

DESAIN DAN ANALISIS KEBUTUHAN TENAGA

ALAT PEMARUT SAGU TIPE SELINDER

Darma¹, Sam Herodian², dan I Nengah Suastawa²

Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Program Pascasarjana IPB

Kampus IPB Darmaga PO Box 220, Bogor 16002

E-mail: samh @ ipb.ac.id

Abstract

Indonesia has the largest sago plantation in the world. More than 50 % of the total world sago tree are in Indonesia, especially in Irian Jaya and Maluku Province. Sago is a staple food for several native people in some parts of Indonesia. The major problems of traditional sago processing are lack of equipment. Most of the people in Irian Jaya where the largest sago plantation is still use a very inefficient and very labourish way to process sago starch. At some places peoples have already used sago rasper machine which has capacity and efficiency much more than traditional methods, but we have not known the optimum characteristics of sago rasper's teeth, the mechanisms of sago raspering and the formula to calculate or estimate the power to be needed.

The objectives of this research is to design and analysis of rasping power requirement of cylinder type sago rasper. The research features are to investigate the effect of diameter and pattern of rasping teeth arrangement on power requirement and rasping quality. The experiment consists of 3 factors: (a). Teeth diameter (b). Teeth pattern arrangement, and (c). Speed of cylinder rotation. The number of teeth contact instantaneously with input depend on time and teeth pattern arrangement.

The coefficient of kinetic friction between wood and sago pitch for force perpendicular to fibre and pararel one were respectively 0.4022 and 0.2603. The static rasping force per teeth for 1 mm and 2 mm diameter were 5.5240 N and 7.9240 N respectively.

Keywords: Design, , rasper, teeth, sago

I. PENDAHULUAN

Sagu (*Metroxilon sp.*) merupakan sumber karbohidrat penting di beberapa negara tropis seperti Filipina, Malaysia, kepulauan Pasifik, sebagian Amerika selatan dan termasuk di Indonesia, terutama Indonesia bagian timur. Selain digunakan sebagai makanan pokok (*staple food*), makanan tambahan (*complementary food*), dan makanan ternak, tepung sagu juga digunakan sebagai bahan baku industri pangan, farmasi, tekstil, pestisida dan lain-lain (Haryanto dan Pangloli, 1991; Ruddle et. al., 1978).

Pada umumnya pengambilan tepung sagu dilakukan secara tradisional di sentra-sentra penghasil sagu seperti di Irian jaya, Maluku, Sulawesi dan di Kalimantan pada dasarnya adalah sama. Pengambilan tepung dilakukan oleh setiap keluarga dan digunakan sebagai pangan sehari-hari. Proses pengolahan sagu secara tradisional ini pada prinsipnya meliputi: penebangan, pemotongan dan pembelahan, penghancuran empulur, pemerasan, penyaringan, pengendapan dan pengemasan. Tahapan yang paling banyak membutuhkan tenaga kerja adalah penghancuran empulur. Menurut

¹ Mahasiswa Pascasarjana, TEP-FATETA, IPB

² Staf Pengajar Pascasarjana, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, TEP Fateta, IPB

Haryanto dan Pangloli (1992), kapasitas kerja rata-rata 2 orang pekerja hanya dapat menokok 2.5 meter per hari. Sedangkan menurut Sadikin (1980), satu batang sagu jika dikerjakan oleh 2 orang dengan jam kerja 8 jam per hari baru akan selesai dalam waktu 1 minggu.

Tahapan yang paling banyak mengkonsumsi tenaga dan waktu dalam proses pengolahan sagu adalah penghancuran empulur batang. Secara tradisional, penghancuran jaringan empulur dilakukan dengan menggunakan tokok (*adze*) suatu alat sejenis palu yang prinsip kerjanya adalah mengkombinasikan gerakan mencacah (*pounding*) dan menggaru (*scrapping*) yang mengakibatkan jaringan terpotong-potong menjadi ukuran kecil sehingga partikel pati yang ada terlepas (Rudle et al, 1978). Penghancuran empulur dapat pula dilakukan dengan pamarutan sebagaimana telah banyak dilakukan di beberapa daerah tertentu.

Sebenarnya di beberapa daerah seperti di Bogor, Sukabumi, Riau, Sulawesi dan daerah-daerah lainnya telah lama dikenal alat parut sagu baik semi mekanis maupun mekanis. Pada umumnya, alat parut sagu yang ada dimasyarakat dibuat sendiri oleh si pemakai dan secara fungsional telah berfungsi dengan cukup baik, namun seringkali sumber tenaga penggerak yang digunakan jauh melebihi kebutuhan tenaga yang diperlukan. Analisis teknik alat pamarut sagu perlu dilakukan agar alat parut yang dibuat mempunyai efisiensi yang tinggi dan kualitas hasil parutan juga tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan tenaga alat parut sagu tipe selinder untuk keperluan perancangan mesin parut yang efektif dan efisien. Fokus utama percobaan ini adalah mengkaji pengaruh diameter, dan pola susunan gigi parut, serta kecepatan putar selinder parut terhadap kualitas hasil parutan dan kebutuhan tenaga yang diperlukan.

Dari hasil percobaan ini diharapkan akan diperoleh karakteristik gigi parut yang memberikan hasil parutan optimum dan kebutuhan tenaga untuk pamarutan dapat diduga.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Analisis Teknik

1. Analisis Gaya pada selinder parut

Pemotongan merupakan proses yang dinamis. Dengan menggunakan mata potong "multiple" yang disusun pada selinder yang dalam pengoperasiannya berputar pada porosnya, resultan gaya total yang ditimbulkan oleh mata potong (gigi parut) secara umum dapat diuraikan sebagai gaya tangensial, gaya radial dan gaya axial. Gaya tangensial membuat moment terhadap pemotongan. Momen ini ditimbulkan oleh torsi yang bersumber dari tenaga penggerak. Jadi kebutuhan tenaga penggerak dan gaya yang dibutuhkan diperhitungkan berdasarkan gaya tangensial.

Metode pemotongan yang dilakukan pada proses pemotongan lazimnya ada dua cara yaitu: (a). Pemotongan lurus dimana mata potong bergerak ke bahan yang dipotong dengan arah normal (*orthogonal cutting*), dan (b). Pemotongan miring (*oblique cutting*) dimana mata pisau bergerak ke bahan yang dipotong dengan sudut tertentu. Susunan mata potong (gigi parut) pada selinder parut secara individu pada dasarnya melakukan pemotongan lurus.

Analisis gaya yang bekerja pada selinder parut dilakukan dengan cara pendekatan analisis gaya pada roda gigi spur (*spurr gear*).

Besarnya beban yang dapat dipindahkan (*transmitted force*) dihitung dalam gaya arah tangensial. Dengan mengasumsikan bahwa gigi parut pada selinder parut melakukan pemotongan lurus, maka gaya yang bekerja pada selinder parut hanya gaya dalam arah tangensial.

Besarnya gaya tangensial pada selinder yang berputar (Mabie dan Ockvirc, 1975) adalah:

$$F_t = \frac{P}{V} = \frac{P}{2 \pi R \left(\frac{RPM}{60} \right)} \quad (1)$$

Dengan menggunakan selinder parut berjari-jari 6 cm (0.06 m) dengan kecepatan putar 1200 putaran per menit (20 putaran per detik) dan sumber tenaga yang digunakan berupa motor listrik 1/3 HP (248.67 Watt), maka besarnya gaya tangensial adalah :

$$F_t = \frac{248.67}{2 \pi (0.06) 20} = 32.98 \text{ Newton}$$

Ini berarti selinder parut dapat mentransmisikan gaya maksimum sebesar 32.98 Newton pada kecepatan putar 1200 rpm.

2. Analisis Kebutuhan Tenaga pamarutan

Kebutuhan tenaga untuk pamarutan empulur sagu tergantung pada: koefisien gesek kinetik antara permukaan selinder parut dan permukaan empulur sagu yang diparut, kebutuhan gaya untuk pamarutan per satu gigi, kecepatan putar selinder parut, jari-jari selinder parut, dan jumlah gigi parut yang bersentuhan setiap saat. Koefisien gesek kinetik (μ_k) antara permukaan selinder dan empulur sagu didekati melalui pengukuran koefisien gesek *Quasi statik*. Besarnya koefisien gesek kinetik kira-kira 25 persen lebih kecil dari koefisien gesek statik (Giancoli, 1992; Edwards and McKee, 1991). Dari hasil pengukuran diperoleh koefisien gesek quasi statik (μ_s) antara empulur sagu dan bahan yang digunakan sbagai selinder parut adalah 0.5362 atau (μ_k) = 0.4022.

Secara matematik, besarnya tenaga untuk pamarutan dapat dirumuskan sebagai:

$$TP = \mu_k (F) 2\pi Rn \quad (2)$$

Besarnya gaya untuk pamarutan (F) terdiri dari gaya normal yang bersumber dari gaya untuk mendorong bahan yang diparut, dan gaya untuk pamarutan per gigi. Gaya untuk pamarutan setiap saat dapat dirumuskan sebagai:

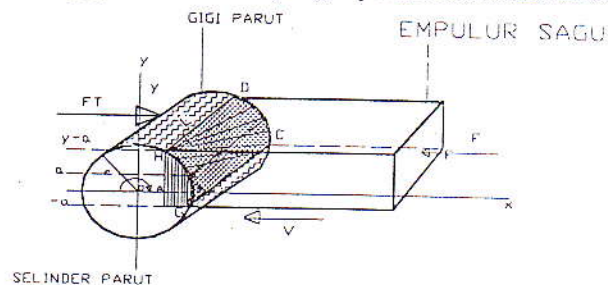
$$F = N + f(t) \quad (3)$$

Dengan demikian persamaan "2" dapat dituliskan menjadi:

$$TP = \mu_k (N + f) 2\pi Rn \quad (4)$$

Jumlah gigi yang bersentuhan setiap saat tergantung pada waktu dan pola susunan gigi gerigi pada selinder parut serta luas bidang kontak setiap saat.

Luas bidang kontak setiap saat antara permukaan bahan dan permukaan selinder tergantung pada bentuk bahan yang diparut dan jari-jari selinder. Pada gambar 2. diperlihatkan mekanisme pamarutan empulur sagu dengan menggunakan bahan yang diparut berbentuk balok.



Gambar 1. Mekanisme pamarutan empulur sagu berbentuk balok

Pada awalnya, yaitu dari titik "A" ke "B", terjadi perubahan bidang kontak antara permukaan selinder dan bahan yang diparut lalu kemudian konstan setelah mencapai busur CD atau busur GH.

Luas bidang kontak setiap saat dari titik start (mulai dilakukan pamarutan) sampai mencapai busur GK diperoleh dengan menggunakan persamaan (5):

$$L = l \left[R \sin^{-1} \left(\frac{a}{R} \right) - R \sin^{-1} \left(\frac{-a}{R} \right) \right] \quad (5)$$

Setelah mencapai busur GK dan seterusnya, besarnya luas bidang kontak setiap saat adalah:

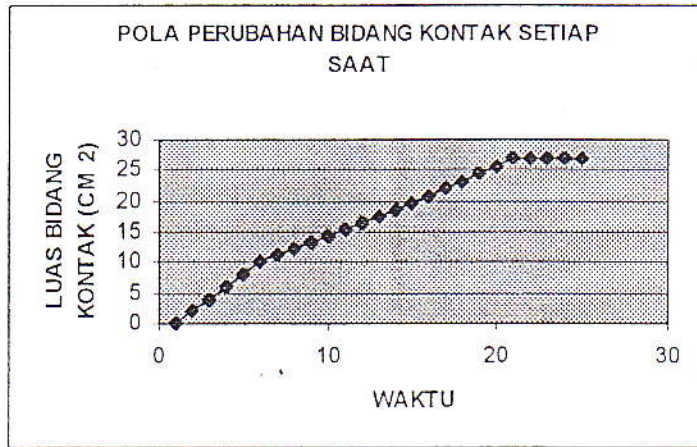
$$L = l \left[R \sin^{-1} \left(\frac{y-a}{R} \right) - R \sin^{-1} \left(\frac{-a}{R} \right) \right] \quad (6)$$

Dengan menggunakan bahan empulur sagu yang akan diparut berukuran 5 cm x 5 cm dan jari-jari selinder 6 cm, dan landasan tempat pemasukan bahan adalah 1 cm di bawah poros selinder

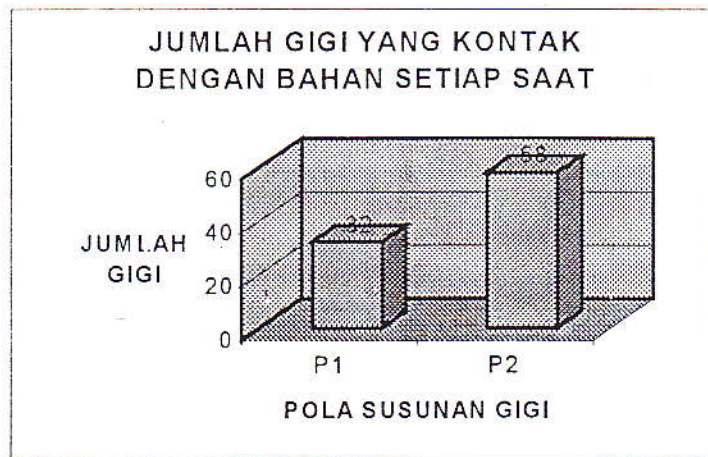
($y-a = 4$); maka luas bidang kontak setelah mencapai busur CD dan seterusnya adalah: dengan menggunakan persamaan "6" diperoleh: $L = 26.8343 \text{ cm}^2$

Dengan mengetahui luas bidang kontak setiap saat maka jumlah gigi yang kontak dengan bahan dapat diketahui. Pada gambar 2. Ditampilkan grafik pola perubahan luas bidang kontak setiap saat, dan pada gambar 3. ditampilkan grafik jumlah gigi yang kontak setiap saat.

Gambar 3. Grafik Pola perubahan luas bidang kontak setiap saat



Gambar 2. Grafik Pola perubahan luas bidang kontak setiap saat



Gambar 3. Jumlah gigi yang kontak dengan bahan setiap saat setelah mencapai luas Bidang kontak konstant (setelah mencapai busur CD)

2.2. Bahan dan Metode Percobaan

1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah empulur sagu dengan kadar air 51.7 % ($B_j = 0.731 \text{ g/cm}^3$). Bahan dibuat berbentuk balok berukuran $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}$ dan permukaannya diampelas sehalus mungkin agar kontak antara permukaan papan dan empulur sagu sesempurna mungkin, paku berdiameter 1 mm dan 2mm, serta papan. Peralatan yang digunakan adalah sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 4.

2. Perlakuan

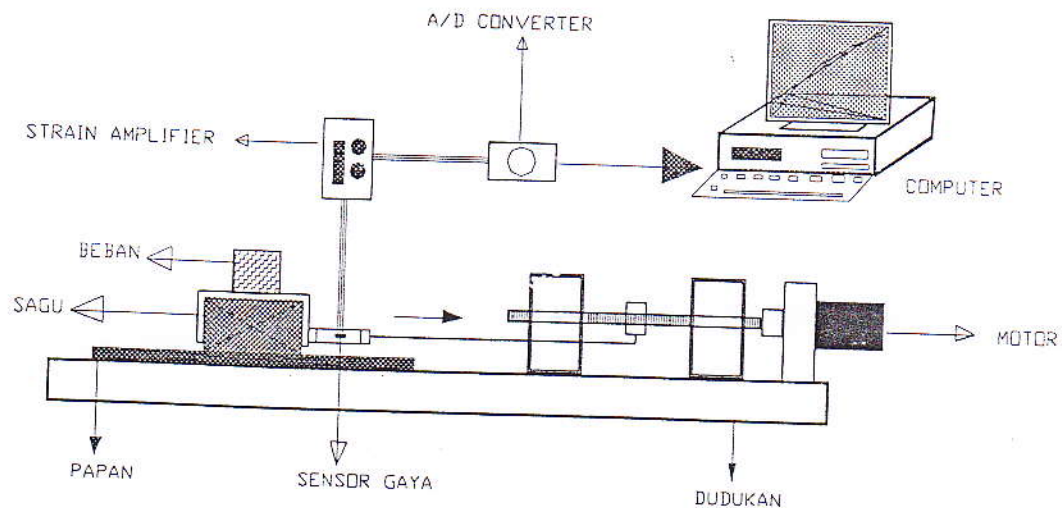
Percobaan ini terdiri dari 3 faktor yaitu: (1). Diameter gigi parut, terdiri dari 2 ukuran yaitu 1mm, dan 2mm, (2). Pola susunan dan kerapatan kerapatan gigi parut, terdiri dari 2 level yaitu :

a). Segi tiga tidak sama kaki dengan panjang sisi 1 cm x 1.28 cm x 1.02 cm , dan b). Segi tiga tidak sama kaki dengan panjang sisi 1 cm x 0.94 cm x 0.5 cm . (3). Kecepatan putar selinder , terdiri dari 2 kecepatan yaitu : 600 rpm, dan 1200 rpm . Dengan demikian terdapat 8 kombinasi perlakuan.

2. 3. Pelaksanaan Percobaan

1. Penentuan koefisien gesek antara permukaan selinder parut dan empulur sagu dan pengukuran kebutuhan gaya pamarutan per gigi

Koefisien gesek kinetik (α_k) antara permukaan selinder parut dengan permukaan bahan yang diparut (empulur batang sagu), dan kebutuhan gaya pamarutan per gigi ditentukan dengan menggunakan alat /instrument penentuan koefisien gesek hasil rancangan Suastawa dan Radite (1998) seperti pada gambar 5. Sebelum dilakukan pengukuran koefisien gesek maupun pengukuran gaya pamarutan per gigi, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi *strain* dan voltase keluaran dari *ring transducer* yang digunakan sebagai sesesor gaya



Gambar 4. Apparatus Percobaan Penentuan koefisien gesek dan gaya pamarutan per gigi (Suastawa dan Radite, 1998).

2. Pembuatan model alat

Rangka terbuat dari besi siku berukuran 5 cm x 5 cm x 0.3 cm. Dimensi rangka adalah panjang 45 cm, lebar 35cm dan tinggi 40 cm. Penyambungan rangka dilakukan dengan menggunakan pengelasan, mur dan baut. Selinder terbuat dari kayu yang tidak mudah pecah berdiameter 12 cm dan panjang 10 cm. Pada permukaan selinder dipasang gigi gerigi sesuai dengan perlakuan. Gigi gerigi terbuat dari paku berdiameter 1 mm dan 2 mm dengan ketinggian dari permukaan 1 mm. Pada poros selinder dipasang *strain gages* dan *slip ring* untuk mengukur tenaga putar (*torqi*) yang terjadi pada saat pengoprasian. Sebagai sumber tenaga penggerak digunakan motor listrik 1/3 HP. Penyusunan bahan aktif memarut.

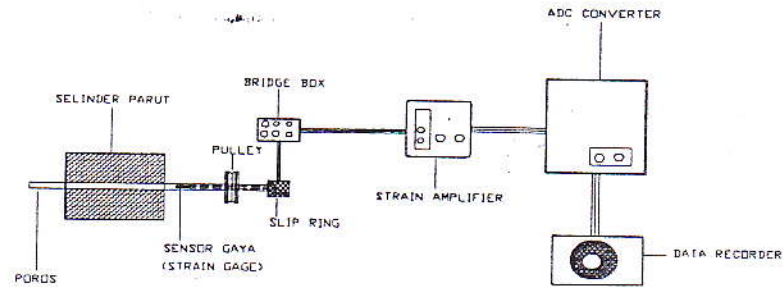
2.4. Pengukuran Dan Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan terhadap:

1. Penentuan koefisien gesek kinetik (α_k) dan gaya pamarutan per gigi
2. Perhitungan rendemen.

$$Rd = \frac{Bp(kg)}{Kp(kg)} \times 100\%$$

3 Kebutuhan gaya pamarutan.



Gambar 5. Bagan alir pengukuran gaya pamarutan pada model alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Koefisien Gesek

Tabel 1. Koefisien gesek statik antara empulur sagu dan papan

| Arah Gesekan | Tegangan normal (N) | Tegangan gesek max. (N) | μ_s |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| Tegak lurus serat | 36.0042 | 18.7725 | 0.5214 |
| | 67.0996 | 38.7995 | 0.5782 |
| | 98.0186 | 49.8890 | 0.5090 |
| Rata-rata | | | 0.5362 |
| Searah Serat | 36.4119 | 11.5174 | 0.3163 |
| | 67.5073 | 23.3779 | 0.3463 |
| | 98.4263 | 37.2573 | 0.3782 |
| Rata-rata | | | 0.3470 |

Koefisien gesek diperoleh dengan menggunakan persamaan : $\mu = \tau_{max}/\sigma$. Nilai tegangan gesek maksimum ditentukan dari data hubungan antara tegangan gesek dan perpindahan relatif ketika diberikan tegangan normal tertentu. Koefisien gesek kinetik diperoleh dengan persamaan: $\alpha_k = \mu_s - (0.25\mu_s)$. Dengan demikian diperoleh $\alpha_k = 0.4022$ untuk arah gesekan tegak lurus serat, dan 0.2603 untuk gesekan searah serat.

3.2. Gaya Pamarutan per Gigi

Tabel 2. menunjukkan gaya pamarutan quasi statik per gigi .

| Diameter Gigi Parut | Gaya Pamarutan Searah serat (N) | Gaya Pamarutan Tegak lurus serat (N) |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1 mm | 3.37 | 5.5240 |
| 2 mm | 5.6742 | 7.9240 |

Gaya pamarutan statik diperoleh dengan menggunakan persamaan: $f = \tau_{max}$ dengan gigi - τ_{max} tanpa gigi. Dengan demikian persamaan (4) dapat ditulis sebagai:

$$TP = 0.4022 (N + 7.924 t) 2\pi Rn, \text{ untuk gigi parut 2 mm dan arah parutan tegak lurus serat} \quad (7)$$

$$TP = 0.4022 (N + 5.524 t) 2\pi Rn, \text{ untuk gigi parut 1 mm dan arah parutan tegak lurus serat.} \quad (8)$$

$$TP = 0.2603 (N + 3.37 t) 2\pi Rn, \text{ untuk gigi parut 1 mm dan arah parutan searah serat.} \quad (9)$$

$$TP = 0.2603 (N + 5.6742 t) 2\pi Rn, \text{ untuk gigi parut 2 mm dan arah parutan searah serat.} \quad (10)$$

Persamaan “(6)” sampai Persamaan “(10)” adalah untuk pamarutan statis; Namun karena pamarutan merupakan proses yang dinamis maka penentuan gaya untuk pamarutan dinamis akan ditentukan dengan menggunakan apparatus percobaan seperti pada gambar 5.

Daftar simbol:

| | |
|----------------|---|
| Bp | : Berat potongan empulur sago sebelum diparut (kg) |
| F | : Gaya untuk pamarutan setiap saat (Newton) |
| F | : Gaya untuk pamarutan per gigi (Newton) |
| F _t | : Transmitted force (Newton) |
| Kp | : Berat pati sago kering hasil parutan (kg) |
| L | : Luas bidang kontak setiap saat (cm ²) |
| n | : Jumlah putaran per menit (RPM) |
| N | : Gaya untuk mendorong bahan ke selinder parut (Newton) |
| P | : Daya (Watt) |
| R | : Jari-jari selinder (m) |
| R _d | : Rendemen (%) |
| T _p | : Tenaga untuk pamarutan (Watt) |
| t | : Jumlah gigi yang kontak dengan bahan setiap saat |
| (μ_k) | : Koefisien gesek kinetik |
| V | : Kecepatan translasional (m/detik) |
| τ_{max} | : Tegangan gesek maksimum (N) |
| σ | : Tegangan normal (N) |

IV. DAFTAR PUSTAKA

- Daly, J.W. and K.G. McConnel. 1993. *Instrumentation For Engineering Measurements*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Edward, K. S. and Mckce. 1991. *Fundamental of Mechanical Componen Design*. McGraw-Hill inc. New York.
- Flach, M. 1983. *The Sago Palm, Domestication and Product*. FAO. Rome.
- Haryanto, B dan P. Pangloli. 1992. *Potensi Dan Pemanfaatan Sagu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Henderson, S.M. and R. L. Perry. 1975. *Agricultural Process Engineering*. Avi Publishing Co. Inc. Westport- Connecticut.
- Mabie, H.H. and F. W. Ocvirk. 1975. *Mechanisms and Dynamics of Machinery*. John Wiley and Sons. New York.
- Ruddle, K., D. Johnson, P.K. Townsend, and J. D. Rees. 1978. *Palm Sago A Tropical Starch From Marginal Lands*. The University Press of Hawaii. Honolulu.
- Sadikin, L. M. 1980. *Mempelajari Pengambilan Tepung Sagu (Metroxilon sp) Dengan Alat Pamarut dan Penyaring Sederhana di Kabupaten Kendari Sulawesi Tenggara*. Skripsi IPB. Bogor.
- Schuling, D., J. F. Schoon, dan M. Flach. 1993. *Exploitation and Natural Variability of the Sago Palm (Metroxilon Sago Rottb.)*. Wageningen Agricultural University. Netherlands.

- Srivastava, A. K., C. E. Goering, P. Rohrbach. 1993. *Engineering Principles of Agricultural Machines*. American Society Of Agricultural Engineers. USA.
- Suhardiyanto, H. 1981. *Disain dan Uji Teknis Alat Pamarut dan Penyaring Sagu dengan Tenaga Penggerak Motor Diesel*. Skripsi IPB. Bogor.
- Suastawa, I.N. dan R.P.A. Setiawan. 1998. *Rancangan Alat Percobaan untuk Menentukan Koefisien Gesek Biji Kacang-kacangan dengan Berbagai permukaan Material*. Institut Pertanian Bogor. IPB, Bogor.