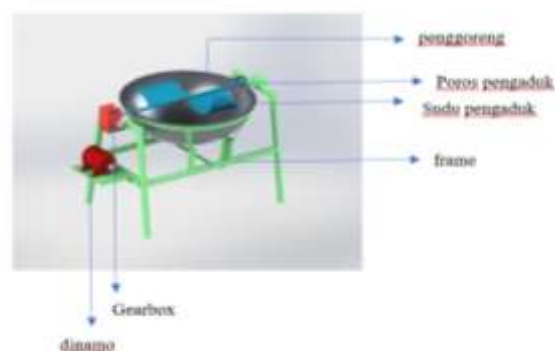
kapasitas produksi, Sehingga diimplementasikan alat penggoreng semi mekanis, dengan inovasi desain pengadukan mekanis menggunakan penggerak motor listrik $\frac{1}{4}$ HP.



Gambar 2. Proses penggorengan kerupuk amplang secara manual

Penggoreng mekanis terdiri dari wajan penggorengan berdiameter 36 inch berbahan aluminium. Kapasitas penggorengan 3-4 kg/proses dengan lama proses penggorengan 15-20 menit. Penggoreng mekanis dilengkapi dengan pengaduk mekanis yang mengaduk secara horizontal seperti gerakan pembalikan bahan dengan tangan. Komponen pengaduk terbuat dari as stainless steel 1 inch. Pengaduk dilengkapi 2 sirip pengaduk yang terbuat dari plat stainless steel. Pemutaran sudu pengaduk disambungkan dengan poros pengaduk yang ditransmisikan dari motor listrik $\frac{1}{2}$ HP dan gearbox sebagai penurun kecepatan. Kecepatan pengadukan yang digunakan sekitar 10 rpm. Pemanasan menggunakan kompor burner LPG untuk kemudahan proses pemasakan. Untuk

mengurangi kehilangan panas akibat pengaruh udara lingkungan, maka pada area kompor pemanas diberikan plat penutup melingkar. Alat penggoreng mekanis dilengkapi dengan frame penyangga terbuat dari pipa stainless 2,5 inch. Tinggi penggoreng disesuaikan dengan ketinggian duduk dari operator. Operator dalam hal ini mengawasi tingkat kematangan kerupuk dan 2 alat penggoreng mekanis bisa diawasi oleh 1 orang operator. Apabila kerupuk telah matang, maka operasional mesin dihentikan dengan menekan tombol off pada komponen on off alat. Penggoreng mekanis dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Skema penggoreng semi mekanis kerupuk amplang

Spesifikasi dough kneader machine dapat dilihat pada Table 1 berikut ini :

Tabel 1. Spesifikasi mesin penggoreng mekanis kerupuk amplang

No.	Nama komponen	Spesifikasi
1.	Kapasitas actual	4 kg/h
2.	Dimensi total (p x l x t)	1050 x 650 x 750 mm
3.	Tenaga penggerak Jenis motor Daya	Motor listrik 1 phase $\frac{1}{4}$ HP
	Kecepatan putar	3000 rpm
4.	Sistem transmisi	
	Puli	$\varnothing = 127$ mm Tipe A
	Sabuk	$\varnothing = 250$ mm, p = 320 mm
	Poros	$\varnothing = 100$ mm, t = 930 mm
	Gearbox	Tipe 40 Ratio 1:20, gear coupling system
5.	Bantalan	6705 ZZ NTN
6.	Penggoreng	
	Jenis bahan	aluminium
	Diameter	$\varnothing 36$ inch
7.	Rangka	
	Jenis besi	Mild steel pipa besi
	Panjang rangka	1050 x 650 x 685 mm

Pengujian fungsional Mesin Penggoreng Mekanis dilakukan untuk melihat fungsi mesin dari hasil rancang bangun yang telah dibuat. Hasil dari pengujian diperoleh bahwa kapasitas penggoreng semi mekanis dua kali lipat dari penggorengan manual yang memiliki kapasitas 2 kg adonan/proses. Selain peningkatan kapasitas sebesar 3-4 kg/proses, kualitas produk sama dengan hasil penggorengan dengan cara manual. Keunggulan yang lainnya tidak membutuhkan banyak tenaga kerja untuk proses penggorengan sehingga tenaga kerja yang ada bisa dialihkan untuk proses pencampuran adonan yang memang membutuhkan tenaga yang banyak. Pemindahan tugas tenaga kerja ini dimaksudkan sebagai strategi manajemen UKM untuk meningkatkan kapasitas produksi sehingga bisa memenuhi permintaan pasar. Proses penggorengan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Proses penggorengan kerupuk amplang

Pengawasan dilakukan untuk mendapatkan produk yang berkualitas baik, seragam akan tingkat kematangannya. Penggorengan kerupuk dilakukan dengan memasukkan adonan 3-4 kg dengan temperatur $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama 15 – 20 menit atau sampai adonan kerupuk berwarna coklat keemasan. Penirisan dilakukan untuk mengurangi kadar minyak pada produk dan untuk mempertahankan kerenyahan pada kerupuk amplang. Pengawasan mutu dilakukan dengan memastikan tidak terlalu banyak minyak yang terikut pada produk, untuk menghindari

adanya ketengikan dini pada produk. Pembungkusan dilakukan dengan ukuran 250 gram seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hal yang perlu dipastikan adalah tidak terjadinya pengurangan netto yang terdapat pada kemasan.



Gambar 5. Produk kemasan kerupuk amplang UKM Yuan Kartika

KESIMPULAN dan SARAN

Penggoreng mekanis memiliki kapasitas 3-4 kg/proses, dua kali lebih besar dibandingkan alat penggoreng manual yang memiliki kapasitas 2 kg adonan/proses. Proses produksi menjadi lebih singkat dan memenuhi target produksi UKM 30 kg/hari. Lama proses penggorengan 15 menit, lebih cepat dibandingkan proses penggorengan manual selama 20 menit. Tingkat kenyamanan dan keamanan pada proses penggorengan juga lebih baik, karena peralatan dilengkapi pelindung/frame sehingga pekerja tidak terkena dampak panas akibat proses pemanasan kompor burner. Penerapan penggoreng mekanis tidak menurunkan mutu kualitas produk yang dihasilkan. Sebagai saran UKM memerlukan pendampingan secara berkala dari pihak akademisi dan instansi terkait untuk pengembangan usaha kerupuk amplang sehingga bisa menjadikan Kecamatan Tajian sebagai sentra pusat oleh-oleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Pertanian atas terlaksananya Program Pengabdian kepada Masyarakat melalui dana PNPB FTP UB Tahun Anggaran 2019.

REFERENSI

- [1] Fakhrida, A. Emmy S.M., Rina M. 2016. Analisis Usaha Pengolahan kerupuk Ikan Tengiri (*Scomberomorus commersoni*) Skala Rumah Tangga di Kecamatan Pula Laut Utara Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal EnviroScientea*. Vol 12 No 2. Agustus 2016.
- [2] Yunus, M., Jauharul M., Sujito. 2017. Peningkatan Usaha Kerupuk Amplang di Desa Kertasada Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep. *Jurnal Dedikasi* Vol 14. Mei 2017.
- [3] Stefanus, S. 2005. *Reverse Engineering – Teori dan Aplikasi*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] Singer, FL, Andrew, P, Darwin, S. 1995. *Strength of Material (Kekuatan Bahan)*. Edisi Ketiga Erlangga. Jakarta.
- [5] Khurmi, RS, Gupta JK. 2008. *A Textbook of Machine Design*. S Chand & Company Ltd. New Delhi.
- [6] Sularso, Suga. 1997. *Dasar Perencanaan dan Perancangan Elemen Mesin*. Cetakan Kesembilan. Pradnya Paramita. Jakarta