

PERANCANGAN MESIN PERONTOK PADI YANG PORTABLE DENGAN BIAYA TERJANGKAU

Oleh :
Resky Novianto *

This plan aims at (1) getting the transmission system that will be used by the machine; (2) getting the shaft size and material to be used in the machine; (3) getting the desired engine production capacity; (4) obtaining the size and frame materials that will be used for the machine; (5) getting the power requirement for the machine; (6) getting the threshing machine working drawings.

The threshing machine design process is carried out through the stage of planning and description of duties and functions, product concept plan (working drawings). Technical analysis includes analysis of power, torque occurring on the shaft, and frame construction. The paddy thresher is designed to use gasoline motor that is suitable to the purchasing power of SMEs (the price is estimated to be around 2 to 2.5 million rupiahs / unit).

This project produces a threshing machine with the dimension of 600 mm in length, 500 mm in width, and 1,150 mm in height. The threshing machine production capacity is 120 kg / hr. The engine is gasoline motor of 1 HP with rotation of 2400 rpm. The transmission system uses V-belt with drive shaft having the diameter of 22 mm and making use of the material St 60. The frame construction is made of 40x40x4 mm³ square profile, utilizing the material St 42. The casing material is eyser plate with the thickness of 0.8 mm. The estimated selling price of the threshing machine is Rp2,327,745.00.

Keywords: design, paddy thresher machine

*Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara tropis, dengan sektor pertanian merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki. Sebab itulah, negara Indonesia dinamakan negara agraris dengan hasil bumi yang melimpah. Pertanian di negara Indonesia sangatlah yang paling utama dalam memenuhi komoditas pangan dalam negeri, terutama beras yakni yang berasal dari hasil olahan padi.

Salah satu hal yang penting untuk dicermati adalah mengenai proses pengolahan padi di negara Indonesia terutama di pulau Jawa, yakni dalam proses perontokannya yang terkadang kurang maksimal karena berbagai masalah yang timbul dilapangan. Dalam pelaksanaannya, proses perontokan padi yang terjadi lapangan menimbulkan masalah yang berbeda-beda yakni seperti cara tradisional merontokkan padi dengan memukulkan batang padi pada sebilah bambu, kemudian merontokkan padi dengan menggunakan mesin perontok manual dengan daya penggerak berupa penggunaan perontok yang berputar dengan cara dikayuh, kemudian juga merontokkan padi dengan mesin perontok padi mekanik dengan daya penggerak berupa motor bensin ataupun diesel akan tetapi harganya yang mahal dan mesinnya yang memiliki bobot cukup berat sehingga mobilitasnya rendah jika dipakai untuk merontokkan padi ke daerah yang jangkauannya terpencil, seperti sawah yang konturnya bertangga atau terasering.

Letak wilayah perontokkan yang

jangkauannya luas, kontur tanah pada area sawah yang kadang tidak rata berundak – undak ataupun dibuat terasering, hingga mesin perontok padi yang harganya mahal serta bobotnya berat menjadi tidak efisien menjadi perhatian para petani untuk mempertimbangkan memilih suatu mesin perontok padi yang memang cocok untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul dilapangan tersebut.

Dari permasalahan tersebut, maka muncullah ide serta gagasan untuk membuat suatu mesin perontok padi yang efektif serta efisien dari segi harganya yang murah, mobilitas kerjanya yang tinggi, ukurannya serta bobot mesinnya yang minimalis dan ringan, hingga jenis daya penggerak serta kapasitas daya mesin penggerak yang efektif. Daya mesin penggerak yang direncanakan adalah penggunaan motor berbahan bakar dalam serta kapasitas mesin perontok padi yang dikehendaki adalah sebesar 120kg/jam

B. KAJIAN LITERATUR

Mesin perontok padi yang dibuat merupakan pengembangan dari ide serta gagasan yang muncul dari berbagai masalah yang timbul dilapangan yakni berdasarkan survei yang telah dilakukan diketahui fakta bahwa ternyata tidak semua kontur tanah pada area persawahan itu rata, tidak sedikit yang kontur tanahnya berundak ataupun dibuat terasering, kemudian harga jual mesin perontok padi mekanik berpengerak motor bensin ataupun motor listrik yang

telah ada padi dipasaran mahal yakni berkisar diatas 5 juta rupiah, kemudian bentuknya yang besar mengakibatkan bobot mesin yang berat sehingga mobilitasnya rendah sehingga tidak bisa untuk dibawa portable ke area persawahan yang kontur tanahnya tidak rata atau berundak seperti terasering.

Dari adanya beberapa fakta tersebut maka ide untuk membuat mesin perontok padi yang lebih ringan bobotnya serta portable yakni dapat menjangkau area yang sempit dan tengah persawahan yang kontur tanahnya tidak rata ataupun berundak seperti terasering, kapasitas lebih efektif dan efisien walaupun tidak terlalu besar, dan harga mesin perontok padi akan lebih murah sehingga petani mampu membelinya. Sehingga para petani kecil menengah tidak akan terbebani lagi dengan alat pengolahan padi yaitu berupa mesin perontok padi yang besar, berat, mahal, mobilitas rendah, dan tidak portable.

C. METODE PENELITIAN

Tuntutan Perancangan Mesin Perontok Padi

Berdasarkan uraian pertimbangan perencanaan dapat diuraikan menjadi tuntutan perencanaan. Tuntutan perencanaan mesin perontok padi sederhana terdiri dari:

1. Penentuan putaran poros perontok

Hal mendasar yang menjadi awal perancangan mesin perontok padi adalah mengetahui putaran poros perontok yang sesuai untuk meron-

tokkan batang padi agar hasil gabah yang diperoleh bagus. Putaran poros perontok yang dibutuhkan haruslah melalui beberapa percobaan agar diketahui seberapa besar putaran poros yang dibutuhkan.

Metode yang dilakukan untuk mengetahui besarnya putaran yang dihasilkan oleh poros perontok ketika dikenai beban pada saat proses perontokan berlangsung. Putaran poros perontok akan menjadi acuan kebutuhan putaran dari motor bensin. Penentuan putaran poros perontok terlebih dahulu diketahui agar dalam menentukan besar daya penggerak dapat sesuai kebutuhan.

2. Sistem Perontokkan

Perontokkan adalah proses pemisahan secara mekanis suatu bahan padatan sepanjang garis tertentu oleh alat rontok. Alat rontok digambarkan sebagai bilah bahan (*blade*) dengan suatu tepi yang tajam. Perontokkan menyebabkan suatu bahan mempunyai beberapa bentuk baru yang disebut potongan atau serpihan, yang lebih kecil dari bentuk aslinya. Proses perontokkan diawali dengan terjadinya persinggungan (*contact*) antara mata paku dengan bahan rontok. selanjutnya bahan rontok mengalami tekanan (*stress*) terutama di sekitar garis perontokkan. Pemisahan tak beraturan terjadi bila tekanan pada bahan melebihi kekuatan geser (*failure strength*) bahan tersebut.

3. Daya Mesin dan Tenaga Penggerak

Setelah gaya rontok padi diketahui maka selanjutnya bisa dihitung daya motor bensin yang dibutuhkan. Untuk menghitung daya mesin (P) terlebih dahulu dihitung torsi (T), yaitu:

$$T = F \times R \quad (\text{Robert L. Mott, 2009:81})$$

.....(1)

Keterangan:

F = gaya rontok padi (kg)

R = jari-jari lingkaran perontokkan, titik rontok terluar (m)

Setelah mengetahui besarnya torsi yang dihasilkan gaya rontok padi, selanjutnya bisa dihitung daya mesin.

Daya mesin (P) dihitung dengan :

$$P_d = T \cdot \omega \quad \Leftrightarrow \quad T = F \cdot R$$

.....(2)

Dimana :

F = gaya yang bekerja (N)

T = torsi (Nm)

R = jari-jari perontok

Tenaga penggerak pada mesin perontok padi adalah motor bensin. Motor bensin adalah suatu alat mekanik atau sumber tenaga yang mempunyai prinsip mengubah bahan bakar menjadi tenaga mekanik gerak putar. Motor bensin terdiri dari bagian yang diam (*stator*) dan bagian yang berputar (*rotor*). Secara umum motor bensin adalah suatu tenaga penggerak dinamo yang sistem penggerakannya berasal dari dinamo beserta pengapian busi di dalamnya.

4. Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari mesin yang sangat penting karena hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran, oleh karenanya poros memegang peranan utama dalam transmisi dalam sebuah mesin (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:1). Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam merancang sebuah poros yang mengalami beban lentur maupun puntir, yaitu:

a. Menghitung daya rencana

$$P_a = f_c P \quad (\text{kW})$$

(Sularso 1991:7).....(3)

Keterangan:

P_a = daya rencana (kW)

f_c = faktor koreksi

P = daya nominal (kW)

b. Menghitung momen yang terjadi pada poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

(Sularso, 1991:7)

.....(4)

Keterangan:

T = momen rencana (kg.mm)

n_1 = putaran poros (rpm)

c. Gaya tarik *V-belt* pada pembebanan poros

$$(T_1 - T_2) = \frac{T}{R}$$

(Daryanto, 2000:117)

.....(5)

T = torsi motor bensin (kg.mm)

R = jari-jari *pulley* pada poros (rpm)

d. Mencari tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_a = \sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2)$$

(Sularso, 1991:8)

.....(6)

Keterangan:

τ_a = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_B = kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf1, Sf2 = faktor keamanan

e. Menentukan diameter poros

$$d_s = \left\{ \left(\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right) \right\}^{1/3}$$

.....(7)

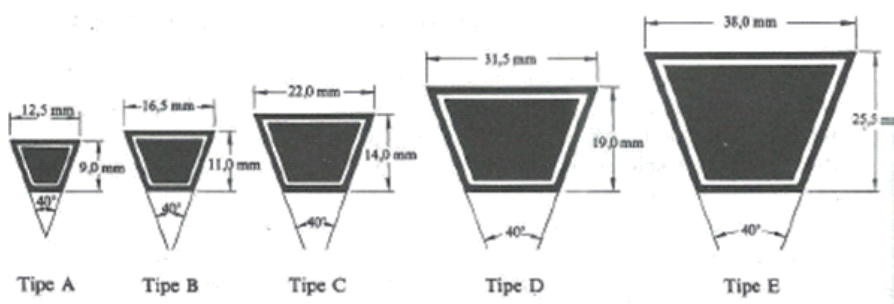
K_t = faktor koreksi tumbukan 2

K_b = faktor koreksi lenturan 2, harganya antara 1,2 – 2,3 jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka C_b diambil = 2,0. (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:8)

Faktor koreksi yang ditinjau dari keadaan momen puntir dinyatakan dengan K_t dengan harga 1,0 – 3,0. Faktor tersebut ditinjau apakah poros dikenai beban secara halus, sedikit kejutan/tumbukan, atau kejutan atau tumbukan yang besar. Faktor koreksi momen lentur mempunyai ketentuan yaitu untuk poros yang berputar dengan pembebanan momen lentur tetap, besarnya faktor K_m = 1,5. Poros dengan tumbukan ringan K_m terletak antara 1,5 dan 2,0, dan untuk beban dengan tumbukan berat K_m terletak antara 2 dan 3 (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004: 17).

5. Transmisi Sabuk-V (V-belt)

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan antara dua buah poros mengakibatkan tidak memungkinkannya menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. V-belt merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. V-belt adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya v-belt dibelitkan mengelilingi alur pulley yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit pada pulley akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991:163).



Gambar 2. Penampang V-Belt

V-belt banyak digunakan karena sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu *V-belt* juga memiliki keunggulan lain dimana *V-belt* akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, *V-belt* bekerja lebih halus dan tak bersuara. Berdasarkan penampang *V-belt* terdapat beberapa tipe seperti terlihat pada Gambar 5. Selain memiliki keunggulan dibandingkan

dengan transmisi-transmisi yang lain, *V-belt* juga memiliki kelemahan yaitu memungkinkan terjadinya slip. Faktor koreksi transmisi *V-belt* dapat dilihat pada Tabel 1.

Oleh karena itu, maka perencanaan *V-belt* perlu dilakukan untuk memperhitungkan jenis sabuk yang digunakan dan panjang sabuk yang akan digunakan. Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam perancangan *V-belt* antara lain :

Tabel 1. Faktor Koreksi Transmisi Sabuk-V

Mesin yang digerakkan		Pengerak					
		Momen puntir puncak > 200%			Momen puntir puncak > 200%		
		Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar bajing, sinkron), motor arus searah (lilitan shunt)			Motor arus bolak-balik (moment tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 Jam	16-24 jam
Variasi beban sangat kecil	Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan.	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variasi beban kecil	Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin pencetak.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, pilingan paku pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Variasi beban besar	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991:163)

a. Daya rencana (P_d)

$$P_d = f_c P \quad (\text{kW}) \quad (\text{Sularso, 1991:7})$$

.....(8)

Keterangan:

P = daya (kW)

P_d = daya rencana (kW)

b. Momen rencana (T_1, T_2)

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P_d}{n_1}\right)$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P_d}{n_2}\right)$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:7)

.....(9)

Keterangan:

T = momen puntir

P_d = daya rencana (kW)

n_1 = putaran poros penggerak (rpm)

n_2 = putaran poros yang digerakkan (rpm)

c. Diameter lingkaran jarak bagi puli (d_p, D_p)

$$\frac{n_1}{n_2} = i = \frac{D_p}{d_p} = \frac{1}{u} \cdot u = \frac{1}{i}$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:177)

..(10)

Maka $D_p = d_p \times i$

Keterangan:

d_p = diameter jarak bagi pulley kecil (mm)

D_p = diameter jarak bagi pulley besar (mm)

i = perbandingan putaran

d. Kecepatan *V-belt*

$$v = \frac{\pi d_p n_1}{60.1000}$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:166)

.....(11)

Keterangan:

V = kecepatan pulley (m/s)

d_p = diameter pulley kecil (mm)

n_1 = putaran pulley kecil (rpm)

e. Gaya Tangensial

$$P = \frac{F_e \cdot V}{102}$$

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:171)

.....(12)

Keterangan :

F_e = gaya tangensial *V-belt*

P = daya rencana

f. Panjang Keliling (L)

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

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:170)

..... (13)

Keterangan :

L = panjang keliling *V-belt*

C = jarak sumbu poros

d_p = diameter pulley kecil

D_p = diameter pulley besar

g. Sudut Kontak (θ)

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

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004:173)

....(14)

faktor koreksi ($k\theta$) = 0,99°

6. Rangka

Baja profil dapat dipakai untuk membuat konstruksi rangka dan tabung biasanya dalam bentuk profil I, U, L, persegi dan bundar (pipa) digunakan untuk konstruksi penumpu yang dikelilingi atau dilas. Baja profil termasuk klasifikasi baja karbon rendah dengan paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) sebesar 0,1% - 0,3 % sehingga mempunyai sifat mudah dapat ditempa dan liat.

7. Casing

Casing merupakan bagian dari mesin yang berfungsi sebagai pelindung komponen-komponen dari mesin itu sendiri. Selain itu *casing* biasanya digunakan sebagai sarana pelindung bagi pengguna mesin dari bahaya kecelakaan kerja dari bagian-bagian mesin yang berbahaya. *Casing* sering terbuat dari baja yang memiliki ketebalan yang tipis atau sering disebut dengan pelat baja. Plat baja terbagi menjadi tiga kategori, plat tebal (> 4,75 mm), plat sedang (3-4,75 mm) dan plat tipis (< 3 mm). Plat baja dapat digunakan sebagai bahan pembuatan casing dan lain-lain dengan pemilihan didasarkan pada permukaan dan ketebalan plat.

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Teknik

a. Rangka

Dimensi kerangka mesin dibuat dengan profil L, dengan ukuran 500 x 600 x 900 mm dan bahan yang digunakan St 42 (40 x 40 x 4 mm). Konstruksi rangka ini dibuat kokoh sehingga kuat menahan beban saat mesin bekerja.

b. Daya motor

Berdasarkan perhitungan analisis daya motor penggerak, digunakan motor bensin 1 HP/ 1 PK dipertimbangkan *lifetimenya* lebih lama.

c. Poros

Perencanaan poros menggunakan bahan St 60 dengan diameter 22mm, dengan mempertimbangkan tegangan puntir poros yang terjadi lebih kecil yaitu 0,4 N/mm² maka poros sudah memenuhi batas aman yang diijinkan, sehingga poros layak untuk digunakan.

2. Analisis Biaya

Hasil yang diperoleh pada analisis ekonomi yang ditunjukkan pada tabel 10 didapatkan taksiran harga mesin perontok padi adalah Rp 2.327.745,- dengan memperoleh laba Rp 521.990,-. Mesin ini pemasarannya luas karena dibutuhkan oleh kelompok tani ataupun petani perseorangan, sehingga mesin ini dibuat berdasarkan pesanan ataupun massal.

3. Kapasitas produksi mesin

Mesin mampu menghasilkan perontokkan padi 2 kg dalam 1 menit. Berikut perhitungan kapasitas mesin secara sistematis :

$$\begin{aligned} 1 \text{ menit} &= 2 \text{ kg} \\ 1 \text{ jam} &= 2 \text{ kg} \times 60 \\ &= 120 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Hasil dengan mesin perontok padi ini dirasa sangat efisien tenaga dan biaya, karena untuk mendapatkan 120 kg padi dirontokkan secara manual seseorang membutuhkan waktu lebih dari 6 jam dengan biaya besar, sedangkan menggunakan mesin hanya membutuhkan waktu 1jam dengan biaya bensin sekitar 2 liter (Rp 9000,-). Maka dengan mesin ini jauh lebih efisien dan juga murah.

4. Uji Kinerja

Setelah dilakukan proses perancangan dan proses pembuatan mesin perontok padi sederhana maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji kinerja. Setelah dilakukan uji kinerja dari mesin perontok padi dapat disimpulkan bahwa mesin belum dapat bekerja maksimal sesuai harapan. Namun secara keseluruhan, mesin perontok padi ini telah bekerja dengan cukup baik dan mampu memenuhi kapasitas target yang diharapkan. Uji kinerja ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin yang dibuat sesuai atau tidak dengan konsep yang dibuat.

Ada beberapa catatan yang diperoleh setelah uji kinerja, diantaranya yaitu:

- 1) Mesin mampu bekerja dengan baik saat proses perontokkan padi menjadi gabah.
- 2) Dalam proses perontokkan, apabila kecepatan memasukkan batang padi ke dalam mesin terlalu cepat maka hasil perontokkan menjadi gabah tidak terlalu bagus.
- 3) *Casing* yang dipasang menggunakan rivet mengeluarkan suara yang keras dan bergetar.
- 4) Poros perontok berputar sedikit oleng karena pengelasan pada poros tidak terlalu sempurna.

5. Kelemahan-kelemahan

Berdasarkan analisis konstruksi dan uji kinerja mesin perontok padi, kelemahan-kelemahan hasil perontokkan adalah sebagai berikut:

1. Strimin yang menjadi penyaring kotoran terkadang tidak lancar karena banyaknya kotoran yang menyumbat.
2. Mesin bergetar karena penggunaan motor bensin sebagai sumber daya motor.
3. Mesin sedikit bising karena semua *casing* hanya dirivet dan dibaut, hanya bagian tertentu saja yang dilas.

E. PENUTUP

Hasil perancangan mesin perontok padi adalah sebagai berikut :

- a. Sistem transmisi tunggal yang terdiri dari sepasang *pulley* berdiameter 75 mm untuk *pulley* motor bensin dan 200 mm untuk *pulley* yang digerakkan.
- b. Ukuran poros yang dibutuhkan adalah berbentuk silinder dengan 22 mm dan panjang 700 mm. Poros yang dipakai menggunakan bahan St 60.
- c. Kapasitas produksi mesin perontok padi setiap 1 jam merontokkan padi sebanyak ± 120 kg, mesin perontok dapat digunakan untuk merontokkan dalam waktu 10-12 jam/hari.
- d. Bahan rangka yang digunakan adalah Profil L dengan bahan St 42 berukuran 40 x 40 x 4 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 48,16 kg/mm²,
- e. Mesin perontok padi menggunakan daya motor bensin 1 HP atau 746 Watt.
- b. Gambar kerja modifikasi mesin perontok padi digunakan untuk proses pembuatan mesin yang terdapat dalam lampiran.

Saran

Proses penyempurnaan produk masih diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, usulan perbaikan rancangan mesin antara lain:

1. Dilihat dari segi transmisi, putaran output mesin sudah cukup baik sehingga hasil rontokkan bagus, tetapi perlu ditambahkan pelindung *casing* pada sistem transmisi sebagai pengaman.
2. Getaran pada *casing* masih terlalu besar sehingga harus diperlukan karet peredam.
3. Strimin didalam mesin sebagai penampung kotoran sebaiknya lebih rapat agar beberapa kotoran tidak terbawa keluar bersama gabah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Z. 1999. *Elemen Mesin 1*. Bandung: Refika Aditama.
- Ambiyar. 2008. *Teknik Pembentukan Pelat*. Jakarta: Depdiknas.
- Anonim "*Budidaya-padi-untuk-Indonesia*"
"http://sutanmuda.wordpress.com. (diakses tanggal 23 agustus 2012)
- Ansel C. Ugural. 2003. *Mechanical Design: An Integrated Approach*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Boediono. 1993. *Ekonomi Mikro*. Yogyakarta: BPFE UGM.
- Darmawan, H. 2000. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- G. Neimann. 1999. *Elemen Mesin Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Harahap, G. 2000. *Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1* (Shigley, J.E., dan Mitchell, L.D. Terjemahan) Jakarta: Erlangga.
- Juhana, Ohan, dan Suratman, M. 2000. *Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Khurmi, R. S., Gupta, J. K. 1982. *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Machfoedz, Mas'ud. (1990). *Akuntansi Manajemen*. Buku Satu. Edisi Keempat. Yogyakarta: BPFE.
- Mott, Robert L. 2004. *Machine Elements in Mechanical Design : Fourth Edition* New Jersey : Pearson Education.
- Partadiredja, A. 1996. *Pengantar Ekonomika*. Yogyakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Gadjah Mada. Cetakan ke-9.
- Rohyana, S. 1999. *Pengetahuan dan Pengolahan Bahan SMK Kelompok Teknologi Industri*. Bandung: Humaniora Utama Press (HUP).
- Saito, S., & Surdia, T. 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sato, T. G. 2000. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sularso dan Suga, Kiyokatsu, (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Tim Proyek Akhir. 2003. *Pedoman Proyek Akhir*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.