

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI ALAT / MESIN UNTUK
PENGOLAHAN BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.)**

Oleh :

Dr. Ir. Santosa, MP

**Lektor Kepala pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas
Andalas Padang
2008**

Beberapa rumus analisis tekno-ekonomi alat / mesin pengolahan biji kakao (Djojodihardjo, 1985 ; Santosa. 2005 ; Santosa. 2008a ; Santosa, 2008b) adalah sebagai berikut :

(A) Analisis Teknis

(1) Rumus perhitungan daya (*power*) penggerak alat / mesin prosesi kakao :

(a) Sumber penggerak berupa motor bakar :

$$P_k = Q \times \rho \times N_{BB} \times 4,2 / (3600 \times 735) \dots\dots\dots (1)$$

$$P_m = \eta_m \times P_k \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

P_k = Daya kimia bahan bakar (HP)

Q = Debit bahan bakar minyak (liter/jam)

ρ = Densitas bahan bakar minyak (kg/liter)

N_{BB} = Nilai kalori bahan bakar minyak (kalori/kg)

P_m = Daya mekanis motor (HP)

η_m = Efisiensi termal motor bakar (tanpa dimensi satuan)

4,2 = Konversi satuan, 1 kalori = 4,2 joule

3600 = Konversi satuan, 1 jam = 3600 detik

735 = Konversi satuan, 1 HP = 735 watt

(b) Sumber penggerak berupa motor listrik :

$$Q \text{ input (watt)} = \text{Tegangan listrik (volt)} \times \text{Kuat arus listrik (ampere)} \dots\dots (3)$$

(2). Debit Udara pada Alat / Mesin Pengering Kakao

$$WM1 = KA1 / 100 \times WTOT \dots\dots\dots(4)$$

$$WD = WTOT - WM1 \dots\dots\dots(5)$$

$$M = 100 \times (KA1 - KA2) \times WD / ((100 - KA1) \times (100 - KA2)) \dots\dots(6)$$

$$WDOT = M / T \dots\dots\dots(7)$$

$$MDOT = WDOT / (H3 - H2) \dots\dots\dots(8)$$

$$Q = MDOT \times SV \dots\dots\dots(9)$$

dengan :

WTOT = berat bahan yang akan dikeringkan (kg)

KA1 = kadar air (w.b.) awal bahan (dalam %)

KA2 = kadar air (w.b.) akhir bahan yang dikehendaki (dalam %)

T = lama proses pengeringan yang dikehendaki (jam)

SV = volume spesifik udara pada ruang pengering (plenum) (m³/kg)

H3 = kelembaban mutlak pada *outlet* (kg H₂O/kg udara kering)

H2 = kelembaban mutlak pada *plenum* (kg H₂O/kg udara kering)

WDOT = Rata-rata laju penguapan air (kg/jam)

MDOT = Rata-rata laju aliran udara pengering (kg/jam)

Q = debit aliran udara pengering (m³/jam).

(3) . Kelembaban Relatif, Kelembaban Mutlak, dan Entalpi pada Proses Pengeringan Kakao

Model matematika yang menunjukkan hubungan antar variabel sehingga menyusun persamaan untuk menghitung besarnya kelembaban relatif, kelembaban mutlak, dan entalpi pada proses pengeringan adalah sebagai berikut :

$$PV = PWB - ((PM - PWB) \times (TDB - TWB) / (2800 - (1.3 \times TWB))) \dots(10)$$

$$RH = PV / PG \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

$$H = 0,622 \times PV / (PM - PV) \dots\dots\dots(12)$$

$$h = (CP \times TDB) + (H \times HV) \dots\dots\dots(13)$$

$$h_{SI} = h \times 0,252 / (0,4536 \times 0,24) \dots\dots\dots(14)$$

dengan :

TDB = suhu termometer bola kering (°F)

TWB = suhu termometer bola basah (°F)

PWB = tekanan uap air pada temperatur bola basah (psia)

PG = tekanan uap jenuh (psia)

HV = entalpi uap jenuh (Btu/lb)

PM = tekanan udara (atau campuran uap air dan udara) = 14,7 psia

CP = panas jenis tekanan tetap = 0,24 Btu / (lb.°F)

PV = tekanan uap air (psia)

RH = kelembaban relatif (%)

H = kelembaban mutlak (kg uap air / kg udara kering)

h = entalpi (Btu/lb)

h_{SI} = entalpi (kJ/kg udara kering).

4 . Energi untuk Memanaskan Udara Pengering dan Menguapkan Air pada Proses Pengeringan Kakao serta Efisiensi Pengeringan Kakao

Rumus :

$$Q1 = \text{MDOT} \times (h2 - h1) \dots\dots\dots(15)$$

$$Q2 = \text{WDOT} \times \text{HFG} \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{EG} = Q2 / Q1 \times 100 \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{EP} = Q1 / Q \text{ input} \times 100 \% \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{Etot} = Q2 / Q \text{ input} \times 100 \% \dots\dots\dots (19)$$

EP = Efisiensi pemanasan udara pengering (%)

Etot = Efisiensi pengeringan total (%)

dengan :

h2 = entalpi pada plenum (kJ/kg)

h1 = entalpi pada inlet (kJ/kg)

HFG = panas laten penguapan air (kJ/kg)

WDOT = laju penguapan air (kg/jam)

MDOT = laju massa udara pengering (kJ/jam)

Q1 = energi untuk memanaskan udara pengering (kJ/jam)

Q2 = energi untuk menguapkan air (kJ/jam)

EG = efisiensi penguapan air (%).

EP = Efisiensi pemanasan udara pengering (%)

Etot = Efisiensi pengeringan total (%)

Q_{input} = Energi input tiap satu satuan waktu (kJ /jam)

(a) Jika input berupa bahan bakar :

$$Q_{input} \text{ (kJ/jam)} = BB \text{ (kg)} \times NKB \text{ (kkal/kg)} \times 4,2 / T \text{ (jam)} \dots\dots (20)$$

dengan :

Q_{input} = Energi input tiap satu satuan waktu (kJ /jam)

BB = banyaknya bahan bakar yang digunakan selama proses pengeringan
(kg)

NKB = Nilai kalor bahan bakar (kkal / kg)

T = lamanya pengeringan (jam)

4,2 = angka konversi satuan, 1 kal = 4,2 joule

(b) Jika input berupa tenaga listrik :

$$Q_{input} = \text{Daya listrik (watt)} \times (1 \text{ joule / detik} / \text{watt}) \times (k / 1000) \times (3600 \text{ detik / jam}) \dots\dots\dots(21)$$

5. Penamatan Parameter Teknis

Parameter teknis yang perlu diamati antara lain :

(a) Kapasitas output alat / mesin

$$\text{Kapasitas} = \text{Output (unit output)} / \text{Waktu Proses (jam)} \dots\dots(22)$$

(b) Rendemen (η)

$$(\eta) = \text{Output (unit output)} / \text{Input (unit input)} \times 100 \% \dots\dots(23)$$

(B) Analisis Ekonomi

(1) Biaya Tetap

Biaya tetap dihitung dengan rumus :

$$BT = D + I \dots\dots\dots (24)$$

dengan :

BT = Biaya tetap (Rp/tahun)

D = Penyusutan (Rp/tahun)

I = Bunga modal (Rp/tahun)

$$D = (P - S) / N \dots\dots\dots (25)$$

dengan :

D = Penyusutan (Rp/tahun)

P = Harga alat (Rp)

S = Nilai akhir alat = 10 % (P) (Rp)

N = Umur ekonomis alat (tahun)

$$I = r \times (P + S) / 2 \dots\dots\dots (26)$$

dengan :

I = Bunga modal (Rp/tahun)

P = Harga alat (Rp)

S = Nilai akhir alat = 10 % (P) (Rp)

r = Suku bunga modal di bank (misalnya, $r = 12 \% / \text{tahun}$)

(2) Biaya Tidak Tetap atau Biaya Variabel

Biaya tidak tetap dihitung dengan rumus :

$$BTT = PP + Bo \dots\dots\dots (27)$$

dengan :

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

PP = Biaya perbaikan dan pemeliharaan alat (Rp/jam)

Bo = Upah operator tiap jam (Rp/jam)

$$PP = 2 \% (P - S) / 100 \text{ jam} \dots\dots\dots (28)$$

$$Bo = Wop / Wt \dots\dots\dots (29)$$

dengan :

Wop = Upah tenaga kerja tiap hari (Rp/hari)

Wt = Jam kerja tiap hari (jam/hari)

(3) Biaya Pokok Kegiatan Pascapanen Kakao

Biaya pokok kegiatan pascapanen kakao dihitung dengan rumus :

$$BP = \{ (BT/n) + BTT \} / Kp \dots\dots\dots (30)$$

dengan :

- BP = Biaya pokok kegiatan pascapanen kakao (Rp/kg)
 BT = Biaya tetap (Rp/tahun)
 BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)
 n = Jam kerja dalam satu tahun (jam/tahun)
 Kp = Kapasitas kerja kegiatan pascapanen kakao (kg output /jam)

(4) Titik Impas (*Break Event Point*, BEP) Alat / Mesin untuk Kegiatan Pascapanen Kakao (dari Data Sewa Alat / Mesin)

Titik impas alat / mesin dihitung dengan rumus :

$$BEP = BT / \{ BS - (BTT / Kp) \} \dots\dots\dots (31)$$

$$\leftrightarrow BEP = BT / \{ 1,1 BP - (BTT / Kp) \} \dots\dots\dots (32)$$

dengan :

- BEP = Titik impas (kg/tahun)
 BT = Biaya tetap (Rp/tahun)
 BS = Biaya sewa alat / mesin pascapanen kakao (Rp/kg)
 BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)
 BP = Biaya pokok operasional alat (Rp/kg)
 Kp = Kapasitas kerja alat / mesin (kg/jam)
 1,1 = Faktor konversi, dengan asumsi biaya sewa alat / mesin tersebut mempunyai keuntungan 10 % dari biaya pokok

(5)Titik impas (*Break Event Point*, BEP) Alat / Mesin untuk Kegiatan Pascapanen Kakao (dari Data Harga Bahan Baku dan Harga Produk)

Titik impas dihitung dengan rumus :

$$BEP = BT / \{ HJ - (HB / \eta) - (BTT / Kp) \} \dots\dots\dots (33)$$

dengan :

- BEP = Titik impas (kg/tahun)

BT	= Biaya tetap (Rp/tahun)
BTT	= Biaya tidak tetap (Rp/jam)
HJ	= Harga jual tiap unit output (Rp/kg)
HB	= Harga bahan baku (Rp/kg)
Kp	= Kapasitas kerja output alat / mesin (kg/jam)
η	= Rendemen

DAFTAR PUSTAKA

- Djojodihardjo, Harijono. 1985. *Dasar-Dasar Termodinamika Teknik*. Cetakan Pertama, Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- Heddy, Suwarsono. 1993. *Budidaya Tanaman Cokelat*. Bandung: Angkasa.
- Jasjfi, E. 1985. *Metode Pengukuran Teknik* (Terjemahan). Edisi Keempat. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Institut Pertanian Bogor. 1978. *Strategi Mekanisasi Pertanian*. Departemen Mekanisasi Pertanian FATEMETA, Bogor
- Poedjiwidodo, Y. 1996. *Sambung Samping Kakao*. Ungaran: Trubus Agriwidya.
- Pranata, Dede. 2008. Sistem Informasi Produksi Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Kec. Lima Koto Kampung Dalam, Kab. Padang Pariaman. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Ramelan, A. H., N. H. R. Parnanto, dan Kawiji. 1996. *Fisika Pertanian*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Sebelas Maret University Press. Surakarta.
- Santosa. 2005. *Aplikasi Visual Basic 6.0 dan Visual Studio.Net 2003 dalam Bidang Teknik dan Pertanian*, ISBN : 979-731-755-2, Penerbit Andi, Edisi I Cetakan I, Yogyakarta.
- Santosa. 2008a. *Hand Out* Evaluasi Ekonomi pada Sistem Industri. Program Pascasarjana, Universitas Andalas. Padang.
- Santosa. 2008b. *Analisis Tekno-Ekonomi Alat / Mesin Pengolahan Kakao (Theobroma cacao L.)*. Makalah Disampaikan pada Pelatihan Kakao, 26 Agustus 2008, di Padang Pariaman, Sumatera Barat.
- Santosa. 2008. Analisis Tekno-Ekonomi Alat / Mesin untuk Pengolahan Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.). <https://www.scribd.com/doc/6444216/Analisis-Tekno-Ekonomi-Alat-Mesin-Untuk-Pengolahan-Biji-Kakao-Theobroma-cacao-L> [21 Juni 2016]

Siregar, Tumpal H.S., Slamet Riyadi dan Laeni Nuraeni. 2007. *Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Cokelat*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Soemitro, H. W., 1986. *Teori dan Soal-soal Mekanika Fluida dan Hidraulika*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.

Lampiran 1. Nilai Tekanan Uap Jenuh (Pg) dan Tekanan Uap Air pada Temperatur Bola Basah (Pw.b.) (Djojodihardjo, 1985)

Temperatur, °F	Tekanan absolut, psi
32	0.08854
35	0.099995
40	0.12170
45	0.14752
50	0.17811
60	0.2563
70	0.3631
80	0.5069
90	0.6982
100	0.9492
110	1.2748
120	1.6924
130	2.2225
140	2.8886
150	3.718
160	4.741

Lampiran 1. Lanjutan

Temperatur, °F	Tekanan absolut, psi
170	5.992
180	7.510
190	9.339
200	11.526
210	14.123
212	14.696
220	17.186
230	20.780
240	24.969
250	29.825
260	35.429
270	41.858
280	49.203
290	57.556
300	67.013
310	77.68
320	89.66
330	103.06
340	118.01
350	134.63
360	163.04
370	173.37
380	195.77
390	220.37
400	247.31
410	276.75

Lampiran 1. Lanjutan

Temperatur, °F	Tekanan absolut, psi
420	308.83
430	343.72
440	381.59
450	422.6
460	466.9
470	514.7
480	566.1
490	621.4
500	680.8
520	812.4
540	962.5
560	1133.1
580	1325.8
600	1342.9
620	1786.6
640	2059.7
660	2365.4
680	2708.1
700	3093.7
705.4	3206.2

Lampiran 2. Nilai Entalpi Uap Jenuh (hv) (Djojodihardjo, 1985)

Temperatur, °F	Entalpi Uap Jenuh (Btu/lb)
32	1075.8
35	1077.1
40	1079.3
45	1081.5
50	1083.7
60	1088.0
70	1092.3
80	1096.6
90	1100.9
100	1105.2
110	1109.5
120	1113.7
130	1117.9
140	1122.0
150	1126.1
160	1130.2
170	1134.2
180	1138.1
190	1142.0
200	1145.9
210	1149.7
212	1150.4
220	1153.4

Lampiran 2. Lanjutan

Temperatur, °F	Entalpi Uap Jenuh (Btu/lb)
230	1157.0
240	1160.5
250	1164.0
260	1167.3
270	1170.6
280	1173.8
290	1176.8
300	1179.7
310	1182.5
320	1185.2
330	1187.7
340	1190.1
350	1192.3
360	1194.4
370	1196.3
380	1198.1
390	1199.6
400	1201.0
410	1202.1
420	1203.1
430	1203.8
440	1204.3
450	1204.6
460	1204.6
470	1204.3
480	1203.7

Lampiran 2. Lanjutan

Temperatur, °F	Entalpi Uap Jenuh (Btu/lb)
490	1202.8
500	1201.7
520	1198.2
540	1193.2
560	1186.4
580	1177.3
600	1165.5
620	1150.3
640	1130.5
660	1104.4
680	1067.2
700	995.4
705.4	902.7

Lampiran 3. Nilai Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg) (Djojodihardjo, 1985)

Temperatur, °C	Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg)
0.010	2501.3
2	2496.6
5	2489.5
10	2477.7
15	2465.9
20	2454.2
25	2442.3
30	2430.4

Lampiran 3. Lanjutan

Temperatur, °C	Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg)
35	2418.6
40	2406.8
45	2394.8
50	2382.8
55	2370.7
60	2358.5
65	2346.2
70	2333.8
75	2321.4
80	2308.8
85	2296.0
90	2283.2
95	2270.2
100	2257.0
110	2230.2
120	2202.6
130	2174.2
140	2144.8
150	2114.2
160	2082.6
170	2049.5
180	2015.0
190	1978.8
200	1940.8
210	1900.8
220	1858.5
230	1813.9

Lampiran 3. Lanjutan

Temperatur, °C	Panas Laten Penguapan Air (kJ/kg)
240	1766.5
250	1716.2
260	1662.5
270	1605.2
280	1543.6
290	1477.2
300	1405.0
310	1326.0
320	1238.7
330	1140.6
340	1027.9
350	893.4
360	720.7
370	442.2
374.136	0.0

Lampiran 4. Densitas Bahan Bakar

No.	Bahan Bakar	Densitas (kg/liter)
1.	Bensin	0,725
2.	Solar	0,800

Sumber : Wanders *dalam* Strategi Mekanisasi Pertanian (1978)

Lampiran 5. Efisiensi Termal Motor Bakar

No.	Motor Bakar	Efisiensi Termal	Efisiensi Termal (Nilai Median)
1.	Motor Bensin	0,16 – 0,23	0,195
2.	Motor Diesel	0,31 – 0,35	0,330

Sumber : Moens *dalam* Strategi Mekanisasi Pertanian (1978)

Lampiran 6. Nilai Panas Bahan Bakar

No.	Bahan Bakar	Nilai Panas (kal/kg)
1.	Bensin	10.100.000
2.	Solar	10.000.000 atau 9.800.000

Sumber : Wanders *dalam* Strategi Mekanisasi Pertanian (1978)