

# Implementasi Mesin Pengiris Keripik Tempe Untuk Meningkatkan Produktivitas UKM Tempe

Ibrohim<sup>1</sup>, Made Pramono<sup>2</sup>, Agung Prijo Budijono<sup>3</sup>, Wahyu Dwi Kurniawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

<sup>2</sup> Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Negeri Surabaya

<sup>3,4</sup> Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya

[ibrohim@unesa.ac.id](mailto:ibrohim@unesa.ac.id), [madepramono@unesa.ac.id](mailto:madepramono@unesa.ac.id), [agungbudijono@unesa.ac.id](mailto:agungbudijono@unesa.ac.id), [wahyukurniawan@unesa.ac.id](mailto:wahyukurniawan@unesa.ac.id)

## Abstrak

Keripik tempe merupakan salah satu makanan ringan yang digemari oleh semua kalangan. Selama ini proses pengirisan keripik tempe masih menggunakan cara yang konvensional menggunakan pisau tangan. Hal ini mengakibatkan kurang efektifnya proses pengirisan tempe batang yang merupakan bahan dasar keripik tempe dengan durasi yang relatif lama yaitu  $\pm 30$  irisan/menit. Disamping itu  $\pm 10\%$  - $15\%$  irisan memiliki ketebalan yang variatif dan relatif masih tebal (3mm) sehingga menyebabkan keripik tempe kurang renyah. Karena terkendala dalam proses pengirisan tempe maka UKM hanya bisa memproduksi 10kg/hari dan tidak bisa memenuhi kebutuhan pasar yang mencapai 2 kali lipat dari produksi UKM sekarang. Selain itu, karena proses pemotongan dikerjakan secara manual, maka dibutuhkan tenaga yang besar, waktu lama, tidak higienis dan rentan terjadi kecelakaan kerja. Untuk mengatasi permasalahan mitra, maka pihak UKM mitra akan dibantu melalui rancang bangun mesin pengiris keripik tempe. Metode pelaksanaan kegiatan ini yaitu merancang, manufaktur, assembly, uji coba mesin, serah terima mesin, pelatihan pengoperasian dan perawatan mesin, dan pemantauan secara berkala. Berdasarkan hasil implementasi di UKM produsen keripik tempe, mesin pengiris keripik tempe sangat membantu menyelesaikan permasalahan UKM produsen keripik tempe. Hal ini dapat dilihat dari praktisnya proses pengirisan yang membutuhkan waktu relatif cepat yaitu 60 irisan/menit sehingga karyawan tidak mudah kelelahan. Selain itu juga meningkatkan kualitas produk keripik tempe, dimana ketebalan keripik tempe yang seragam 2mm dan lebih higienis karena material mesin terbuat dari stainless steel standar foodgrade. Beberapa keunggulan tersebut berdampak pada kapasitas produksi yang meningkat 2 kali lipat dari 10kg/hari menjadi 20 kg/hari.

**Kata Kunci:** rancang bangun, mesin pengiris, keripik tempe, UKM

## Abstract

Tempe chips is one snack that is popular with all groups. During this time the process of slicing tempe chips is still using the conventional method using a hand knife. This resulted in the ineffectiveness of the process of slicing the tempe stem which is the basic ingredient of tempe chips with a relatively long duration of  $\pm 30$  slices/minute. Besides that,  $\pm 10\%$  - $15\%$  slices have varied thicknesses and are relatively thick (3mm), which causes crispy tempe chips. Due to constraints in the process of cutting tempeh, SMEs can only produce 10kg / day and cannot meet market needs that reach twice the current SME production. In addition, because the cutting process is done manually, it requires a large amount of power, a long time, not hygienic and prone to work accidents. To overcome the problems of partners, the partner SMEs will be assisted through the design of tempe chip slicing machines. The method of carrying out this activity is designing, manufacturing, assembly, testing of machines, handover of machines, training in operation and maintenance of machines, and periodic monitoring. Based on the results of implementation in the SME tempe chips manufacturer, the tempe chip slicing machine really helped solve the problem of the tempe chips SME producer. This can be seen from the practicality of the slicing process which requires a relatively fast time of 60 slices / minute so that employees are not easily exhausted. It also improves the quality of tempe chips, where uniform thickness of tempe chips is 2mm and is more hygienic because the machine material is made of foodgrade stainless steel standards. Some of these advantages have an impact on production capacity that has doubled from 10kg / day to 20 kg / day.

**Keywords:** design, slicing machine, tempe chips, UKM

## I. PENDAHULUAN

Kedelai mempunyai peranan yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia terutama di

Pulau Jawa, ini dapat dilihat dari adanya kenyataan bahwa sebagian besar masyarakat tidak dapat melepaskan diri dari bahan makanan

yang berbahan baku kedelai (Nina, 2010). Salah satu olahan kedelai yang sangat digemari adalah tempe. Tempe merupakan produk olahan kedelai hasil fermentasi jamur *Rhizopus sp* yang bernilai gizi tinggi dan disukai cita rasanya. Tempe dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan, salah satunya keripik tempe.

Dusun Tempuran Kaliabu merupakan salah satu daerah di Madiun yang terkenal akan produksi olahan tempenya, yaitu keripik tempe. UKM yang terkenal sebagai sentra produksi keripik tempe terbesar di Madiun sekaligus menjadi mitra pada program ini adalah UKM milik Bu Parmi yang beralamat di Dusun Tempuran Kaliabu RT 017/RW 004, Kecamatan Mejayan, Kabupaten Madiun. Bu Parmi tiap harinya memproduksi keripik tempe kurang lebih 10kg. Harga keripik tempe yang dijual oleh pengusaha keripik tempe di Dusun Tempuran Kaliabu berkisar Rp.5.000,- sampai Rp.6.000,-/pc. Dengan mempekerjakan lima karyawan yang rata – rata berpendidikan akhir SMP, UKM milik Bu Parmi memperoleh pendapatan kurang lebih Rp.4.500.000,- perbulan. Bu Parmi menjalankan usahanya sudah cukup lama kurang lebih selama 5 tahun.

Berdasarkan observasi di UKM mitra proses pembuatan keripik tempe ini menggunakan cara yang sederhana, yaitu menggunakan pisau dengan tenaga manusia. Hal ini mengakibatkan kurang efektifnya proses pengirisan tempe batang yang relatif lama yaitu 1 menit/potong,  $\pm 10\%$  -  $15\%$  dari total menyebabkan ukuran ketebalan irisan variatif dan hanya menghasilkan  $\pm 30$  irisan/menit. Keripik tempe yang dihasilkan juga menjadi kurang renyah karena relatif tebal yaitu 3-5mm sehingga mengakibatkan rasa dari keripik tempe kurang enak dan kuantitasnya berkurang yang berarti dapat mengurangi keuntungan. Padahal nilai rasa merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan dalam pemasaran dan merupakan jaminan kepuasan bagi konsumen. Karena terkendala dalam proses pengirisan tempe maka UKM hanya bisa memproduksi 10kg/hari dan tidak bisa memenuhi kebutuhan pasar yang mencapai 2 kali lipat dari produksi UKM sekarang. Selain itu karena proses masih menggunakan tangan, menyebabkan membutuhkan tenaga yang besar, waktu lama, tidak higienis dan rentan terjadi kecelakaan kerja.

Berkaitan dengan produktivitas usaha, suatu usaha baru bisa dikatakan produktif jika usaha tersebut dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif, atau dapat menggunakan sumber daya yang seminimal mungkin dengan hasil yang seakurat mungkin. Jadi kalau ingin meningkatkan produktivitas suatu usaha dapat dilakukan

dengan meningkatkan efisiensi dan efektivitas usaha tersebut.

Ada beberapa cara yang dapat ditempuh oleh pengusaha untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi dan efektivitas usahanya, antara lain: 1) meningkatkan *skill* atau keterampilan karyawannya dan 2) memutakhirkan peralatan produksinya. Cara yang kedua jarang ditempuh oleh pengusaha kecil. Hal ini disamping disebabkan karena keterbatasan modal, juga karena keterbatasan pengetahuannya yang pada umumnya belum bisa mengakses informasi-informasi terkini khususnya yang berhubungan dengan perkembangan peralatan produksi yang semakin canggih. Lain halnya dengan cara yang biasa ditempuh oleh pengusaha-pengusaha yang sudah besar (profesional), mereka rata-rata lebih suka memilih cara untuk memutakhirkan peralatan produksinya guna meningkatkan efisiensi dan efektifitas usahanya.

Pada umumnya masalah produksi yang dihadapi oleh usaha kecil dan menengah (UKM) Indonesia tidak cocok bila dipecahkan melalui penerapan/penggunaan mesin-mesin yang berteknologi mutakhir/canggih, tetapi justru banyak yang lebih cocok dipecahkan melalui penerapan teknologi tepat guna (TTG). Sebab biaya investasi untuk penerapan TTG relatif murah, dan penguasaan teknologi tidak memerlukan ilmu pengetahuan yang terlalu tinggi.

## II. TEORI

Merujuk latar belakang di atas dan diskusi intensif dengan pihak pengusaha, maka pihak UKM mitra akan dibantu melalui rancang bangun mesin pengiris keripik tempe.

### Torsi inersia

Gaya luar yang bekerja pada benda dengan kondisi dimana suatu benda simetris jika berputar pada suatu sumbu yang tetap tegak lurus dengan luasan bidang dan melalui pusat massa  $G$  sama dengan kopel  $l \alpha$ . Kopel ini disebut torsi inersia, yang merupakan akibat dari adanya momen inersia massa benda tersebut dan adanya percepatan sudut sesaat sebelum benda tersebut berputar hingga mencapai putaran konstan.

Dalam mencari torsi inersia terlebih dahulu harus dicari momen inersia massa untuk berbagai bentuk benda yang umum. Torsi inersia dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1) berikut :

$$T = I \cdot \alpha \quad (1)$$

dimana :

$T$  = torsi pamarut (Nm)

$I$  = momen inersia massa total ( $kg \cdot m^2$ )

$\alpha$  = percepatan sudut pamarut ( $rad/s^2$ ).

### Daya Motor

Desain mesin yang akan dibuat menggunakan tenaga penggerak berupa elektromotor. Sebelumnya harus kita ketahui seberapa besar daya motor yang diperlukan. Untuk mengetahui daya motor, maka torsi inersia untuk menggerakkan mesin secara keseluruhan harus diketahui terlebih dahulu.

Daya motor diperlukan untuk memutar parutan singkong, serta mekanisme penggilas, dimana daya ini didapatkan dari persamaan (2) berikut ini :

$$P = \frac{T \cdot n}{716,2} \quad (2)$$

dimana :

- P = daya motor yang dibutuhkan (Hp)
- T = torsi (kg.m)
- n = putaran (rpm).

### Belt/Sabuk Transmisi

*Belt* adalah suatu elemen mesin *fleksibel* yang dapat digunakan dengan mudah untuk mentransmisi torsi dan gerakan berputar dari suatu komponen ke komponen lainnya, dimana *belt* tersebut dililitkan pada puli yang melekat pada poros yang akan berputar.

*Belt* digunakan jarak antara poros dengan motor penggerak yang relatif jauh, sehingga jika menggunakan sistem roda gigi cukup menjadi masalah baik dalam pembuatan maupun biaya, sebab biaya pembuatan roda gigi relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan biaya pembuatan puli, lagipula bermacam-macam ukuran puli banyak tersedia dipasaran. Di dalam perencanaan ini digunakan transmisi *V-belt*.

### Transmisi Sabuk-V

*V-belt* terbuat dari karet dengan inti tenunan tetoron atau semacamnya dan mempunyai penampang trapesium, *V-belt* dibelitkan di sekeliling alur puli yang membentuk V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah, hal ini merupakan salah satu keunggulan *V-belt* dibandingkan dengan *flat-belt*. *V-belt* memiliki konstruksi yang hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai, *V-belt* bekerja lebih halus dan tak bersuara.

### Dimensi Sabuk-V dan Puli

Dimensi yang penting dalam perencanaan *V-belt* dan puli meliputi diameter puli, panjang *V-belt*, dan karakter-karakter operasi lain seperti : rasio kecepatan, kecepatan sudut, besarnya putaran, sudut kontak, jarak antar sumbu poros dan dibawah ini adalah gambar konstruksi *V-belt* dan berbagai penampang *belt*.

Rasio transmisi (i) pada puli didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan puli penggerak dengan puli yang digerakkan atau merupakan perbandingan diameter puli yang digerakkan dengan diameter puli penggerak dan dirumuskan pada persamaan (3) sebagai berikut:

$$\frac{n_1}{n_2} = i = \frac{D_p}{d_p} \quad (3)$$

dimana :

- i = rasio transmisi pada puli
- $n_1$  = putaran motor 1 (rpm)
- $n_2$  = putaran motor 2 (rpm)
- $d_p$  = diameter nominal (mm)
- $D_p$  = diameter nominal (mm)

### Perencanaan Sabuk-V

Perencanaan *V-belt* selalu dipengaruhi oleh jarak poros (c), dimana jarak poros harus memenuhi syarat seperti pada persamaan (4), (5), (6), (7), (8) dibawah ini.

$$C - \frac{1}{2}(d_k - D_k) > 0 \quad (4)$$

Diameter luar puli kecil :

$$d_k = d_p + 2 \cdot K \quad (5)$$

Diameter luar puli besar :

$$D_k = D_p + 2 \cdot K \quad (6)$$

Sedangkan kecepatan linier sabuk ( $V_p$ ) :

$$V_p = \frac{d_p \cdot n_1 \cdot \pi}{60 \times 1000} \quad (7)$$

Panjang sabuk (L) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4 \cdot C}(D_p - d_p)^2 \quad (8)$$

Dan besar sudut kontak ( $\theta$ ) dapat dihitung dengan rumus (9) di bawah ini :

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(D_p - d_p)}{c} \quad (9)$$

Sehingga gaya inersia sentrifugal sabuk dapat dicari dengan rumus (10):

$$F_c = \frac{w \cdot v_p^2}{g} \quad (10)$$

dimana :

$F_c$  = gaya inersia sentrifugal sabuk (N)  
 $W$  = berat sabuk persatuan panjang (N/m)  
 $v_p$  = Kecepatan Linier sabuk-V (m/s)  
 $g$  = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

sedangkan tegangan pada sisi tarik dan sisi kendor dapat diperoleh dari rumus (11), (12), dan (13) di bawah ini:

$$F_1 = F_c + \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right) \cdot \frac{T}{r} \quad (11)$$

$$F_2 = F_1 - \frac{T}{r} \quad (12)$$

dan

$$\gamma = e^{\mu - \theta / \sin \beta} \quad (13)$$

dimana :

$F_1$  = gaya pada sisi tarikan pada sabuk (N)  
 $F_2$  = gaya pada sisi kendor pada sabuk  
 $F_c$  = gaya inersia sentrifugal sabuk (N)  
 $T$  = torsi pamarut (Nm)  
 $r$  = jari-jari pulli penggerak (m)  
 $\mu$  = gesekan sabuk dan pulli (0,3)  
 $\theta$  = sudut kontak dari sabuk pada alur pulli (rad)  
 $\beta$  = sudut pada sabuk (20°)

Gaya tekan pulli pada poros ( $F_p$ ) dengan rumus (14) :

$$F_p = F_1 + F_2 \quad (14)$$

### Poros

Poros adalah salah satu elemen mesin terpenting. dimana penggunaan poros antara lain adalah untuk meneruskan tenaga, poros penggerak klep, poros penghubung dan sebagainya. Definisi poros adalah sesuai dengan penggunaannya dan tujuan penggunaannya. Dibawah ini terdapat beberapa definisi dari poros :

1. *Shaft*, adalah poros yang ikut berputar untuk memindahkan daya dari mesin ke mekanisme lainnya.
2. *Axle*, adalah poros yang tetap tetapi mekanismenya yang berputar pada poros tersebut, juga berfungsi sebagai pendukung.
3. *Spindle*, adalah poros yang pendek, terdapat pada mesin perkakas dan mampu/sangat aman terhadap momen bending.
4. *Line shaft*, adalah suatu poros yang langsung berhubungan dengan mekanisme yang digerakkan dan berfungsi memindahkan daya motor penggerak ke mekanisme tersebut.

5. *Flexible shaft*, adalah poros yang berfungsi memindahkan daya dari dua mekanisme dimana perputaran poros membentuk sudut dengan poros lainnya. dimana daya yang dipindahkan relatif kecil.

Hal-hal yang perlu diperhatikan di dalam melakukan perencanaan suatu poros antara lain :

1. Kekuatan poros, suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau bending ataupun kombinasi antara keduanya, kelelahan tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil atau bila poros memiliki alur pasak. Sebuah poros yang direncanakan harus cukup kuat menahan beban diatas.
2. Kekakuan poros, meskipun poros memiliki kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirannya terlalu besar akan mengakibatkan ketidakteelitian atau getaran dan suara. Oleh karena itu selain kekuatan, kekakuan poros harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.
3. Putaran kritis, adalah bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada putaran tertentu akan terjadi getaran yang besar, sebaiknya poros direncanakan putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritis.
4. Korosi, bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk poros propeler dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif.
5. Bahan poros, poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja yang ditarik dingin. Poros yng dipakai untuk putaran tinggi dan beban berat umumnya terbuat dari baja paduan dengan penguatan kulit yang tahan terhadap keausan.

Dapat diketahui dari diagram bidang momen akan diperoleh momen bending maksimum dan dari diagram torsi internal diperoleh torsi internal maksimum sehingga untuk mengetahui diameter poros dapat diperoleh pada rumus (15) dan (16):

$$\frac{0,58 \cdot S_{yp}}{N} \geq \frac{16}{\pi \cdot d^3} \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad (15)$$

dengan

$$S_{yp} = 0,5 \cdot S_u \quad (16)$$

Dimana :

$S_{yp}$  = tegangan pada yield point (N/mm<sup>2</sup>)  
 $S_u$  = tegangan maksimum (N/mm<sup>2</sup>)  
 $N$  = faktor keamanan  
 $d$  = diameter pores ( mm)

M = momen bending maksimum (N.mm)  
T = torsi (N.mm)

Dan torsi yang terjadi pada proses dapat diperoleh dari rumus (17):

$$T = \frac{716,2 \cdot Hp}{n} \quad (17)$$

dimana :

T = torsi (kg.m)  
P = daya meter yang digunakan (HP)  
N = putrurn yang terjadi (rpm)

Poros merupakan suatu bagian terpenting dari setiap mesin. Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. (Josep Edward Shigley, 1983). Hampir semua mesin meneruskan daya bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dari transmisi adalah poros. Poros diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut :

- 1) Poros transmisi (*transmission shaft*)  
Poros macam ini mendapatkan beban puntir dan lentur ataupun kedua-duanya. Daya dapat ditransmisikan pada poros melalui kopleng, roda gigi, sabuk atau sproket rantai.
- 2) Spindel (*spindle*)  
*Spindle* merupakan poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran dan beban lentur (*axial load*). Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk ukurannya harus teliti.
- 3) Gandar (*axle*)  
Poros macam ini tidak mendapatkan beban punter dan hanya mendapat beban lentur. Gandar hanya mendapatkan beban lentur kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula, dimana akan mengalami beban puntir juga. Poros semacam ini biasanya dipasang diantara roda-roda kereta barang. Menurut bentuknya poros dibedakan atas poros lurus umum, poros engkol sebagai poros utama dari mesin torak, poros luwes untuk transmisi daya kecil agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah.

Berdasarkan bentuknya, poros dapat dibedakan menjadi :

1. Poros lurus
2. Poros engkol sebagai penggerak utama pad silinder mesin

Ditinjau dari segi besarnya transmisi daya yang mampu ditransmisikan, poros merupakan daya yang kecil hal ini cocok untuk menstransmisikan daya yang kecil hal ini dimaksudkan agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah (momen putar).

### Hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan poros:

#### Kekuatan poros

Poros transmisi akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya: kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.

#### Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktelitian (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*) dan suara (*noise*). Oleh karena itu disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

#### Putaran kritis

Bila putaran mesin dinaikan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut. Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dan lain-lain. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya.

#### Korosi

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida korosif maka dapat mengakibatkan korosi pada poros tersebut, misalnya *propeller shaft* pada pompa air. Oleh karena itu pemilihan bahan-bahan poros dari bahan yang tahan korosi perlu mendapat prioritas utama.

#### Material

Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya

dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molybdenum, baja khrom, baja khrom molibden, dan lain-lain. Sekalipun demikian, baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan pembebanan yang berat saja. Dengan demikian perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis proses *heat treatment* yang tepat sehingga akan diperoleh kekuatan yang sesuai.

**Bantalan**

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu proses berbeban. sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan proses serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya.

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap proses
  - a) Bantalan Iuncur (*sliding bearing*). Pada bantalan ini terjadi gesekan Iuncur antara proses dan bantalan karena permukaan proses ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.
  - b) Bantalan gelinding (*rolling bearing*). Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum. dan rel bulat.



Gambar 1. Macam-macam Bantalan Gelinding (sumber: moot, 2004)

2. Atas dasar arah beban terhadap poros
  - a) Bantalan radial. Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros,

seperti : *radial ball bearing* merupakan jenis bantalan gelinding untuk gaya yang kecil, *roller bearing* merupakan jenis bantalan gelinding untuk gaya besar, dan *sliding bearing*.

- b) Bantalan aksial. Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros, seperti : *axial ball bearing* untuk gaya yang besar, dan raper bearing untuk gaya yang kecil.
- c) Bantalan gelinding khusus. Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros, seperti : *axial radial ball bearing*.

Didalam kegiatan ini menggunakan bantalan gelinding, karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan bantalan luncur yaitu bantalan gelinding tidak perlu melakukan pelumasan, merupakan peredam yang baik dan memiliki umur yang panjang.

Sesuai dengan definisi dari AFBMA (*Anti-Friction Bearing Manufactures Association*), beban ekivalen adalah beban radial yang konstan yang mana jika diberikan pada bantalan dengan *ring* bagian dalam berputar sedangkan *ring* luar diam. akan memberikan umur yang sama pada saat bantalan itu beroperasi pada kondisi aktual.

Untuk menghitung beban ekivalen dinamis pada bantalan radial dapat dicari dari persamaan (18) berikut.

$$P = (V \cdot X \cdot F_r) + (Y \cdot F_a) \tag{18}$$

dimana :

- P = gaya ekivalen (N)
- $F_r$  = gaya radial (N)
- $F_a$  = gaya aksial(N)
- V = faktor rotasi bantalan  
 = 1, untuk pembebanan pada cincin dalam yang berputar.  
 = 1,2, untuk pembebanan pada cincin luar yang berputar.
- X = faktor beban radial
- Y = faktor beban aksial

Untuk menghitung umur bearing jika diketahui besarnya putaran (n) dalam rpm digunakan rumus (19) :

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot n} \times \left(\frac{C}{P}\right)^3 \text{ jam} \tag{19}$$

dimana :

- P = beban ekivalen dinamis
- C = beban nominal dinamis spesifik
- n = putaran
- B = 3 untuk *ball bearing*  
 = 10/3 untk *roller bearing*

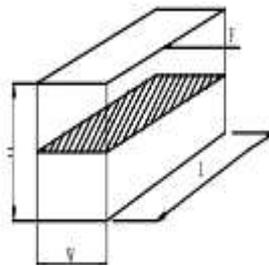
**Pasak**

Pasak adalah bagian dari elemen mesin. disamping digunakan untuk menyambung juga digunakan untuk mentransmisikan daya antara poros dengan peralatan mesin yang lain seperti poros dengan roda gigi, poros dengan puli dan sebagainya yang disambung dengan poros mesin tersebut. Jika poros mengalami momen puntir sebesar  $T$  (N.m) dan diameter poros ( $m$ ), maka gaya tangensial  $F$ ; (N) pada permukaan poros dalam persamaan (20) adalah:

$$F = \frac{T}{d/2} \quad (20)$$

dimana :

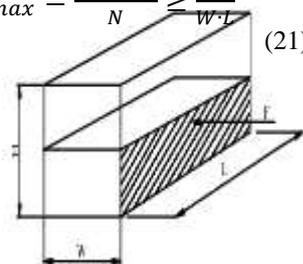
- T = torsi yang terjadi pada poros (N.m)
- D = diameter poros (m)



Gambar 2. Luasan pasak yang terkena tegangan geser

Pasak dikatakan aman terhadap geseran jika tegangan geser dari material lebih besar dari tegangan geser akibat beban luar yang terjadi. Hal ini dirumuskan dalam bentuk persamaan (21) :

$$\tau_{max} = \frac{0,58 \cdot S_{yp}}{N} \geq \frac{F_t}{W \cdot L} \quad (21)$$



Gambar 3. Luasan pasak yang terkena tegangan kompresi

Pasak dikatakan aman terhadap tekanan jika tegangan kompresi ijin dari material lebih besar dari tegangan kompresi yang terjadi akibat beban luar. Jika dituliskan dalam bentuk persamaan (22):

$$\sigma = \frac{F}{\frac{H-L}{2}} < \frac{S_{yp}}{N} \quad (22)$$

dimana :

- $t_{max}$  = tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_1$  = gaya ( N)
- W = lebar pasak (mm)
- L = panjang pasak (mm)
- $S_{yp}$  = tegangan *yield point* (N/mm<sup>2</sup>)

- N = angka keamanan
- $S_c$  = tegangan kompresi (N/mm<sup>2</sup>)

### Pasak Tirus dan Pasak Berkepala

Pasak tirus dirancang untuk diselipkan dari ujung poros setelah naf tepat pada posisinya bukan dengan dipasang lebihdahulu lantas memasukkan naf di atas pasak seperti halnya pasak paralel. Ketirusan memanjang sekurang-kurangnya sama dengan panjang naf, dan ketinggian, H, diukur pada ujung naf sama seperti pasak paralel. ketirusan pasak biasanya 1/8 ft.

Pasak berkepala mempunyai bentuk tirus masuk dalam naf yang sama seperti pasak tirus rata. Tetapi kepala pasak yang diperpanjang memungkinkan pencabutan pasak dari sisi yang sama dimana pasak telah dipasang. Hal ini sangat diinginkan jika pasak tidak dapat dikeluarkan dari sisi yang sebaliknya.

### Pasak Jarum

*Pasak jarum*, ditunjukkan pada, adalah pena silindris yang diletakkan dalam alur silindris pada poros dan naf. Jika dibandingkan dengan pasak paralel dan pasak tirus, rancangan pasak jarum menghasilkan factor konsentrasi tegangan yang lebih rendah.

### Pasak Tembereng

Bila beban ringan dan diinginkan relative mudah memasang dan melepasnya, pasak tembereng (*Woddruff*) baik untuk dipertimbangkan menunjukkan konfigurasi baku. Alur melingkar pada poros menahan pasak dalam posisinya, sementara bagian pasangannya meluncur di atas pasak.

### Bahan-bahan Untuk Pasak

Pasak paling sering terbuat dari baja karbon rendah, baja tarik dingin. Sebagai contoh, AISI 1020 CD dalam Lampiran 3 mempunyai batas kekuatan tarik 61 ksi (420 Mpa), Tegangan luluh 51 ksi (352 Mpa), dan persen pemanjangan 15%. Ini kekuatan dan keuletan yang paling memadai untuk kebanyakan aplikasi. Anda hendaknya memeriksa bahan actual dan memastikan kekuatan standar pasak yang digunakan dalam aplikasi-aplikasi kritis.

### Analisis Tegangan Untuk Menentukan Panjang Pasak

Kegagalan akibat tekanan bidang terkait dengan tegangan tekan pada sisi pasak, sisi alur pasak dan poros, atau sisi alur pasak pada naf. Luas yang mengalami tekanan untuk bagian ini adalah sama,  $L \times (H/2)$ . Dengan demikian, kegagalan terjadi pada permukaan yang kekuatan luluh tekannya paling rendah. Maka definisi tegangan tekan rancangan dalam persamaan (23) sebagai berikut:

$$\Sigma_d = S_y / N \quad (23)$$

Kemudian tegangan tekan yang terjadi dengan rumus (24) adalah:

$$\Sigma_d = \frac{F}{Ac} = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)(L)\left(\frac{H}{2}\right)} = \frac{4T}{DLH} \quad (24)$$

Dengan menyamakan tegangan ini (23) dan (24) dengan tegangan tekanan rancangan, kita dapat menghitung panjang pasak yang dibutuhkan untuk model kegagalan dengan persamaan (25) :

$$L = \frac{4T}{\sigma_d DH} \quad (25)$$

Biasanya dalam pemakaian di industri,  $N=3$  dianggap cukup.

Untuk perancangan pasak bujur sangkar dimana kekuatan bahan pasak lebih rendah daripada poros atau naf. Substitusi tegangan rancangan ke dalam salah satu persamaan (26) akan memberikan.

$$L = \frac{4TN}{DWS_y} \quad (26)$$

Tetapi pastikan untuk mengevaluasi panjang dari persamaan (25) jika salah satu poros atau naf mempunyai tegangan luluh yang lebih rendah daripada pasak.

**Prosedur Perancangan Untuk Pasak Pararel**  
Prosedur Perancangan Untuk Pasak Pararel adalah

1. Lengkapi perancangan poros yang akan dipasang pasak, dan tetapkan diameter aktual pada lokasi alur pasak.
2. Memilih ukuran pasak.
3. Menetapkan bahan pasak.
4. Menentukan kekuatan luluh bahan pasak
5. Jika digunakan pasak bujur sangkar dan bahan pasak mempunyai kekuatan paling rendah, untuk menghitung panjang pasak minimum yang dibutuhkan.
6. Jika digunakan pasak segi empat, atau jika salah satu poros atau naf mempunyai kekuatan yang lebih rendah daripada pasak, untuk menghitung panjang pasak minimum yang dibutuhkan berdasarkan tegangan tekan. Juga untuk menghitung panjang pasak minimum yang dibutuhkan berdasarkan tegangan geser. Perancangan akan menggunakan hasil perhitungan yang lebih besar.
7. Menetapkan panjang pasak sebenarnya yang sama atau lebih panjang dari panjang minimum hasil perhitungan.

8. Melengkapi rancangan dudukan pasak pada poros dan alur pasak pada naf dengan menggunakan persamaan. Standar ANSI B17.1 dipertimbangkan untuk toleransi standar ukuran pasak dan alur pasak.

### Angka Keamanan

Angka keamanan adalah nilai toleransi yang diberikan pada tegangan *yield point* material agar besar beban yang ditanggung oleh material tidak pada titik luluh material akan tetapi dibawah titik luluh material. Berikut ini adalah nilai angka keamanan dan syarat penggunaannya :

1.  $N=1,25-1,5$ : untuk material yang reliable dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan beban yang statis dan tidak berubah.
2.  $N=1,5-2,0$ : untuk material yang sudah diketahui dan pada kondisi lingkungan yang tetap, serta beban dan tegangan terbatas pada tegangan bahan.
3.  $N=2,0-2,5$ : untuk material yang beroperasi secara rata-rata dengan harga beban yang diketahui.
4.  $N=2,5-3,0$ : untuk material yang sudah diketahui tanpa mengalami tes, pada kondisi beban dan tegangan rata-rata.
5.  $N=3,0-4,0$ : untuk material yang sudah diketahui dengan beban, tegangan dan kondisi lingkungan yang tidak pasti.
6.  $N=point 1-5$ : untuk beban yang berulang-ulang yang didasarkan pada *Endurance Limit* dan *yield strength* dari sifat-sifat mekanis bahan.
7.  $N=point 3-5$ : untuk beban impact dengan impact factor.
8.  $N=point 2-5$ : untuk bahan yang brittle dengan menggunakan *ultimate strength* sebagai tegangan maksimum.

### III. METODE

Untuk merancang dan membangun mesin pengiris keripik tempe disusun dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

- A. Tahap persiapan dan perancangan mesin, meliputi:
  1. survei kebutuhan di lokasi,
  2. membuat gambar detail mesin,
  3. identifikasi dan pengadaan bahan-bahan dan peralatan yang diperlukan dalam proses fabrikasi.
- B. Tahap manufaktur dan assembly mesin pengiris keripik tempe yang disesuaikan dengan kebutuhan UKM mitra.
- C. Tahap pengujian mesin, meliputi: uji fungsi, uji performa mesin, evaluasi dan revisi mesin.
- D. Tahap serah terima dan pelatihan, meliputi:
  1. pelatihan pengoperasian mesin,

2. pelatihan perawatan mesin, dan
  3. pelatihan keselamatan kerja mesin.
- E. Teknik analisis data, menggunakan metode deskriptif kualitatif
- F. Tahap pemantauan secara berkala

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil

Tujuan kegiatan ini yaitu untuk membantu mengatasi permasalahan produksi yang dihadapi UKM mitra. Setelah mengadakan diskusi intensif, maka pihak UKM mitra akan dibantu dengan rancang bangun mesin pengiris keripik tempe. Diharapkan dengan menggunakan mesin tersebut, kualitas dan kuantitas produksi UKM mitra dapat ditingkatkan. Kondisi ini sangat diinginkan oleh pengusaha UKM, karena kontinuitas maupun kualitas produksi dapat dijaga. Hal ini akan berdampak pada meningkatnya pendapatan yang diperoleh UKM dan meningkatnya kesejahteraan, baik pengusaha ataupun karyawannya.

Berdasarkan proses manufaktur dan *assembly* maka telah terwujud mesin pengiris keripik tempe seperti tampak pada gambar berikut:



Gambar 4 Mesin Pengiris Keripik Tempe

TABEL I  
Spesifikasi mesin pengiris keripik tempe

No.	Uraian	Keterangan
1	Dimensi	(100 x 60 x 80) cm
2	Kapasitas	60 irisan/menit
3	Penggerak	Motor listrik 0,25 HP
4	Material	Mild steel dan stainless steel

Prinsip kerja mesin pengiris keripik tempe:

- (1) Hubungkan kabel power ke sumber tegangan AC 220V
- (2) Masukkan tempe ke dalam hooper lalu tutup dengan pemberat
- (3) Tekan tombol On, maka akan terjadi proses pengirisan keripik
- (4) Jika tempe sudah habis, maka ulangi langkah 2
- (5) Untuk mengambil hasil irisan tempe, tarik wadah penampung tempe

- (6) Jika sudah selesai, matikan tombol Off kemudian lepas kabel power dari sumber tegangan
- (7) Bersihkan mesin setelah selesai digunakan

##### B. Pembahasan

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilakukan, pihak UKM mitra merasa sangat senang dengan adanya kegiatan ini karena proses pengirisan keripik tempe menjadi lebih mudah dan praktis sehingga sangat mendukung produktivitas usaha. Untuk mengetahui hasil lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

TABEL II  
Hasil implementasi mesin pengiris keripik tempe

Uraian	Sebelum PKM	Sesudah PKM
Waktu pengirisan	30 irisan/menit	60 irisan/menit
Tenaga kerja	Mudah capek	Tidak mudah capek
Kualitas produk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurang higienis karena menggunakan tangan</li> <li>• Hasil pengirisan tidak seragam (3-5mm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebih higienis karena material mesin terbuat dari stainless steel.</li> <li>• Hasil pengirisan seragam (2mm)</li> </ul>
Kapasitas produksi	10 kg/hari	20 kg/hari

Merujuk hasil implementasi mesin di UKM tempe seperti ditampilkan ada tabel 2 di atas maka dapat diketahui bahwa proses pengirisan keripik tempe menjadi lebih efektif, yang semula 30 irisan/menit menjadi 60 irisan/menit. Hal ini berdampak pada meningkatnya kapasitas produksi yang semula 10 kg/hari menjadi 20 kg/hari. Selain itu dengan menggunakan mesin pengiris keripik tempe maka kualitas produk menjadi lebih higienis karena material mesin terbuat dari stainless steel 304 dan hasil pengirisan menjadi seragam (2 mm)

#### V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi mesin pengiris keripik tempe sangat membantu menyelesaikan permasalahan UKM produsen keripik tempe. Hal ini dapat dilihat dari praktisnya proses pengirisan yang membutuhkan waktu relatif cepat yaitu 60 irisan/menit sehingga karyawan tidak mudah kelelahan. Selain itu juga meningkatkan kualitas produk keripik tempe, dimana ketebalan keripik tempe yang seragam 2mm dan lebih higienis karena material mesin terbuat dari stainless steel standar *foodgrade*.

Beberapa keunggulan tersebut berdampak pada kapasitas produksi yang meningkat 2 kali lipat dari dari 10kg/hari menjadi 20 kg/hari.

### REFERENSI

Ahmadi, F. 2001. *Karakteristik Teknologi Tepat Guna dalam Industri Skala Usaha Kecil dan Menengah di Jawa Timur*. Makalah yang disampaikan dalam rangka pelatihan produktivitas usaha kecil di Unesa. Tanggal 26 Juli tahun 2001.

Biegel, J.E. 1998. *Pengendalian Produksi, Suatu Pendekatan Kuantitatif*. Terjemahan. Tarsito Bandung.

Haryono dkk. 1999. *Buku Panduan Materi Kuliah Kewirausahaan*. Unipres UNESA Surabaya.

Mott, Robert L. 2004. *Machine Elements in Mechanical Design*. New Jersey: Pearson Education.

Mott, Robert L. 2009. *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*. Yogyakarta: ANDI.

Sutantra, I. N., 2001. *Produktivitas Sistem Produksi dan Tekno/ogi* Makalah yang disampaikan dalam rangka pelatihan produktivitas usaha kecil di Unesa. Tanggal 26 Juni tahun 2001.