

**MEMPELAJARI KONSUMSI ENERGI UNTUK PRODUKSI  
KECAP DI PABRIK KECAP ZEBRA CIAMPEA, BOGOR**  
*Study on Energy Consumption For Soybean-Sauce Production  
'Pabrik Kecap Zebra' Ciampea, Bogor*

Sonhaji<sup>1</sup> and Armansyah H. Tambunan<sup>2</sup>

X

**ABSTRACT**

*Energy is an Important factor for the success of industrialization, and energy consumption of an industry, especially the small and medium industry, should be optimized based on the energy efficiency system.*

*The objective of this research is to analyse the energy consumption for soybean sauce production at 'Pabrik Kecap Zebra', Ciampea Bogor, and to evaluate the efficiency of stoves used at the industry.*

*This research was limited to the analysis on the consumption of electric power, kerosene and human energy. The electric energy used at the industry was 10.16 kJ/litres soybean sauce (0.0002 SLM/litres), or 0.19% from total required energy, whereas the human energy used was 37.64 kJ/litres-soybean sauce (0.001 SLM/litres), or 0.69% from total required energy. The most required energy in soybean sauce production was kerosene (5402.25 kJ/litres-soybean sauce or 0.1482 SLM/litres or 99.12% from total required energy). Energy required for production of 1 litre soybean sauce, based on the energy flow analysis was 5450.05 kJ/litres (Rp. 60.00/ kJ/litres-soybean sauce).*

*Calculation of the stove efficiency shows that the highest energy losses occurred at the 1<sup>st</sup> stove, i.e: 119.14 kJ/litres-soybean sauce with the stove efficiency was 57.79%, and followed by 2<sup>nd</sup> stove (90.70 kJ/litres-soybean sauce) with efficiency 67.86%. The total energy losses from the stove was 409.31 kJ/litres and the overall efficiency 63.81%.*

Keywords: Energy consumption, soybean sauce energy flow, stove efficiency

**PENDAHULUAN**

**A. Latar belakang**

Energi merupakan unsur penting dalam proses industrialisasi, termasuk pengembangan industri pengolahan pangan. Menurut GBHN 1993,

pembangunan energi harus di arahkan untuk menjamin kemandirian dalam negeri, dan untuk itu perlu ditingkatkan upaya untuk mengembangkan dan memelihara cadangan sumber energi dan menghemat pemakaiannya, serta lebih mengembangkan penggunaan sumber energi yang

<sup>1</sup> Alumnus Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB

<sup>2</sup> Staf pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB

terbarukan. Untuk itu, optimalisasi penggunaan energi pada industri perlu diupayakan dalam rangka penghematan energi.

Penggunaan energi listrik oleh industri kecap di Indonesia cukup tinggi; yaitu pada tahun 1995 sebesar 1,2 GWh (dibangkitkan sendiri), dan 6,7 GWh (dibeli dari PLN dengan harga Rp. 1,29 milyar) (BPS, 1995)

Salah satu cara untuk menentukan kebijakan perencanaan pengelolaan energi adalah analisis energi. Dalam analisis ini dihitung nilai energi yang digunakan dalam tiap tahap didalam suatu sistem secara keseluruhan untuk mendapatkan gambaran pemakaian energi per kg *output* (Kamaruddin et. al, 1991).

Peningkatan efektifitas energi dan nilai tambah yang tinggi pada industri pangan, khususnya pabrik kecap, dapat dilakukan melalui pendekatan beberapa parameter energi pada proses produksi. Hal ini dapat memberikan gambaran yang logis dan merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisa, dan mensimulasi suatu masalah untuk mencapai tujuan.

**B. Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kebutuhan energi untuk produksi kecap di industri kecap Zebra, Ciampea-Bogor dan menghitung efisiensi tungku yang digunakan di industri tersebut.

**PENDEKATAN TEORITIS**

**A. Pendekatan Masalah**

Batasan sistem yang dianalisa adalah mulai dari penerimaan kedelai

hitam sampai pada tahap pengemasan kecap.

Metode analisa energi yang dipakai adalah jenis analisa proses dengan menghitung energi pada setiap tahapan yang dilakukan untuk memperoleh produk akhir. Penjumlahan asupan energi pada setiap tahapan merupakan total kebutuhan energi untuk menghasilkan produk tersebut.

**B. Penggunaan Energi**

1. Energi Listrik

Perhitungan energi listrik menggunakan persamaan:

$$EL = P t n \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- EL = Energi listrik (kJ)
- P = Daya listrik (W)
- t = Waktu proses (detik)
- n = faktor konversi 1 kJ/0.24 kKal

2. Tenaga Manusia

Perhitungan energi manusia menggunakan persamaan:

$$E_m = \frac{3600P_m}{M} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- Em : Energi manusia yang keluar (kJ/kg)
- Pm : Pengeluaran tenaga manusia (kW)
- M : Massa manusia (kg)
- Tenaga manusia (Pm) hasil kalibrasi dihitung dengan persamaan:

$$P_t = Wg \frac{0.3}{t} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

- Pt = Tenaga kalibrasi (Watt)
- W = Berat badan pekerja (kg)

t = Selang tiap langkah (detik)  
0,3 = Tinggi kotak kayu (m)

3. Energi Bahan Bakar Minyak  
Energi bahan bakar minyak dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E_{mn} = V \rho c \quad (4)$$

dimana:

$E_{mn}$  : Energi minyak tanah (kJ)  
V : Vol. minyak tanah ( $m^3$ )  
 $\rho$  : Kerapatan jenis m. tanah (=790.0 kg/ $m^3$ ; Porgres, 1975)  
c : Nilai panas minyak tanah (kJ/kg)

### C. Kehilangan Energi Panas Dari Tungku

Alat pemasakan yang digunakan adalah tungku yang terbuat dari batu bata api dan dilapisi semen.

1. Kehilangan Energi Melalui Konduksi pada Dinding Tungku  
Konduksi panas yang terjadi pada dinding, lantai dan cerobong tungku adalah (Ede, 1967):

$$Q_{kond} = \frac{kA}{x} (T_{p1} - T_{p2}) \quad (5)$$

dimana:

$Q_{kond}$  : Energi konduksi (Watt)  
k : Koef. konduktivitas panas bata api (=0.69 W/mK; (Porgres, 1979)  
A : Luas dinding tungku ( $m^2$ )  
x : Tebal dinding tungku (m)  
 $T_{p1}$  : Suhu pusat pembakaran (K)  
 $T_{p2}$  : Suhu dinding luar tungku (K)

2. Kehilangan Energi Melalui Radiasi dari Dinding Tungku  
Hantaran radiasi pada dinding dan cerobong tungku dapat dihitung dengan persamaan (Ede, 1979):

$$Q_{rad} = e \sigma A (T_b^4 - T_\infty^4) \quad (6)$$

dimana:

$Q_{rad}$  : Energi hantaran radiasi (W)  
e : Emisifitas bata api (0.93)  
 $\sigma$  : ( $5.762 \times 10^{-8}$  Watt/ $m^2K^4$ )  
 $T_b$  : Suhu dinding tungku (K)  
 $T_\infty$  : Suhu udara sekeliling (K)

### 3. Kehilangan Energi karena Aliran Udara

Perhitungan kehilangan energi karena aliran udara dari tungku adalah:

$$Q_u = m (h_{u0} - h_{u1}) \dots \dots \dots (7)$$

dimana:

$Q_u$  : Energi panas yang hilang karena aliran udara (kJ)  
m : Laju aliran udara kelaur (kg/det)  
 $h_{u0}$  : Entalpi udara keluar dari tungku (kJ/kg)  
 $h_{u1}$  : Entalpi udara masuk kedalam tungku (kJ/kg)

4. Efisiensi Tungku  
Efisiensi tungku dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = 1 - \frac{Q_{total\ kehilangan}}{Q_{masuk}} \times 100\% \quad (8)$$

dimana:

$\eta$  : Efisiensi tungku (%)  
 $Q_{total\ kehilangan}$  : Total kehilangan energi dari tungku (kJ/liter)  
 $Q_{masuk}$  : Energi yang masuk saat tungku dipakai (kJ/liter)

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Januari 1996 sampai bulan Maret 1996 yang meliputi studi pustaka, pengambilan data dan

analisis data. Sedangkan tempat penelitian adalah di pabrik kecap Zebra Ciampea-Bogor.

## B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah berbagai bahan baku dan bahan pembantu pembuatan kecap. Sedangkan alat yang digunakan adalah tungku masak, termometer air raksa ( $0^{\circ}\text{C}$ - $250^{\circ}\text{C}$ ), pita ukur (0-150 cm), termokopel batang, *pulse monitor*, *avometer*, *stopwatch*, kotak papan (tinggi 30 cm), kabel tembaga, *moisture tester*, dan *anemometer*.

## C. Metode Pengukuran

### 1. Kebutuhan Minyak Tanah.

Energi minyak tanah yang digunakan oleh tungku diukur sebanyak empat kali ulangan dari awal hingga akhir proses produksi. Pengambilan data dilakukan pada setiap tungku yang digunakan selama proses produksi berlangsung. Minyak tanah dalam tangki diukur sebelum dan setelah pemasakan untuk mengetahui jumlah yang digunakan, sedangkan waktu penggunaan tungku diukur dengan *stopwatch*.

### 2. Kapasitas Produksi

Data kapasitas produksi (liter luaran/jam) ditentukan dengan pengukuran jumlah produk yang dihasilkan dari setiap proses pemasakan.

### 3. Tenaga Manusia.

Pengukuran kegunaan tenaga manusia dilakukan dengan menggunakan *pulse monitor*. Tenaga manusia ditentukan dengan mengukur denyut nadi setiap pekerja sebanyak tiga kali. Konversi dilakukan dengan cara setiap pekerja yang menjadi contoh melakukan turun-naik kotak

setinggi 30 cm sebanyak 15, 20 dan 25 kali.

Pada penelitian ini contoh pengukuran diperoleh dari 70% jumlah tenaga kerja seluruhnya dengan bobot tubuh yang berbeda. Tenaga yang terukur (Pm) diperoleh melalui regresi data hasil pengukuran berdasarkan metode "*Step Test*", dan dibagi 20% untuk menghasilkan tenaga manusia yang sesungguhnya digunakan.

### 4. Pengukuran Suhu

Suhu pemasakan kedelai hitam, suhu pemasakan sari kedelai hitam, suhu pemasakan kecap, suhu dinding tungku, suhu cerobong, suhu lantai tungku, suhu udara masuk dan suhu tangki minyak diukur dengan termometer air raksa, sedangkan suhu pusat pembakaran dengan termokopel batang (tipe CA).

### 5. Kadar Air

Kadar air kedelai hitam, setelah dikeringkan diukur dengan menggunakan *Moisture Tester* dengan 3 ulangan.

### 6. Tenaga Listrik.

Data tenaga listrik diambil pada saat alat pompa minyak berjalan secara normal, untuk mendapatkan energi listrik persatuan output.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Proses Pembuatan Kecap

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan mengikuti proses pengolahan 200 kg kacang kedelai hitam hingga menghasilkan 3388 liter kecap. Fermentasi "koji" dilakukan selama 1 minggu dengan melalui tahapan pendahuluan berupa

penggodokan kedelai selama 4 jam. Proses fermentasi dilakukan di gudang penjamuran yang lembab dan tak bercahaya, berkapasitas 2 ton dengan ukuran 4 x 12 m<sup>2</sup>. Energi yang digunakan selama proses ini dianggap tidak ada. Setelah proses penjamuran selesai, kedelai dijemur hingga kering selama 3 hari, lalu ditapis untuk memisahkan jamur dan kacang kedelai. Selanjutnya, kacang kedelai difermentasi dalam larutan garam.

Proses fermentasi moromi dilakukan dengan memasukkan kacang kedelai (koji) sebanyak 25 kg dicampur dengan garam 25 kg dan air 60 liter di gentong kayu atau guci-guci besar. Fermentasi dilakukan selama 2 minggu hingga 1 bulan di tempat terbuka untuk memudahkan sinar matahari masuk.

Moromi yang dihasilkan dimasukkan ke tempat pemasakan, ditambah dengan 30 kg garam dan 180 liter air. Kemudian dimasak selama 1 jam untuk sekali pemasakan. Hasil pemasakan diambil filtratnya, sedangkan ampasnya dimasak ulang sampai 4 kali.

Pada proses pembuatan larutan gula, dibutuhkan sebanyak 250 kg gula kelapa dicampur 20 liter air, lalu dimasak selama 2 jam. Setelah gula larut lalu ditambahkan 150 liter sari kedelai lalu dimasak sampai mendidih, kemudian dimasukkan bumbu 0.04 kg pekak dan 0.3 kg adas yang telah disangrai dan dihaluskan. Proses penambahan bumbu dan sari kedelai ini berlangsung selama 1.5 jam.

Kecap yang dihasilkan disaring dua kali agar diperoleh cairan kecap yang bebas dari sisa-sisa bahan kasar yang berasal dari pemasakan.

Kemudian kecap diangkat ke ruang pengemasan untuk dikemas.

## B. Analisis Kebutuhan Energi

### 1. Energi Listrik

Energi listrik berfungsi untuk menggerakkan pompa minyak (*burner pump*) untuk disemprotkan ke ruang pembakaran tungku. Pada proses perebusan kedelai digunakan energi listrik sebesar 2,13 kJ/liter produk selama 16 jam. Tahap selanjutnya pada proses pengolahan kecap membutuhkan energi listrik sebesar 3,65 kJ/liter selama 27,5 jam dan pada proses pengambilan sari kedelai sebesar 4,38 kJ/liter produk selama 33 jam (Tabel 1).

Tabel 1. Penggunaan energi listrik pada Proses Produksi Kecap

| Proses                   | Lama Proses (Jam) | Jumlah Tungku (Dapur) | Kebutuhan energi listrik (kJ/liter) |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Perebusan kedelai hitam  | 4                 | 4                     | 2,13                                |
| Pengambilan sari kedelai | 3                 | 11                    | 4,58                                |
| Pengolahan kecap         | 2,5               | 11                    | 3,65                                |
| Jumlah                   |                   |                       | 10,36                               |

Penggunaan energi listrik terbesar adalah pada proses pengambilan sari kedelai, karena membutuhkan waktu yang lama, yaitu untuk menggodok kedelai sebanyak empat kali ulangan.

### 2. Tenaga Manusia

Tenaga manusia yang digunakan untuk seluruh proses produksi, berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (2) dan (3), adalah 37,64 kJ/liter produk atau 0,69% dari total energi yang digunakan. Tenaga manusia paling besar digunakan pada

tahap pengemasan kecap yaitu 16,59 kJ/liter produk. Berdasarkan skala Christensen, klasifikasi kerja yang dilakukan pada semua tahap produksi kecap termasuk kategori sedang. Jenis pekerjaan di setiap tahap produksi membutuhkan tenaga manusia dengan beban yang sama berat.

3. Energi Bahan Bakar Minyak Tanah

Sumber energi paling besar yang digunakan di pabrik kecap ini adalah minyak tanah, yaitu 5402,25 kJ/liter atau 99,12% dari total energi yang dibutuhkan untuk pembuatan kecap (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa minyak tanah merupakan bahan bakar utama dalam proses produksi kecap, yang menyebabkan adanya ketergantungan pabrik pada bahan bakar tersebut.

Tabel 2. Kebutuhan Energi Minyak Tanah

| No | Tahap Produksi            | Lama Proses (jam) | Jumlah tungku (dapur) | Energi Minyak Tanah (kJ/liter) |
|----|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1. | Penggodogan kedelai hitam | 4                 | 4                     | 1128,95                        |
| 2. | Pengambilan sari kedelai  | 3                 | 11                    | 2312,95                        |
| 3. | Pengolahan kecap          | 2,5               | 11                    | 1960,35                        |
|    |                           |                   | Total                 | 5402,25                        |

C. Aliran Energi

Aliran energi pada proses pembuatan kecap (Gambar 1) dimulai dari tahap perebusan yang membutuhkan energi sebesar 1135,33 kJ/liter produk. Sebelum fermentasi koji, dilakukan proses pemindahan dari ruang perebusan ke ruang fermentasi yang membutuhkan tenaga manusia

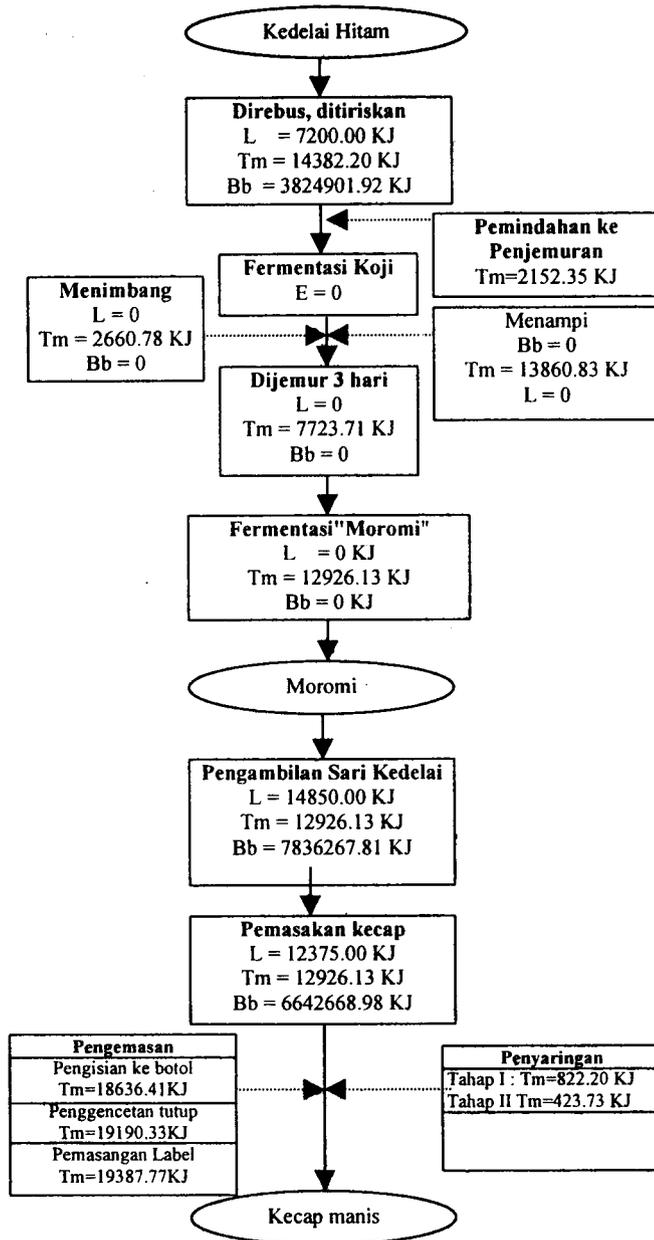
sebesar 0,64 kJ/liter produk, sedangkan tahap fermentasi koji tidak membutuhkan energi.

Tahap berikutnya adalah penjemuran selama 3 hari, menggunakan tenaga manusia sebesar 2,28 kJ/liter produk. Tahap fermentasi moromi membutuhkan tenaga manusia sebesar 0,25 kJ/liter produk, penampian membutuhkan sebesar 4,09 kJ/liter dan penimbangan membutuhkan sebesar 0,79 kJ/liter.

Pada tahap pengambilan sari kedelai dilakukan empat kali perebusan, yang dapat dijadikan sebagai standar mutu pada produksi kecap. Tahapan ini memerlukan energi paling besar yakni 2321,91 kJ/liter dengan waktu selama 3 jam dan menggunakan 11 dapur tungku.

Pemasakan kecap membutuhkan energi sebesar 1967,82 kJ/liter produk. Kemudian, kecap yang dihasilkan disaring dua kali dengan menggunakan energi sebesar 0,37 kJ/liter produk. Pengemasan membutuhkan energi sebesar 16,59 kJ/liter produk. Sehingga, kebutuhan energi per liter kecap yang dihasilkan adalah sebesar 5450,05 kJ/liter (0.15 SLM/liter) atau Rp. 60,- /liter produk.

Total energi manusia (non komersial) sebesar 37,64 kJ/liter (0,001 SLM/liter) atau 0,19% dari total penggunaan energi, sedangkan energi komersial yakni energi listrik sebesar 10,16 kJ/liter ( $2 \times 10^{-4}$  SLM/liter) atau 0,69% dari total penggunaan energi dan energi minyak sebesar 5402,25 kJ/liter (0,1482 SLM/liter) atau 99,12% dari total penggunaan energi (Tabel 3).



Keterangan :  
 L = Energi Listrik  
 Tm = Tenaga Manusia  
 Bb = Energi Bahan Bakar Minyak Tanah.

Gambar 1. Aliran energi pada setiap tahapan produksi kecap di PT Zebra, Ciampea

Tabel 3. Jenis Energi yang Digunakan

| No | Jenis Energi | Energi Digunakan (kJ/liter) | Persentase (%) |
|----|--------------|-----------------------------|----------------|
| 1. | Listrik      | 10,16                       | 0,19           |
| 2. | Manusia      | 37,64                       | 0,69           |
| 3. | Minyak tanah | 5402,25                     | 99,12          |
|    | Total        | 5450,05                     | 100,00         |

#### D. Kehilangan Energi dan Efisiensi Tungku

Kehilangan energi dari tungku terjadi pada badan, dinding dan lantai tungku, melalui hantaran, radiasi dan gas buang. Pada perhitungan, diasumsi bahwa kalor yang berasal dari kompor yang menempel pada tungku dianggap sama, sehingga dalam rangkaian 5 buah tungku selisih panas yang berasal dari kompor (*burner pump*) dianggap nol (Gambar 4). Kompor yang digunakan mempunyai kriteria dan kapasitas yang sama.

Tungku pertama untuk penggodakan kedelai mengalami kehilangan energi sebesar 119,14 kJ/liter produk dengan efisiensi 57,49%. Keadaan tungku II, III, IV dan V tidak jauh berbeda dengan tungku I karena desain dan bentuk sama. Total kehilangan energi dari seluruh tungku adalah sebesar 409,31 kJ dengan efisiensi total 63,81%.

Penelitian Ganda Sasmita (1987) menunjukkan bahwa efisiensi tungku yang terbuat dari bahan semen adukan adalah sebesar 45%, tungku tanah 41%, dan tungku seng 25%. Berdasarkan perbandingan dengan nilai efisiensi tersebut, efisiensi tungku yang digunakan oleh industri kecap Zebra seperti diatas dianggap cukup baik.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Total kebutuhan energi untuk produksi kecap di Pabrik Kecap Zebra adalah 5450,05 kJ/liter produk, dengan perincian energi listrik 0,19%, tenaga manusia 0,69% dan minyak tanah 99,12%.
2. Total kehilangan energi dari tungku yang digunakan adalah sebesar 409,31 kJ/liter produk, dan efisiensi tungku adalah 63,81%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basler, B. Baden dan Korosi. 1980. Combustion of Fuel with Low Hydrogen Content in BBC Gas Turbines. *Brawn Boveri Review* 12, Vol 67 : 705-709.
- BPS. 1995. Statistik Industri Besar dan Sedang.
- Djudoamidjojo, R.M., E. Gumbira Said dan R. Hartoto. 1989. Bio-konversi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.
- Ede, A.J. 1967. An Introduction to Heat Transfer Principles and Calculations. University of Aston in Birmingham. Pergamon Press. England.
- Flegel, T.W. 1988. Yellow-Green *Aspergillus Oryzae* Strain Used in Asian Soybean Fermentation. *ASEAN Food Journal*, 4(1): 14-30.
- Kamaruddin A., et al. 1999. Energi dan Listrik Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kusen Morgan. 1983. Studi Transformasi Tenaga Manusia ke Tenaga Mekanis melalui Sistem Transmisi Sepeda. Jurusan

- Mekanisasi Pertanian. Fakultas  
Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Matsudo, T., T. Aoki, K. Abe, N.  
Fukuta, T. Higuchi, N. Sasaki  
and K. Uchida. 1993. Deter-  
mination of Ethyl carbamate in  
Soy Souce and It's Possible  
Precursor. *J. Agric. Food Chem.*,  
41(3): 352-356.
- Progress, J. 1979. Handbook of  
Heating, Ventilating ang Air  
Conditioning. Nemnes Butter-  
worths, wetson and Viney Ltd.  
England.