

RANCANG BANGUN MESIN PEMBUAT TEPUNG SINGKONG KAPASITAS 50 KG/ JAM

Oleh :

Lenti Rando Purba ¹⁾

Samuel Jakaria Napitupulu ²⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2)}

E-mail:

lentirandopurba17@gmail.com ¹⁾

samueljakarianapitupulu475@gmail.com ²⁾

ABSTRACT

This study aims to analyze how to design a cassava flour making machine with a capacity of 50 kg/hour which is able to produce good flour and be able to increase its production; how to choose the appropriate machine components so that the manufacture of cassava flour making machines is as expected and the system can work optimally and safely; how to drive a cassava flour making machine with a capacity of 50 kg/hour; how to calculate the estimated material and maintenance costs of a cassava flour making machine with a capacity of 50 kg/hour; and how does a cassava flour making machine work with a capacity of 50 kg/hour. Based on the calculations and planning carried out, the conclusions are as follows: Planning Specifications (Material used: Cassava, Engine Capacity: 50 kg/hour, Transmission System: Belts and Pulleys), Equipment Construction (Total Propulsion Gasoline Motor Power: = 1010.41 watts (1.38 HP), Motor Power used = 1,837.5 watts (2.5 HP), Drive Motor Speed: = 3600 rpm, Grinding Shaft Speed: = 4800 rpm) , Transmission System (Transmission System: = Belt and Pulley, Pulley Size : 4" on the drive shaft and 3" on the drive shaft, Belt Length – V : 686 mm (A 27)). Basically, the working principle of this cassava flour making machine starts from a 2.5 HP gasoline motor that produces 3600 rpm power and the rotation is transmitted to the shaft through a transmission belt. This study focuses on calculating the main components of a cassava flour making machine with a capacity of 50 kg/hour such as the power used, pulleys, shafts, bearings, and grinding blades.

Keywords: *Cassava, flour making machine, knife.*

ABSTRAK

Studi ini bertujuan menganalisis bagaimana cara merancang mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/jam yang mampu menghasilkan tepung yang baik dan mampu meningkatkan produksinya; bagaimana memilih komponen elemen mesin yang sesuai agar pembuatan mesin pembuat tepung singkong sesuai harapan dan sistem dapat bekerja secara optimal dan aman; bagaimana sistem penggerak mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam; bagaimana menghitung estimasi biaya material dan perawatan mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50kg/ jam; dan bagaimana gambar kerja mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam. Berdasarkan perhitungan dan perencanaan yang dilakukan, maka kesimpulannya sebagai berikut : Spesifikasi Perencanaan (Material yang digunakan: Singkong, Kapasitas Mesin: 50 kg/ jam, Sistem Transmisi: Sabuk dan Puli), Konstruksi Alat (Daya Motor Bensin Penggerak Total : = 1010,41 watt (1,38 HP), Daya Motor yang digunakan = 1.837,5 watt (2,5 HP), Putaran Motor Penggerak : = 3600 rpm, Putaran Poros Penggiling : = 4800 rpm) , Sistem Transmisi (Sistem Transmisi : = Sabuk dan Puli, Ukuran Puli : 4" di poros penggerak dan 3" di poros yang gerakkan, Panjang Sabuk – V : 686 mm (A 27)). Pada dasarnya prinsip kerja mesin pembuat tepung singkong ini berawal dari sebuah motor bensin 2,5 HP yang menghasilkan daya 3600 rpm dan putaran yang ditransmisikan ke

poros melalui sabuk transmisi. Studi ini memfokuskan pada perhitungan komponen utama mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam seperti daya yang digunakan, puli, poros, bantalan, dan pisau penggiling.

Kata kunci : Singkong, Mesin Pembuat Tepung, Pisau.

1. PENDAHULUAN

Kurang lebih dari tujuh puluh persen penduduk Indonesia bermata pencaharian dari sektor pertanian. Oleh karena itu kegiatan pertanian haruslah menjadi kebanggaan kita, sebab dari dunia pertanian itulah produksi yang menghidupi sebagian besar bangsa ini berasal. Kegiatan dalam sektor pertanian merupakan salah satu kekuatan ekonomi kita. Karena jumlah penduduk kita terus bertambah dan kebutuhan pangan senantiasa meningkat secara terus menerus, menjadi tuntutan untuk terus meningkat produksi pertanian.

Usaha penganeekaragaman pangan sangat penting artinya sebagai usaha untuk mengatasi ketergantungan pada satu bahan pangan pokok saja. Misalnya dengan mengolah umbi-umbian menjadi bahan awetan yang mempunyai rasa khas dan tahan lama disimpan. Bentuk olahan tersebut berupa tepung, gaplek, tapai dan lain-lainnya. Hal ini sesuai dengan program pemerintah khususnya dalam mengatasi masalah kebutuhan bahan pangan.

Berdasarkan harian Republika terbitan tanggal 17 January 2005 Indonesia merupakan negara pengimpor tepung terbesar di Asia Tenggara. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku tepung dalam pembuatan mie instan, roti, dan pangan lainnya, Indonesia harus mengimpor sekitar 4 juta ton tepung setiap tahunnya

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan panganyang berbahan baku

tepung, maka kebutuhan tepung setiap tahunnya akan meningkat. Meningkatnya kebutuhan tepung tersebut berdampak semakin besarnya volume impor tepung setiap tahunnya, yang berarti semakin besar pula devisa negara yang harus dikeluarkan.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan bahan baku tepung didalam negeri, supaya menggali dan memanfaatkan potensi sumber daya alam hayati melalui penelitian dan pengembangan didalam negeri harus dilakukan terus-menerus. Hal tersebut sangat dilakukan karena sekitar 16,7 persen dari sumber daya hayati dunia terdapat di Indonesia. Dari ribuan spesies yang ada, diperkirakan baru 6.000 jenis yang dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Dengan demikian, berarti masih banyak potensi sumber daya hayati yang belum dimanfaatkan. Seandainya saja sumber daya yang berlimpa tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara pengolahan yang terprogram, tentu akan memberikan kontribusi yang besar bagi pembangunan ketahanan pangan di Tanah Air, termasuk untuk memenuhi kebutuhan tepung didalam negeri.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan bahan baku tepung didalam negeri, berbagai upaya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan tepung tersebut, diantaranya dengan menciptakan mesin yang efektif serta berdaya guna dalam pembuatan tepung. Ini kiranya dapat berupaya dalam menciptakan produksi tepung yang sangat mudah. Oleh karena itu kami mengambil judul **“Rancang Bangun**

Mesin Pembuat Tepung Singkong Kapasitas 50 Kg/Jam” khususnya pada proses produksi. Semoga alat ini dapat membantu dalam efisiensi penggunaan waktu dan tenaga manusia, dan diharapkan dapat mempermudah proses produksi pada masyarakat yang membutuhkan

1.1. Rumusan Masalah

Untuk mendapatkan mesin pembuat tepung singkong yang handal, maka perlu dilakukan suatu perencanaan yang tepat sebelum proses pengerjaan dilakukan.

Adapun rumusan masalah yang ada dalam suatu rancangan, sementara penulis terikat dengan keterbatasan waktu, kemampuan, pengalaman dalam merancang mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam, maka penulis membatasi rumusan masalah yang akan di bahas dalam tugas akhir skripsi ini, antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/jam yang mampu menghasilkan tepung yang baik dan mampu meningkatkan produksinya?
2. Bagaimana memilih komponen elemen mesin yang sesuai agar pembuatan mesin pembuat tepung singkong sesuai harapan dan sistem dapat bekerja secara optimal dan aman?
3. Bagaimana sistem penggerak mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam?
4. Bagaimana menghitung estimasi biaya material dan perawatan mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam?
5. Bagaimana gambar kerja mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam?

1.2. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, pembahasan dibatasi sebagai berikut :

1. Menghitung dan merancang komponen komponen mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/jam.
2. Memilih komponen komponen mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/jam.
3. Perencanaan sistem penggerak mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam.
4. Menghitung estimasi biaya material dan perawatan mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam.
5. Gambar kerja mesin pembuat tepung singkong kapasitas 50 kg/ jam.

1.3. Tujuan

1. Mengaplikasikan disiplin ilmu yang diperoleh selama duduk dibangku kuliah.
2. Dapat merancang suatu alat untuk para petani singkong dalam mengolah hasil panennya menjadi tepung singkong.
3. Ikut berpartisipasi dalam menyumbangkan ide yang berbasis teknologi tepat guna.
4. Untuk memperluas wawasan petani singkong yang ingin membuka usaha menjadi produsen tepung singkong.
5. Meningkatkan produktifitas di bidang pertanian agar lebih mudah menjangkau produk bahan pangan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan Bahan Baku

Singkong (Manihot Utilisima) disebut juga ubi kayu atau ketela pohon (Najati,

Sri dan Danarti,1999). Mengenai asal tanaman singkong tersebut, ada beberapa ahli botani yang menyatakan bahwa tanaman singkong berasal dari amerika beriklim tropis. Namun, seorang ahli botani Rusia, Nikolai Ivanovick Vavilov, memastikan bahwa tanaman singkong tersebut berasal dari Brazil (Conceicac, A.J. dan C.V. Sampaio, 1993).

Singkong masuk ke Indonesia pada tahun 1852 melalui kebun raya Bogor, dan kemudian tersebar keseluruh wilayah nusantara pada saat Indonesia dilanda kekurangan pangan, yaitu sekitar tahun 1914-1918. Dengan demikian singkong menduduki posisi sebagai makanan pokok ketiga, setelah padi dan jagung (Najiati, Sri dan Danarti,1999).

2.2. Proses Pembuatan Tepung Singkong

Bahan utama yang dibutuhkan dalam pembuatan tepung singkong untuk perancangan ini adalah singkong varietas adira I yang memiliki kadar HCN 27,5 mg/kg. Maka, guna untuk menciptakan hasil yang efisien, sebaiknya memilih singkong yang masih segar karena jumlah patinya lebih banyak dibanding singkong yang sudah lama atau sudah tua.

Berikut proses pembuatan tepung singkong dalam perancangan ini :

1. Pengupasan Kulit Singkong

Daging singkong dipisahkan dari kulit dengan cara pengupasan. Selama proses pengupasan kulit singkong dilakukan sortasi bahan baku dengan pemilihan singkong yang bagus. Singkong yang jelek terlebih dahulu dipisahkan dan tidak diikutkan pada proses berikutnya

2. Pencucian

Dilakukan dengan cara meremas-remas

singkong didalam bak yang berisi air bersih, untuk memisahkan kotoran yang menempel pada daging singkong.

3. Pengirisan

Daging singkong yang sudah dibersihkan dengan air, selanjutnya diletakkan diatas talenan lalu dirajang atau diiris-iris tipis sekitar $\pm 1-2$ mm, sehingga pembuatan tepung dapat berlangsung dengan baik.

4. Perendaman

Setelah daging singkong diiris, selanjutnya di lakukan perendaman. Perendaman dilakukan dengan cara menempatkan singkong yang diiris pada sebuah talenan atau wadah kemudian merendamnya dengan air bersih. Perendaman dilakukan selama kurang lebih 2×24 jam, dengan catatan setiap dua belas jam disarankan untuk mengganti air perendaman guna untuk mencegah timbulnya bau tak sedap. Adapun perendaman atau fermentasi dilakukan untuk membuat singkong mudah rapuh dan lebih lembut.

5. Penjemuran

Singkong yang telah diiris kemudian dijemur dengan menggunakan sinar matahari dengan cara menjemur singkong pada suhu $\pm 25 - 30$ °C, dalam nampan atau widig yang diletakkan diatas rak-rak bambu selama 1-2 hari (tergantung dari cuaca). Tepung singkong yang dihasilkan sebaiknya mengandung kadar air $\pm 15-19$ % (Wargiono.J. Diane M. Barret. 1987).

6. Penggilingan

Setelah singkong sudah benar-benar kering, singkong akan mengalami perubahan cukup besar menjadi tepung singkong. Selanjutnya singkong dapat digiling melalui mesin penggiling dalam perencanaan ini. Setelah singkong sudah benar – benar berhasil

menjadi tepung singkong, sebaiknya penyimpanan tepung singkong terhindar dari tempat yang basah karena mudah berjamur.

METODE PELAKSANAAN

3.1 Perhitungan Dan Perancangan Komponen Utama Mesin

3.1.1 Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin adalah berat singkong yang digiling menjadi tepung singkong dalam per satuan waktu. Jadi untuk menghitung kapasitas mesin, singkong digiling dan menghasilkan tepung singkong dalam tiap menit, dari hasil percobaan dapat diuraikan sebagai berikut:

Dari besar kapasitas yang direncanakan yaitu 50 kg/jam,

Maka :

$$= \frac{50 \text{ kg}}{60 \text{ menit}}$$

$$= 0,83 \text{ kg/menit}$$

$$= 50 \text{ kg/ jam atau (0,05 ton/jam)}$$

Maka dalam 1 menit singkong yang digiling = 0,83 kg / menit.

3.1.2 Perhitungan daya motor penggerak yang di butuhkan untuk menggerakkan perangkat mesin.

Untuk menggerakkan seluruh perangkat mesin pembuat tepung singkong, maka perlu diketahui daya motor penggerak yang dibutuhkan agar mampu menggerakkan seluruh komponen/alat tersebut. Untuk menggerakkan daya motor digunakan rumus :

$$P_1 = I \cdot \alpha \cdot \omega \dots \dots \dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, hal 14})$$

Dimana :

P_1 = Daya motor penggerak yang di butuhkan untuk perangkat mesin (*watt*)

I = Momen inersia (*kg. m²*)

α = Percepatan sudut (*rad/s²*)

ω = Kecepatan sudut (*rad/s*)

3.2 Perhitungan poros

Pada perancangan ini, bahan poros yang digunakan adalah poros yang terbuat dari bahan baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501) yaitu S45 C - D dengan kekuatan tarik 60 kg/mm².

a. Menentukan tegangan geser izin (*r_a*) bahan poros :

$$r_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \dots \dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 8})$$

Dimana:

r_a = Tegangan geser izin poros (kg/mm²)

σ_B = Kekuatan tarik poros (kg/mm²)

Sf_1 = Faktor keamanan massa material

Sf_2 = Faktor keamanan poros

b. Menentukan momen puntir dan torsi yang terjadi berdasarkan torsi yang terjadi (τ) pada poros adalah:

Torsi yang terjadi (*T*) pada poros :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n_1} \dots \dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 7})$$

Dimana:

T = Torsi (*kg. mm*)

P_d = Daya rencana motor

n_1 = Putaran motor

c. Menentukan diameter poros yang di izinkan.

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} \dots\dots\dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, hal 8})$$

Dimana:

- d_s = Diameter poros (mm)
- T_a = Tegangan geser izin (kg/mm²)
- K_t = Faktor koreksi untuk momen puntir
 - = 1,0 (jika beban halus)
 - = 1,0 - 1,5 (Jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan)
 - = 1,5 - 3,0 (Jika beban dikenakan dengan kejutan)
- C_b = Faktor koreksi akibat lenturan
- T = Torsi (kg.mm)

d. Menentukan sudut puntir yang terjadi dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\theta = 548 \times \frac{T \cdot L}{G \times d^4} \dots\dots\dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 18})$$

Dimana :

- θ = Sudut defleksi (kg. mm) T = Torsi = (kg. mm)
- L = Panjang poros (mm)
- G = Modulus geser untuk baja = $8,3 \times 10^3$ kg/mm²
- d_s = Diamater poros (mm)

e. Menentukan tegangan geser yang terjadi (τ_{ka}) pada poros:

$$r_{ka} = \frac{5,1 \times T}{d_s^3} \dots\dots\dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 7})$$

Dimana :

- r_{ka} = Tegangan geser yang terjadi (kg/mm²)
- T = Torsi (kg/mm²)
- d_s = Diamater poros (mm)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Bahan, Ukuran dan Kekuatan Pasak

• Bahan Pasak

Bahan pasak ditentukan dari baja karbon konstuksi mesin S30 C dengan tegangan tarik = 60 kg/mm².

• Gaya Tangensial Pasak

Untuk menentukan gaya tangensial yang bekerja pada permukaan pasak :

$$F = \frac{T}{d_s / 2} \text{ (kg)} \dots\dots (\text{Elemen Mesin Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 25})$$

Dimana :

- T = Torsi yang dipindahkan (kg.mm)
- d_s = Diameter poros (mm)

a. Tegangan geser yang timbul

$$r_{ka} = \frac{\sigma_t}{sfk_1 \times sfk_2} \dots\dots (\text{Elemen mesin, Sularso, Kiyakatsu Suga, Hal 25})$$

Dimana :

- r_{ka} = Tegangan geser izin (kg/mm²)
- σ_t = Kek uatan tarik bahan pasak kg/mm²
- sfk_1 = Faktor keamanan material
- sfk_2 = Faktor keamanan poros alur pasak

b. Menentukan panjang pasak

$$l \geq \frac{F}{b \times r_{ka}}$$

Dimana :

- r_{ka} = Tegangan geser izin (kg/mm²)
- L = Panjang pasak (mm)
- F = Gaya tangensial pasak (kg)
- b = Lebar pasak (mm)

4.2 Menentukan Bahan dan Ukuran Puli

a. Bahan Puli

Puli digunakan untuk memindahkan daya dari suatu poros ke poros yang lain dengan alat bantu sabuk. Diameter luar puli digunakan untuk alur sabuk dan diameter dalam puli digunakan untuk penampang poros. Puli yang

digunakan adalah puli tipe-V dari bahan besi cor, dipilihnya jenis bahan ini dikarenakan harga yang mudah di jangkau dan mudah di dapat di pasaran.

b. Ukuran Puli

Pada mesin pembuat tepung singkong ini, puli yang digunakan sebanyak dua buah, yaitu puli yang terpasang pada poros motor penggerak dengan ukuran 4 inchi dan puli yang terpasang pada poros penggerak sebesar 3 inchi, Sehingga :

$$D_p = \frac{d_p \times n_1}{n_2}$$

Dimana :

d_p = Diamater puli poros motor penggerak (inch)

D_p = Diamater puli poros (inch) penggiling (inch)

n_1 = Putaran pada poros penggerak (rpm)

n_2 = Putaran pada poros penggiling (rpm)

4.3 Menentukan Ukuran Sabuk

a. Kecepatan linear sabuk-V adalah :

$$V = \frac{\pi \times d_p \times n_1}{60 \times 1000} \dots \dots \dots \text{(Elemen mesin, Sularso, hal 166)}$$

b. Panjang keliling sabuk (L):

Panjang keliling sabuk dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut :

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \dots \dots \dots \text{(Elemen mesin Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 170)}$$

Dimana :

C = Jarak antara kedua sumbu poros puli di asumsikan $1,5 \rightarrow 2(D_p)$

d_p = Diameter puli penggerak (mm)

D_p = Diameter puli yang di gerakkan (mm)

c. Jarak sumbu poros :

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - (D_p - d_p)^2}}{8} \dots \dots \dots$$

... (Elemen mesin, sularso, Kiyokatsu Suga, hal 170)

Dimana :

C = Jarak antara kedua sumbu poros puli

d_p = Diameter puli penggerak (mm)

= Diameter puli yang di gerakkan (mm)

$b = 2L - \pi (D_p + d_p)$ (mm)

d. Rasio Tegangan Sabuk

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta$$

Dimana :

T_1 = Tegangan Tarik sisi kencang sabuk (kg)

T_2 = Tegangan sisi kendur sabuk (kg)

θ = Sudut kontak (radian)

μ = Koefisien gesek antara puli

Dengan sabuk (0,45 – 6) ... (Hanoto, Pengukuran Koefisien Gesek, 1982; hal 120)

4.4 Perhitungan Perencanaan Bantalan

• Menentukan beban ekivalen dinamis (P)

$P = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \dots \dots \dots$ (Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 135)

Dimana:

P = Beban ekivalen dinamis (kg)

X, Y = Suatu faktor kondisi bantalan

F_r = Gaya radial (kg)

F_a = Gaya aksial (kg)

• Faktor kecepatan (fn)

$fn = (33,3/n)^{1/3} \dots \dots \dots$ (Elemen mesin, Sularso, Kiyokatsu Suga, Hal 112)

• Faktor umur bantalan (fh)

$$fh = fn \frac{C}{P}$$

Dimana :

f_h = Faktor umur bantalan

f_n = Faktor kecepatan

P = Beban ekuivalen dinamis

C = Beban nominal dinamis spesifik

• **Umur nominal bantalan (f_h)**

$L_h = 500 f_h^3$ (Sularso, Elemen Mesin, Kiyokatsu Suga Hal.136) Dimana :

L_h = Umur nominal bantalan

f_h = Faktor umur bantalan

5. SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan perencanaan yang dilakukan, maka kesimpulannya sebagai berikut :

1. Spesifikasi Perencanaan

- Material yang digunakan : Singkong
- Kapasitas Mesin : 50 kg/ jam
- Sistem Transmisi : Sabuk dan Puli

2. Konstruksi Alat

- Daya Motor Bensin Penggerak Total :
= 1010,41 watt (1,38 HP)
- Daya Motor yang digunakan: =
1.837,5 watt (2,5 HP)
- Putaran Motor Penggerak : = 3600 rpm
- Putaran Poros Penggiling : = 4800 rpm

3. Sistem Transmisi

- Sistem Transmisi : = Sabuk dan Puli
- Ukuran Puli : 4" di poros penggerak dan 3" di poros yang gerakkan
- Panjang Sabuk – V : 686 mm (A 27)

4. Poros

- Diameter Poros : = 25 mm
- Panjang Poros : = 265 mm

5. Bantalan

- Bantalan yang digunakan No. bantalan 6005.
- Bantalan yang digunakan diameter dalam nya 25 mm.

2. DAFTAR PUSTAKA

Khurmi, R.S dan Gupta, J.K 1980. A Text Book of Machine Design. New Delhi Eurasia PublishingHouse (prt), Ltd.

Niemenn, G Budiman Anton, Dipi. Ing, Priambodo. 1994. Elemen Mesin Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Sitinjak. K, Dkk, 1995. Teknologi Pasca Panen. Medan: Universitas Sumatera Utara. Teknologi Tepat Guna. Menteri riset dan teknologi.

Shygley, Joseph E; 1986; Perencanaan Teknik Mesin jilid 1 & 2; Jakarta; Erlangga.

Sularso dan Suga, Kiyokatsu.1991 Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : Pradnya Paramita: Jakarta, 1994.