

604,  
A6d  
P



**PENERAPAN ENERGI SURYA  
DALAM PROSES TERMAL  
PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN**

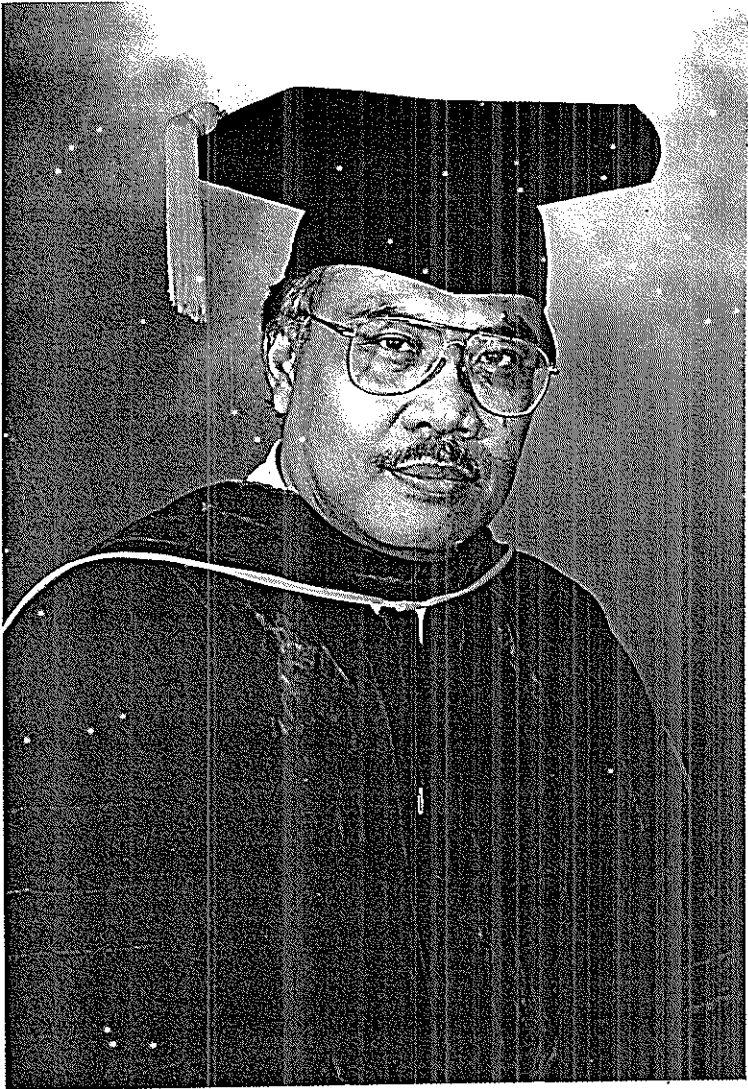
Oleh :  
**Kamaruddin Abdullah**



IPB20010850

**ORASI ILMIAH**  
**Guru Besar Tetap Ilmu Teknik Pengolahan Hasil Pertanian**

**Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian Bogor  
7 September 1996**



**Kamaruddin Abdullah**

## DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN	1
II. POTENSI ENERGI SURYA	5
III. PROSES TERMAL PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN	7
a. Proses perpindahan massa dalam bahan	10
a-1. Persamaan pindah massa	10
a-2. Penentuan parameter pengeringan	13
b. Difusivitas Termal	15
IV. OPTIMASI DAN SIMULASI SISTEM TERMAL PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN DENGAN ENERGI SURYA	18
a-1. Proses Optimasi dan Simulasi Sistem pengering	18
a-2. Kinerja sistem pengering energi surya	21
b. Simulasi sistem penyimpanan dingin	22
V. PENUTUP	25
NOTASI	27
KEPUSTAKAAN	28
UCAPAN TERIMA KASIH	30
LAMPIRAN	35
RIWAYAT HIDUP	40

Yang terhormat

Bapak Rektor Institut Pertanian Bogor

Para Guru Besar Institut Pertanian Bogor yang sangat terpelajar

Para Dekan Fakultas di Institut Pertanian Bogor

Rekan-rekan Dosen, para Alumni dan Mahasiswa,

Para Undangan serta Hadirin yang saya muliakan,

Assalamual'aikum Warahmatullahi wabarakatuh,

Izinkanlah saya pertama-tama untuk memanjatkan puji dan syukur ke Hadirat Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada saya, sehingga hari ini dapat menyampaikan orasi ilmiah sebagai Guru Besar Tetap Ilmu Teknik Pengolahan Hasil Pertanian di Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Saya juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada segenap hadirin yang telah sudi menerima undangan kami dan meringankan langkah untuk menghadiri orasi ilmiah saya yang berjudul:

**Penerapan Energi Surya Dalam Proses Termal  
Pengolahan Hasil Pertanian**

# **PENERAPAN ENERGI SURYA DALAM PROSES TERMAL PENGOLAHAN HASIL PERTANIAN**

---

Oleh:

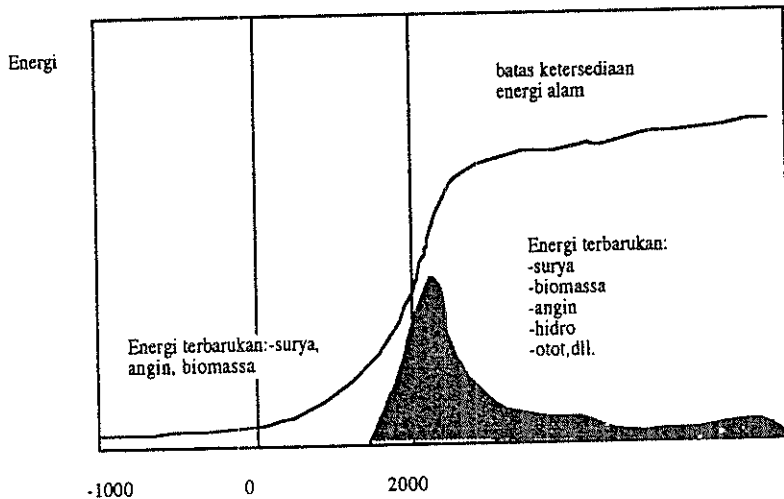
**Kamaruddin Abdullah**

## **I. Pendahuluan**

Baru-baru ini Gustav Grob (1996) menekankan lagi prediksi Club of Rome di awal tahun 1970an bahwa bahan bakar fosil, yang sifatnya mencemarkan lingkungan, kian berkurang keberadaannya dan dalam waktu dekat akan diganti oleh sumber energi terbarukan yang lebih bersahabat dengan lingkungan yang meliputi sumber-sumber energi surya, biomassa, angin, hidro, dll. Ketergantungan kita atas bahan bakar fosil mungkin akan berlanjut sampai beberapa dekade lagi tetapi dalam jumlah yang jauh lebih kecil dari apa yang di konsumsi sebelum tahun 2000 seperti terlihat pada Gbr. 1.

Penggunaan energi fosil saat ini dan menjelang tahun 2000 yang diperkirakan akan terus meningkat disebabkan karena tetap meningkatnya jumlah penduduk dunia, yang memerlukan pangan dan kesejahteraan serta kualitas hidup yang lebih baik, yang hanya dapat dipenuhi dengan pemacuan proses industrialisasi. Sebagai konsekuensinya diperlukan peningkatan jumlah konsumsi energi yang merupakan motor penggerak industrialisasi

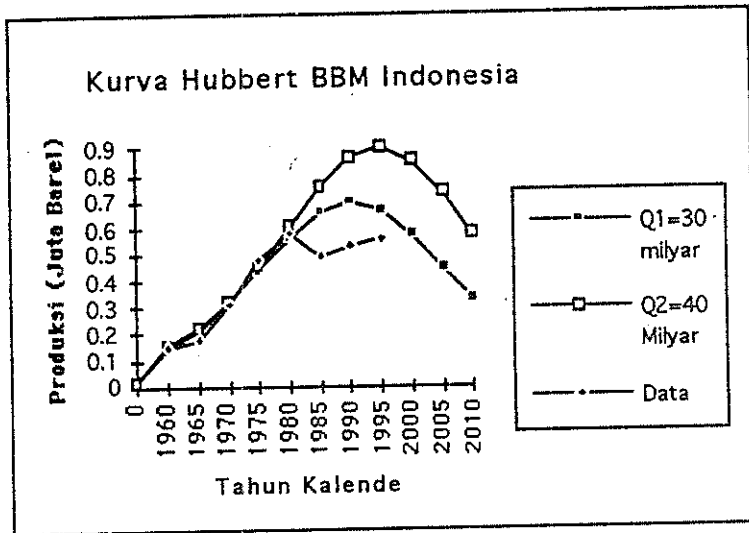
tsb. Sejauh mana pengurangan konsumsi bahan bakar fosil terjadi sejak tahun 2000 nanti tergantung kepada kesadaran kita terhadap masalah serta dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pemakaian bahan bakar fosil tsb., dan perkembangan hasil teknologi energi alternatif.



Gbr.1. Transisi menuju penggunaan energi terbarukan (Grob,1966)

Untuk Indonesia, Foell (1983) telah membuat prediksi tentang keberadaan BBM dengan menggunakan metoda analisis Hubbert. Hasil dugaan adalah seperti pada Gbr.2. untuk dua kondisi pendugaan potensi BBM di perut bumi kita pada tahun 1930, yaitu yang pertama dinyatakan dalam Q1 untuk cadangan BBM sebesar 30 milyar barel dan Q2 sebesar 40 milyar barel. Bila dibandingkan prediksi Foell dengan data produksi tahunan BBM kita diketahui bahwa perkiraan potensi cadangan BBM cenderung berada pada kondisi Q1 dan terus menurun menjelang tahun 2010. Hasil prediksi ini kelihatannya sesuai dengan hasil studi

MARKAL , AEEMTRC, dll. (Harijono,1995) dimana diperkirakan bahwa Indonesia pada tahun tsb. akan menjadi negara pengimpor minyak netto.



Gbr.2. Kurva Hubbert produksi BBM untuk Indonesia

Masalah lain yang perlu pula diantisipasi secara dini menjelang abad 21 adalah masalah penyediaan pangan. Nitta (1996) seorang peneliti Jepang pada the Central Research Institute of Electric Power Industry, Tokyo dan juga adalah pengajar pada Program Pascasarjana Universitas Keio dan Meiji telah mencoba melakukan perhitungan sederhana tentang kebutuhan pangan dan energi dunia. Ia melakukan perhitungan kebutuhan pangan dan energi tsb. untuk kondisi dimana laju pertumbuhan penduduk dunia sama dengan 0. Perhitungannya lebih lanjut didasarkan atas data yang tersedia dari berbagai negara yang meliputi kebutuhan

pangan, pupuk, luas lahan pertanian dan konsumsi energi.

Bila diasumsikan bahwa rata-rata manusia mengkonsumsi pangan sebesar 2600 kkal per hari dimana  $\frac{1}{4}$  darinya berasal dari daging ayam dan sisanya dari sereal. Karena sekitar  $\frac{1}{3}$  dari energi sereal yang dimakan ayam diubah menjadi daging dan bila 100 g sereal mengandung 250 kkal energi maka manusia akan mengkonsumsi sekitar 780 g per hari per orang. Dari  $\frac{1}{4}$  kalori yang dikonsumsi dari ayam tsb. kebutuhan akan sereal menjadi setara dengan 780 g sereal per hari per orang sehingga total kebutuhan akan sereal menjadi 1580 g per hari per orang atau setara dengan 750 kg per orang pertahun. Dengan mengasumsikan rata-rata lahan menghasilkan sereal 4 ton/ha, Nitta akhirnya mendapatkan nilai kebutuhan lahan untuk memproduksi sereal seluas 0.14 ha per orang. Berdasarkan hasil ini maka kebutuhan luas lahan untuk memberi makan penduduk dunia yang diperkirakan akan mencapai 10 milyar dalam tahun 2050 menjadi 14 juta  $\text{km}^2$  mendekati luas lahan pertanian saat ini yaitu seluas 14.4 juta  $\text{km}^2$ . Dari data kebutuhan energi per orang sebesar 2.7 ton SM (Setara Minyak yang berasal dari berbagai sumber energi termasuk listrik, surya, angin, hidro dll. ) yang bila dikalikan dengan jumlah penduduk dunia saat ini yaitu 5.6 milyar orang Nitta mendapatkan nilai kebutuhan energi sebesar 15.1 milyar ton SM atau sekitar 1.9 kali dari konsumsi minyak saat ini.

Dari kedua kenyataan diatas ternyata bahwa dunia kita saat ini telah mengalami masalah krisis pangan dan energi, dua unsur pokok untuk mendukung kehidupan di dunia ini. Karena itu



seyogyanyalah segala upaya pengembangan energi alternatif termasuk energi surya perlu dipacu lebih giat lagi dan dibarengi oleh pembangunan sektor pertanian. Untuk itu kerjasama berbagai pihak baik pemerintah, perguruan tinggi maupun swasta untuk menaggulangi masalah tsb. perlu segera dilaksanakan secara serius dan konsisten demi berlanjutnya kehidupan dimuka bumi ini.

## II. Potensi Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang potensial untuk dikembangkan karena merupakan sumber utama (asal) dari hampir seluruh sumber energi di dunia (Hutchinson, 1950) yang melalui berbagai proses penyampaiannya ke bumi dapat dapat dimanfaatkan secara langsung atau melalui proses konversi alami menjadi energi terbarukan lain seperti energi angin, hidro, biomassa, otot (ternak). Energi surya merupakan hasil proses pembangkitan energi nuklir fusi dimana hidrogen diubah menjadi helium dengan laju. Pada proses fusi ini terjadi kehilangan massa matahari dengan laju sekitar 4 juat t/det. dan berbarengan dengan proses tersebut dilepaskan gelombang eletromagnetik ke seluruh jagad raya dan mencapai bumi dalam waktu hanya 8 menit. Dari jumalh energi yang dipancarkan tsb. tiap tahun bumi kita menerima sebesar 3200 Q (  $9.4 \times 10^{11}$  GWh). Dalam perjalanannya ke bumi sebagian dari energi tsb. diserap oleh gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dan gas lainnya yang berada di angkasa sehingga yang dapat diterima di negara kita adalah sekitar 4.5 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan luas daratan sekitar 1.9 juta km<sup>2</sup> maka negara kita menerima  $4.5 \text{ kWh/m}^2 \times 365/2(\text{hari/th}) \times 1.9 \times 10^{12}$

$m^2 = 1560 \times 10^{12}$  kWh/tahun atau setara dengan 192000 Juta SBM jauh lebih besar dari total konsumsi energi komersial kita saat ini yang diperkirakan berjumlah sekitar 210 juta SBM/th. Mengingat potensinya yang besar serta ketersediannya hampir diseluruh plosok bumi, terutama pada siang hari dan hari cerah dan tanpa memerlukan alat angkut khusus maka pemanfaatan energi surya sejak lama telah dianjurkan oleh para peneliti dunia dan badan internasional seperti PBB termasuk Indonesia. Di negara kita pemanfaatan energi surya sudah merupakan komitmen nasional seperti tertuang dalam buku Kebijakanaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE), tahun 1992.

Energi surya dapat dimanfaatkan secara langsung untuk berbagai proses termal tetapi dapat pula dikonversikan menjadi tenaga listrik untuk penerangan dan pemompaan air atau menguraikan air menjadi hidrogen dan oksigen yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar yang akrab lingkungan. Aplikasi energi surya untuk pengolahan hasil pertanian sudah banyak dilakukan orang tetapi sampai saat ini hasil dari penelitian ini masih belum begitu menonjol dan belum banyak dimanfaatkan secara komersial.

Berikut ini saya ingin mengemukakan beberapa pengalaman saya dalam upaya menerapkan energi surya, yang sangat potensial ini, untuk proses termal pengolahan hasil pertanian. Masalah ini masih terus menjadi topik penelitian saya dan saya harap nantinya dapat diteruskan oleh mahasiswa bimbingan mapun rekan sejawat yang berkecimpung dalam bidang Teknik Pertanian.

### III. Proses Termal Pengolahan Hasil Pertanian

Proses pengeringan dan pendinginan merupakan dua proses termal yang populer dilakukan di daerah produsen hasil pertanian. Tujuan utama dari proses pengolahan hasil pertanian ini adalah untuk menciptakan kondisi produk agar nantinya dapat disimpan lama baik untuk tujuan konsumsi, produksi maupun perdagangan. Tanpa pengeringan dan pendinginan hasil pertanian yang telah dipanen akan mudah busuk atau berjamur dan berkecambah terlebih mengingat kondisi negara kita yang sepanjang tahun berada pada suhu dan RH yang cocok bagi kehidupan jasad renik atau serangga yang merusak. Akan sia-sialah usaha pertanian yang penuh risiko itu apabila hasil panen yang telah diupayakan menjadi tidak bisa dikonsumsi atau dijual. Apalagi sebagian dari hasil yang dipanen tsb. harus dijadikan bibit untuk tanaman berikutnya sehingga usaha pertanian dapat berkelanjutan.

*Pengeringan* adalah suatu proses penghilangan kandungan air dalam bahan melalui penambahan panas sehingga air yang berada dalam bahan menguap sampai pada kadar air tertentu yang aman bagi serangan jamur dan penyakit. *Pendinginan* adalah proses pengkondisian udara disekitar produk yang disimpan sehingga suhu dan RH mencapai kondisi tertentu yang dapat menghalangi proses pembusukan karena kegiatan enzimatik dalam bahan.

Agar energi surya dapat kita manfaatkan secara efisien dan efektif untuk proses termal diperlukan suatu sistem yang dapat menangkap energi ini untuk kemudian dikonversikan menjadi energi termal pada tingkat suhu tertentu yang dibutuhkan untuk

menjalankan proses pengeringan ataupun proses pendinginan. Selama ini dan sejak zaman purbakala energi surya telah digunakan untuk tujuan pengeringan, yaitu dengan cara meletakkan bahan yang akan dikeringkan ditengah terik matahari. Dengan cara demikian energi surya yang berupa gelombang elektromagnetik dengan radiasi maksimum pada panjang gelombang sekitar  $0.5 \mu\text{m}$  menggerakkan partikel bahan termasuk kandungan airnya sehingga bahan menjadi panas dan bila tercapai tingkat energi tertentu air akan menguap dari dalam bahan. Kelemahan dari cara penjemuran langsung ini adalah bahwa kita tidak dapat mengatur suhu sesuai dengan tingkat suhu optimum bagi produk tertentu. Selain itu bahan yang dijemur langsung akan terkontaminasi dengan kotoran dan juga mudah dijangkau burung, ayam,dll. Karena itu cara pemanfaatan energi surya yang lebih baik adalah dengan menangkap dan mengumpulkannya dengan cara tertentu untuk kemudian diatur sedemikian rupa dan dimanfaatkan untuk pemanasan udara pengering sampai mencapai suhu yang sesuai dengan tingkat suhu optimal bagi proses pengeringan. Disamping itu agar pemanfaatannya dapat dilaksanakan sepanjang waktu baik siang maupun malam atau pada cuaca hujan dan mendung diperlukan kombinasi sistem pemanfaatan dengan sumber energi lain seperti energi biomassa yang banyak terdapat di negara kita.

Ada terdapat beberapa metoda pemanfaatan energi surya untuk tujuan pendinginan. Yang sering dianjurkan untuk penggunaan didaerah produsen-hasil pertanian di pedesaan adalah dengan menggunakan sistem pendingin tipe absorpsi dimana kombinasi  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  merupakan kombinasi yang sangat memungkinkan

diterapkan di negara kita. Beberapa kombinasi larutan lain yang kurang toksik, tidak menghasilkan bahan yang merusak lapisan ozon dan dapat beroperasi pada tekanan mendekati tekanan atmosfer dan tidak korosif masih terus dikembangkan. Air murni yang dikombinasikan dengan LiBr dapat pula menghasilkan suhu evaporator yang moderat yang sesuai dengan kondisi suhu bagi banyak hasil pertanian tropis seperti buah-buahan dan sayuran.

Optimasi dan simulasi sistem termal bertujuan untuk menekan biaya konstruksi alat dan untuk mendapatkan cara operasi sistem yang diinginkan. Untuk tujuan tsb. sangat mutlak diperlukan data dasar yang merupakan sifat intrinsik dari bahan hasil pertanian yang kita sebut sebagai sifat termofisik. Sifat fisik disini diartikan sebagai karakteristik fisik dari bahan berupa ukuran, bentuk, luas permukaan, volume, kerapatan, dll. Kesemuanya ini bersama dengan sifat termal yaitu sifat bahan dalam menyimpan dan menghantarkan panas seperti panas jenis  $C_p$ , konduktivitas panas,  $k$ , panas laten, koefisien pindah panas dll. sangat berguna untuk tujuan rancang bangun serta operasi proses termal seperti pada proses pengeringan, pendinginan dan pembekuan hasil pertanian. Dengan diketahuinya sifat termofisik ini dapat pula disusun standardisasi komoditas hasil pertanian untuk tujuan perdagangan baik untuk keperluan domestik maupun internasional.

Berikut ini saya akan menjelaskan metoda pengukuran sifat termofisik hasil pertanian yang telah saya coba rintis dan kembangkan bersama rekan-rekan dan mahasiswa di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB sejak saya diterima sebagai dosen kembalinya dari Jepang.

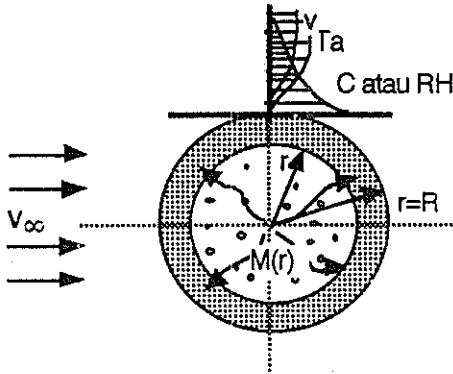
## **a. Proses perpindahan massa dalam bahan**

Bahan pertanian mempunyai bentuk dan struktur yang beragam. Karena itu setiap bahan pertanian mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menguapkan air atau mengubah suhunya bila ada perlakuan pemanasan dari luar. Walaupun demikian ada beberapa bentuk dasar yang dapat mewakili bentuk-bentuk yang ada yaitu bentuk bola, silinder terbatas, silinder tak berhingga, lempeng dll. Penentuan dan teknik pengukuran sifat termofisik bahan pertanian dimulai dengan pertama-tama menyusun persamaan keseimbangan massa dan energi dalam bahan. Dari persamaan yang terbentuk diberikan kondisi awal dan kondisi batas tertentu yang dapat diciptakan oleh peralatan ukur yang ingin kita ciptakan, umpamanya, suhu dan RH yang konstan di sekitar bahan. Dengan pemecahan benar dan numerik dari persamaan yang tersusun akan diketahui parameter apa lagi yang perlu diukur untuk dapat menentukan nilai sifat termofisik atau sifat transport bahan pertanian. Berikut ini secara rinci akan dijelaskan prosedur pengukuran yang telah dikembangkan selama ini.

### **a-1. Persamaan pindah massa**

Bila kita perhatikan biji-bijian berbentuk bulat yang berada dalam bak pengering pada berbagai rancangan sistem pengering energi surya seperti pada Gbr. A1 sampai A5 di Lampiran, maka model perpindahan massa dari dalam bahan dapat diasumsikan untuk berlangsung seperti pada Gbr.3. Suhu tinggi dan RH rendah yang dibawa oleh udara pengering membuat gradien konsentrasi kandungan kadar air antara pusat dan bagian luar bahan yang akan membuat kandungan air yang ada dalam bahan bergerak menguap keluar dari bahan. Dengan dialirkannya udara pengering

dengan suhu tinggi dan RH rendah ts. maka proses pengeringan atau perpindahan massa akan berjalan secara terus menerus sampai kadar air yang diinginkan oleh persyaratan perdagangan atau penyimpanan tercapai.



Gbr 3. Pengeringan benda bulat

Secara umum persamaan satu dimensi keseimbangan massa dalam berbagai geometri benda padat homogen dan isotropik seperti bentuk lempeng, bola dan silinder dan mengikuti kaidah Fick berlaku hubungan berikut (Bird et al,1960, Carslaw and Jaeger,1971, Crank,1975, Henderson dan Perry, 1976) .

$$\frac{\partial M}{\partial \theta} = D \nabla^2 M \quad [1]$$

Dimana  $\nabla^2$  merupakan operator yang dinyatakan oleh

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad [2]$$

untuk kordinat segiempat (cartesian).

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + (1/r)\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \quad [3]$$

untuk kordinat silinder

$$\nabla^2 = \partial^2/\partial r^2 + (1/r)\partial/\partial r + \partial^2/\partial z^2 + \partial^2/\partial \phi^2 \quad [4]$$

untuk kordinat bola.

Bila kondisi awal dan kondisi batas

$$\text{Kondisi awal: } \theta=0, M=M_0 \text{ pada } 0 < y < \pm b \quad [5]$$

$$\text{Kondisi batas: } \theta \geq 0, M=M_e \text{ pada } y = \pm b \quad [6]$$

dikenakan kepada persamaan dasar yaitu pers.[1] diatas maka pemecahan untuk kadar air rata-rata dalam bahan berbentuk lempeng dengan tebal 2b dapat dinyatakan sbb.

$$\frac{\bar{M} - M_e}{M_0 - M_e} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\{-((2n+1)^2) \pi^2 Dv \theta / b^2\} \quad \dots\dots [7]$$

Henderson dan Perry (1976) menyederhanakan pers.[6] menjadi bentuk berikut

$$\frac{\bar{M} - M_e}{M_0 - M_e} = A \exp(-k \theta) \quad [8]$$

dan Nishiyama (1974) mengajukan bentuk

$$\frac{\bar{M} - M_e}{M_0 - M_e} = 0.17723 \exp(-36.5655 k \theta) + 0.81585 \exp(-2.47511 k \theta) \quad [9]$$

$$k = (A/V) \sqrt{Dv} \quad [10]$$

dimana A adalah luas permukaan biji dan V adalah volume biji. Pemecahan benar untuk benda padat berbentuk bola dan silinder



dengan radius R untuk kondisi awal dan kondisi batas

$$\text{Kondisi awal: } \theta=0, M=M_0 \text{ pada } 0 < r < \pm R \quad [11]$$

$$\text{Kondisi batas: } \theta \geq 0, M=M_e \text{ pada } r = \pm R \quad [12]$$

adalah seperti pers.[13] untuk rata-rata kadar air bola

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp[-Dv (\pi n)^2 \theta / R^2]}{n^2} \quad [13]$$

yang dapat pula diduga dengan persamaan Nishiyama (1974)

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = \begin{cases} 1 - 1.077522733 \sqrt{k\theta} + 0.3039355509 k\theta & \text{untuk } 0 \leq k\theta \leq 0.9 \\ 0.6679481(-k\theta) + 0.1562563 \exp(-4.02587 k\theta) & \text{untuk } k\theta \geq 0.9 \end{cases} \quad [14]$$

sedangkan untuk silinder tak berhingga dimana pengeringan hanya berlangsung kearah radial

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = \frac{2}{R} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp[-Dv (\alpha_n)^2 \theta] J_0(r \alpha_n)}{\alpha_n J_1(R \alpha_n)} \quad [15]$$

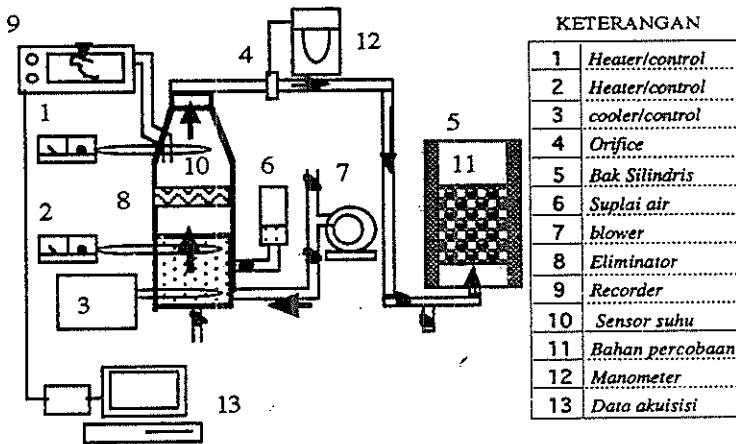
Disini  $\alpha_n$  adalah akar akar positif dari fungsi Bessel jenis 1 ordo 0 ( $J_0(R \alpha_n)$ ).  $J_1$  adalah fungsi Bessel jenis pertama ordo 1. Dari persamaan-persamaan yang terbentuk tadi terlihat jelas kaitan antara parameter termofisik seperti  $Dv$ , ukuran bahan, kadar air awal dan kadar air keseimbangan mempengaruhi laju penurunan kadar air dalam bahan. Mengingat bentuknya yang beragam dan kompleks tsb. maka seringkali untuk menyederhanakan masalah biasanya lapisan tumpukan bahan yang dikeringkan dianggap

sebagai lempeng tak berhingga bagaimanapun bentuk individu dari bahan tsb. (Henderson dan Perry, 1976).

## a-2. Penentuan parameter pengeringan

Untuk merancang dan membuat alat pengukur sifat termofisik bahan ini saya telah dibantu oleh mahasiswa bimbingan. Salah satu hasil rancangan tsb. dapat dilihat pada Gbr.4. Dengan alat ini dapat dilakukan percobaan lapisan tipis ataupun tebal yang diperlukan untuk menentukan berbagai parameter pengeringan seperti kadar air keseimbangan  $M_e$ , konstanta pengeringan  $k$  atau  $D_v$ , koefisien pindah panas dalam tumpukan biji-bijian  $h_m$ , penurunan tekanan udara melalui tumpukan biji-bijian,  $\Delta P/L$  dll. untuk berbagai geometri bahan.

Dengan menggunakan teknik Newton-Raphson, metoda beda kuadrat terkecil maka nilai-nilai parameter pengeringan dapat ditentukan. Untuk penentuan koefisien pindah panas efektif dalam tumpukan dapat digunakan berbagai metoda antara lain dengan metoda analisis dimensi Dow dan Jacob (1957), analisis pindah panas dalam tumpukan tebal yang dilakukan oleh Bird dkk. (Bird et al, 1960). Nilai panas laten diukur setelah diketahui nilai  $M_e$  pada berbagai kondisi suhu dan RH, seperti dikemukakan oleh Hall (1980). Selain pengukuran sifat termofisik biji-bijian dapat pula dilakukan hal yang sama untuk buah-buahan atau sayuran dalam upaya diversifikasi peluang dan pengembangan agribisnis yang sebenarnya sudah lama di kembangkan dinegara lain.



Gbr.4. Peralatan untuk mengukur parameter pengeringan

Dengan menggunakan teknik ini sudah banyak pengukuran dilakukan bersama mahasiswa bimbingan baik pada tingkat sarjana maupun pascasarjana. Hasil pengukuran parameter pengeringan untuk beberapa komoditas pertanian disajikan pada Tabel 1 di Lampiran B.

Dalam upaya meningkatkan ketepatan pendugaan perubahan kadar air dalam bahan, penentuan parameter  $D_v$  yang sesungguhnya merupakan topik penelitian yang menarik untuk ditelusuri lebih lanjut. Untuk itu analisis dengan teknik elemen hingga mungkin merupakan salah satu metoda yang dapat dianjurkan. Sejalan dengan hal tsb. pengukuran parameter geometris yang kompleks dari bahan pertanian dengan menggunakan metoda “*digital image processing*” dapat pula mulai dikerjakan. Pengkajian yang lebih mikro melalui metoda terakhir ini, dengan memperhitungkan nilai  $D_v$  yang mungkin

berbeda tergantung kepada arah penguapan diharapkan dapat menerangkan bentuk struktur bahan ditinjau dari proses termal dan perpindahan massa secara lebih akurat sehingga pencegahan kehilangan kandungan gizi dan zat berguna dalam bahan pada proses pengeringan dapat dilakukan. Dengan demikian kemungkinan untuk inovasi teknik dan teknologi pengeringan baru dapat diciptakan sesuai dengan tuntutan kebutuhan dimasa yad..

Disamping untuk menduga kadar air dalam bahan, persamaan pindah massa mempunyai analogi dengan persamaan dasar distribusi suhu dalam bahan pertanian dimana untuk proses perpindahan panas koefisien proporsionalitas  $\alpha$ , yaitu koefisien difusivitas panas bahan yang akan berperan. Dengan mengetahui distribusi suhu dan kadar air dalam bahan maka berbagai kemungkinan pengembangan teknologi untuk proses termal dapat dikaji. Adanya berbagai cara pengeringan dengan suhu tinggi dan waktu cepat, umpamanya, yang diperlukan untuk memberantas jamur dan jasad renik pada biji-bijian sangat memerlukan pengetahuan distribusi suhu yang akurat sehingga suhu yang tinggi yang diterapkan tadi tidak sampai merusak bahan pertanian yang dikeringkan.

### **b. Difusivitas Termal**

Seperti halnya biji-bijian banyak pula buah-buahan dan sayuran di negeri kita yang mempunyai berbagai bentuk geometri dari yang berbentuk bulat, lonjong, lempeng, dsb. Bahan-bahan ini sangat memerlukan proses termal seperti pendinginan, pemanasan sebagai proses pascapanen yang berguna untuk mempertahankan

mutu bahan tsb. Pemanasan, umpamanya berguna untuk membunuh cendawan atau bakteri yang nantinya akan merusak produk sedangkan pendinginan akan membantu mempertahankan daya simpan hasil pertanian tsb. Dalam hal ini, difusivitas termal,  $\alpha$ , sangat berperan dalam menentukan laju dan magnitudo pemanasan dan pendinginan suatu bahan disamping data lainnya seperti koefisien pindah panas  $h$ . Dengan diketahuinya proses ini maka energi yang diberikan dapat diberikan sesuai dengan kebutuhan dan tingkat suhu yang dihasilkan tidak akan merusak kualitas bahan atau produk yang mengalami proses termal. Model keseimbangan panas atau keseimbangan energi dalam benda padat dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\partial T/\partial t = \alpha \nabla^2 T \quad [16]$$

Berbeda dengan biji-bijian yang ukurannya kecil buah-buahan dan sayuran mempunyai ukuran yang agak besar sehingga distribusi suhu dalam bahan dapat diukur umpamanya dengan termokopel, disamping suhu-rata rata sehingga pengecekan serta keabsahan nilai  $\alpha$  yang diukur dapat diuji secara lebih meyakinkan. Mengingat keterbatasan peralatan di laboratorium kami selama ini maka beberapa metoda sederhana telah dikembangkan untuk mendapatkan nilai dugaan  $\alpha$  untuk beberapa komoditas penting di negara kita. Cara tersebut meliputi penentuan langsung nilai  $\alpha$  dari pers.[16] setelah diketahui data sebaran suhu terhadap waktu  $T$  dan jarak dari pusat bahan,  $r$ , untuk bola dan silinder dan  $y$  untuk bahan berbentuk lempeng

satu dimensi melalui pengukuran dengan termokopel. Cara lain adalah dengan pemecahan numerik (beda hingga) dari pers.[17] dengan memberikan kondisi awal dan batas yang sesuai kemudian menggunakan data sebaran suhu untuk penentuan  $\alpha$ .

Jadi untuk bahan berbentuk bulat

$$\alpha = \{(\Theta_{i+1} - \Theta_i) \Delta r^2\} / [\Delta t (\Theta_{i-1} - 2\Theta_i + \Theta_{i+1})] \quad [17]$$

disini  $\Theta = T_r$  [18]

Beberapa perbaikan ketajaman pendugaan dengan cara terakhir ini telah pula diupayakan umpamanya dengan cara "curve fitting". Hasil pendugaan nilai  $\alpha$  untuk beberapa produk pertanian di negara kita dapat dilihat pada Tabel 2 di Lampiran B. Nilai  $\alpha$  dapat pula diduga dengan menggunakan metoda pengukuran komponennya berdasarkan hubungan

$$\alpha = \lambda / (\rho C_p) \quad [19]$$

dimana  $\lambda$ , konduktivitas panas bahan (W/m-K)

$\rho$ , kerapatan bahan (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$ , panas jenis bahan (kJ/kg-K)

Konduktivitas bahan dapat diukur dengan alat pengukur konduktivitas panas bahan seperti KEMTHERM (Kamaruddin dan Sagara, 1992),  $C_p$  dengan metoda campuran (Chowdary, 1988) sedangkan  $\rho$  dapat diukur dengan mengetahui massa dan

volume bahan. Hasil pengukuran  $\alpha$  dengan metoda tidak langsung ini dapat dilihat pada Tabel 2 di Lampiran B.

#### **IV. Optimasi Dan Simulasi Sistem Termal Pengolahan Hasil Pertanian Dengan Energi Surya**

Dengan tersedianya data sifat termofisik atau sifat transport seperti dikemukakan diatas akan memungkinkan kita untuk melakukan optimasi rancang bangun serta simulasi sistem termal proses pengolahan hasil pertanian.

##### **a-1. Optimasi dan simulasi sistem pengering**

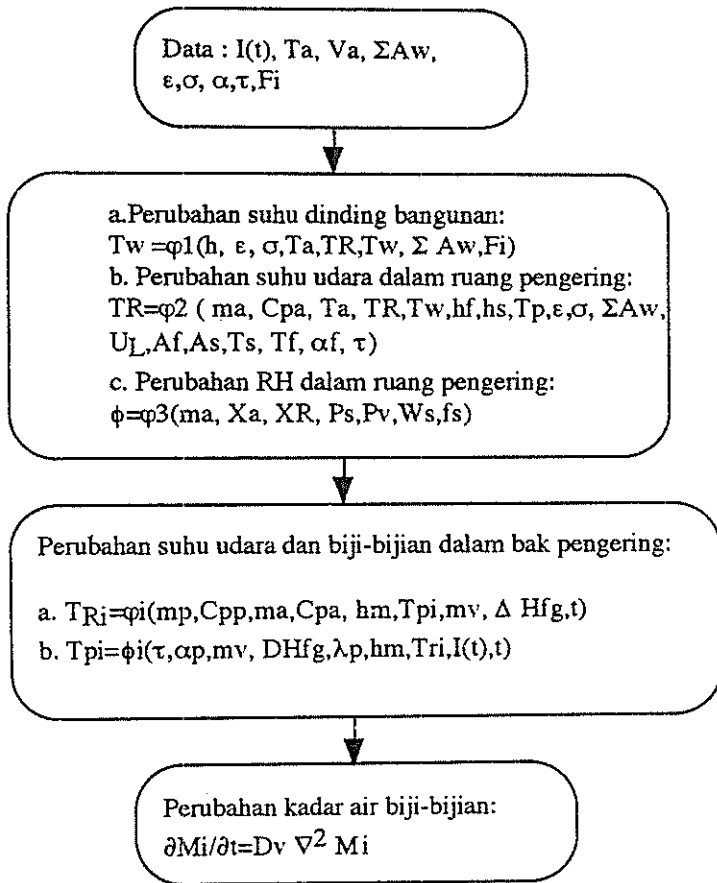
Hasil optimasi dengan menggunakan metoda pengganda Lagrange, umpamanya, untuk sistem pengering energi surya yang menggunakan kolektor surya seperti pada Gbr. A-3 biaya konstruksi komponen kolektor surya merupakan komponem dengan biaya tertinggi diikuti oleh biaya kipas dan yang terendah adalah biaya pembuatan bak pengering (Kamaruddin, 1995). Karena itu pengembangan sistem pengering yang menggunakan efek rumah kaca seperti terlihat pada Gbr. A-1 sampai A-5 di Lampiran perlu dikaji lebih lanjut penerapannya di Indonesia baik untuk skala petani maupun untuk perkebunan besar. Di berbagai negara seperti India, Bangladesh dan Cina telah menggunakan sistem ini untuk pengeringan pada skala komersial.

Teknik simulasi sangat berguna untuk mengetahui kinerja sistem pengering sebelum dibangun karena dengan demikian kita dapat terlebih dahulu mengetahui jumlah bahan konstruksi yang diperlukan, termasuk jenis serta kualitasnya. Selain dari pada itu

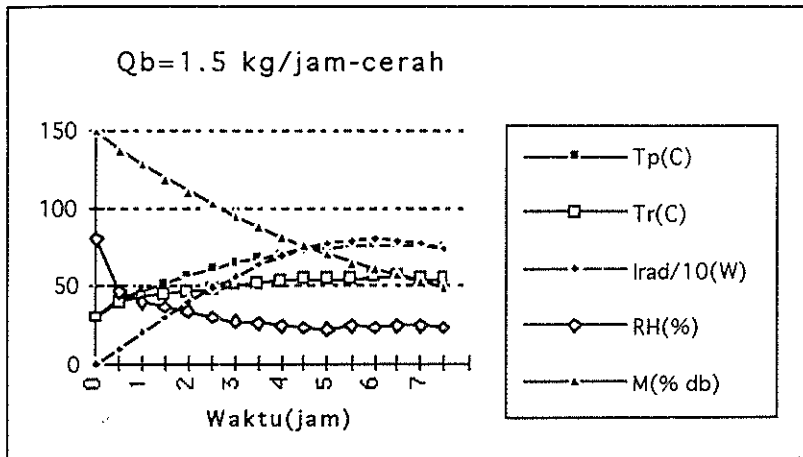
dapat pula diperkirakan tambahan peralatan yang diperlukan untuk mencapai kondisi operasi pengeringan yang diinginkan untuk mencapai kualitas akhir pengeringan. Dengan demikian biaya pengembangan alat dapat ditekan semurah mungkin. Algoritma proses simulasi dapat dilihat dalam Gbr.5 dimana terlihat bagaimana parameter pengeringan berperan dalam menduga perubahan kadar air bahan selama proses pengeringan. Dengan teknik simulasi ini kita dapat mempelajari pengaruh berbagai faktor operasi proses seperti laju penambahan panas pengaruh cuaca terhadap kondisi optimal untuk mendapatkan kualitas pengeringan yang diinginkan. Proses simulasi pada Gbr.5. tsb. diperuntukkan bagi sistem pengering dengan efek rumah kaca seperti terlihat pada Gbr.A-1. Salah satu contoh hasil simulasi untuk suatu prototipe yang diuji dapat dilihat pada Gbr.5. dimana untuk mencapai suhu yang diinginkan, umpamanya, untuk pengeringan kopi diperlukan penambahan plat hitam untuk penyerap energi surya pada bagian atas bangunan atau bila perlu penambahan panas dengan penggunaan energi biomassa.

Pada Gbr.6 tsb.ditunjukkan pemanasan pada kondisi udara cerah dengan tambahan energi dari tungku biomassa  $Q_b$ , sebesar 1.5kg/jam atau setara dengan 6.1 kW, dimana laju udara pengering dipertahankan tetap pada  $m_a=0.1$  kg/jam. Untuk menguji ketepatan hasil simulasi perlu dilakukan uji validasi di laboratorium, umpamanya, dengan membuat prototipe alat pengering sebelum sistem yang ingin dikembangkan ini dipasarkan ke masyarakat.





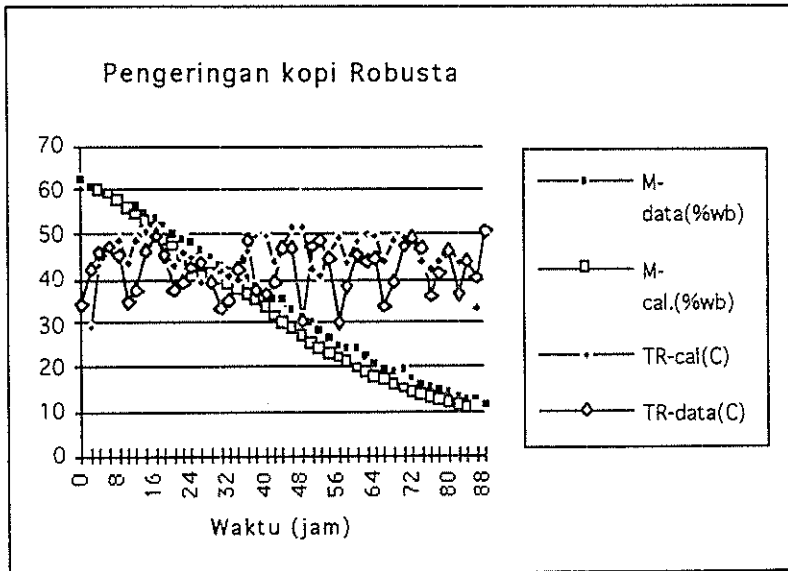
Gbr.5. Algoritma proses simulasi sistem pengering energi surya dengan efek rumah kaca. Subskrip i menyatakan urutan lapisan biji-bijian dalam tumpukan.



Gbr. 6. Hasil simulasi perubahan suhu dalam ruangan pengering ERK dengan pemanasan tambahan dan penambahan plat hitam penyerap panas energi surya.

### a-2. Kinerja sistem pengering energi surya

Untuk melakukan uji performansi alat pengering energi surya dengan efek rumah kaca digunakan prototipe seperti terlihat pada Gbr. A-2 di Lampiran A (Kamaruddin , 1995, 1996). Alat ini mempunyai ukuran lantai semen 3.6 m x 3.6m, dan terbuat dari bahan transparan fiberglass dan kerangka besi. Kapasitas kipas yang digunakan adalah 0.5 HP, 1400 rpm. Dari hasil uji kinerja alat dapat diketahui kelayakan teknis alat antara lain yang menyangkut, suhu dan RH udara pengeringan, lama pengeringan, kebutuhan energi, efisiensi termal serta efisiensi pengeringan sistem secara keseluruhan. Gbr.7 menunjukkan suatu contoh perbandingan antara hasil perhitungan simulasi dan data hasil percobaan yang dilakukan dengan alat yang ditempatkan di Puslit Kopi dan Kakao Jember .



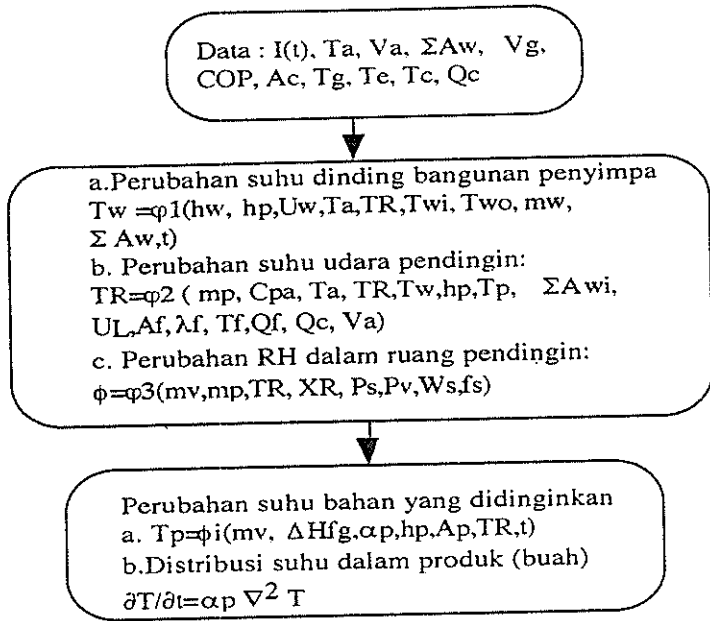
Gbr. 7. Perbandingan antara hasil simulasi dan data pengamatan

Dari perbandingan antara simulasi dan percobaan diketahui permasalahan yang masih ada dalam upaya menyempurnakan kinerja alat. Dengan demikian secara bertahap penyempurnaan rancang bangun dilakukan secara sistematis karena setiap permasalahan yang timbul dapat dikaji ulang melalui proses simulasi. Dengan terkumpulnya data sifat termofisik bahan maka dimungkinkan penerapan sistem pengeringan untuk berbagai komoditas perdagangan di negara kita. Alat yang dihasilkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh industri kecil atau menengah tergantung kecanggihan alat yang dikembangkan dalam rangka memacu proses industrialisasi di daerah pedesaan.

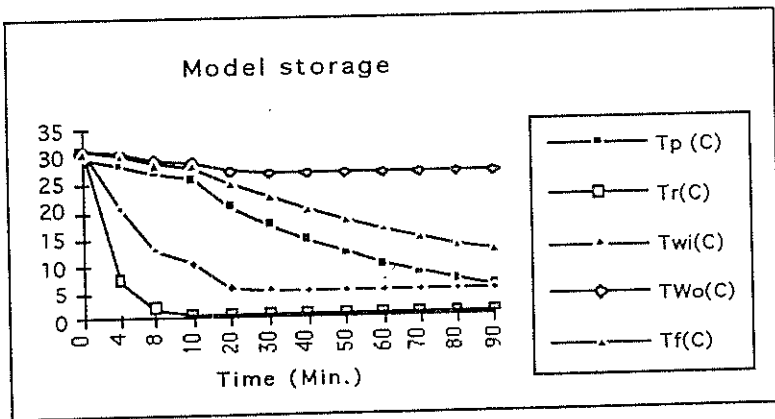
## **b. Simulasi sistem penyimpanan dingin**

Seperti halnya pada proses simulasi pengeringan pada simulasi sistem pendinginan dengan energi surya bertujuan untuk menentukan jenis komponen yang masih diperlukan untuk mencapai kondisi suhu dan RH udara dalam ruang penyimpanan yang menjamin lamanya penyimpanan hasil pertanian. Untuk tujuan simulasi ini diperlukan model dasar yang disusun berdasarkan kaidah keseimbangan energi seperti digambarkan secara diagramatik pada Gbr.8. Model sistem pendingin dapat berbentuk seperti pada Gbr. A-6 dimana pada sistem ini pendinginan dilakukan dengan cara pindah panas radiasi malam hari yang sebenarnya merupakan salah satu dampak dari adanya energi surya yang jatuh di muka bumi kita. Untuk daerah pegunungan dimana sayur-sayuran diproduksi, suhu sekitar 18 C atau lebih rendah dapat dijumpai dan dapat diturunkan lagi melalui proses pindah panas radiasi malam hari tsb. Dengan cara ini alat yang diperlukan menjadi sangat sederhana dan tentunya jauh lebih murah dibandingkan dengan menggunakan mesin pendingin biasa. Cara lain seperti telah dikemukakan diatas adalah dengan menggunakan tipe absorpsi  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  atau  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ .

Dari hasil perhitungan simulasi didapatkan pola perubahan suhu bahan yang disimpan seperti terlihat pada Gbr. 9. Disini terlihat pula bahwa agar suhu ruangan konstan diperlukan sistem pendingin tambahan yang dapat dilakukan dengan sistem pendingin tipe absorpsi yang digerakkan oleh energi biomassa.



Gbr. 8. Diagram alir simulasi sitem penyimpan dingin buah-buahan dan sayur-sayuran dengan energi surya



Gbr.9. Hasil simulasi distribusi suhu dalam buah yang disimpan dalam ruang dingin. .

## V. Penutup

Pada bagian akhir dari orasi ini saya ingin menekankan tentang perlunya melakukan penelitian yang konsisten, akurat, tingkat kepercayaan yang tinggi (*reproducibile*), berlaku umum dan terarah sehingga secara perlahan-lahan tetapi sistematis akhirnya tidak saja dapat diciptakan teknologi yang kita dambakan dan juga oleh masyarakat tetapi juga sumbangsih terhadap peningkatan pemahaman ilmiah tentang proses yang kita teliti. Dengan demikian diharapkan kualitas materi kuliah akan dapat ditingkatkan sejalan dengan peningkatan pengetahuan kita terhadap suatu proses atau mekanisme alam yang kita teliti. Alangka baiknya apabila hasil penelitian kita dapat berguna bagi pembangunan di negara kita khususnya dalam upaya kita menguasai iptek yang maju dengan pesat dan dalam mengantisipasi era globalisasi yang sudah mulai kita alami saat ini. Seyogyanya pula sejalan dengan usaha diatas pembentukan jaringan yang selalu menghubungkan para peneliti dengan minat yang sama baik pada taraf nasional, regional maupun internasional akan mempercepat proses pemecahan masalah yang diteliti dan mengurangi duplikasi yang tak berguna. Teknologi komunikasi saat ini telah memungkinkan hal itu terlaksana. Pendekatan Ilmu Teknik Pertanian masih perlu kita kembangkan dan terapkan di masyarakat luas agar keberadaan bidang ilmu Teknik Pertanian ini dapat lebih dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Semoga beberapa rintisan kecil yang telah saya kerjakan selama ini dapat terus diikuti oleh rekan sejawat lain, dosen muda dan para mahasiswa para praktisi di lapangan sehingga hasilnya betul-betul dapat membawa kesejahteraan bagi masyarakat banyak.

## Notasi

A	koefisien bentuk (-)
A	luas lantai atau luas permukaan ( $m^2$ )
$C_v$	nilai kalor biomassa (kJ/kg)
$C_p$	panas jenis (J/ kg-C)
$D_v$	difusivitas massa ( $m^2/det.$ )
$F_i$	faktor pandangan (-)
$\Delta H_{fg}$	panas laten penguapan (kJ/kg)
h	koefisien pindah panas konveksi ( $W/m^2-C$ )
I	radiasi surya global ( $kW/m^2$ )
k	konstanta pengeringan (1/jam)
m	massa (kg)
$m'$	laju massa (kg/det.)
M	kadar air bahan (% bk)
$P_w$	daya kipas ( kW)
$Q_1$	panas untuk meningkatkan suhu bahan (kJ)
$Q_2$	panas penguapan bahan (kJ)
$Q_b$	laju pemanasan tambahan dari tungku biomassa (W)
r	jarak radial (m)
$U_L$	koefisien pindah panas total ( $W/m^2-C$ )
W	massa produk (kg)
t	suhu (C)
T	suhu mutlak (K)

## Subskrip

a	udara
e	ekuilibrium
f	lantai
i	inlet
o	awal, outlet
p	lempeng, produk atau plat
R	ruang
w	dinding, air

## Simbol huruf Yunani

- $\alpha$  koefisien penyerap panas (-), difusivitas panas ( $m^2/det.$ )  
 $\eta$  efisiensi (-)  
 $\sigma$  konstanta Stefan-Boltzmann  $,5.67 \times 10^{-8} W/m^2-K^4$   
 $\tau$  koefisien tembus sinar surya dinding bangunan (-)

## Kepustakaan

- ASEAN Canada Project on Solar Energy in Drying Processes, 1994. *Summary Report on Construction and Commisioning Workshop*, Bandung 10-11 October.
- Bird, R.B., W.E. Steward and E.N. Lightfoot, 1960. *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons, Inc. London.
- Carslaw, H.S. and J.C. Jaeger, 1971. *Conduction of Heat in Solids*. 2nd Ed. Oxford, Clarendon Press, Oxford, UK.
- Chowdary, T.P., 1988. Thermal properties of Mangoes. Master of Engineering Thesis, AIT, Bangkok.
- Dow and Jacob, 1957. *in* Lapidus, L. (1962). *Digital Computation for Chemical Engineers*. Chemical Engineering Series, McGraw Hill, New York.
- Foell, W.K., 1983. *Energy systems Analysis and Planning in Indonesia*. A preliminary Report on the Intensive Course /Workshop. University of Wisconsin, Wisconsin, USA.
- Grob, G., 1996. Proc. 6th. International Energy Conference and Exhibition-ENERGEX'96, Beijing, June 3-7.
- Hall, C.W., 1957. *Drying Farm Crops*. Consulting Association Inc. Reynoldsburg.
- Harijono, H., 1995. Trends in Efficient Supply and Use of Energy in Fast Developing Economies-The case of Indonesia. Transactions, International Symposium on Energy, Environment and Economics, Melbourne, Australia, 20-24th August. pp.23-38.
- Henderson, S.M. and R.L Perry, 1976. *Agricultural Process Engineering*, The AVI, Pub. Co. Inc. Westport.
- Kamaruddin A., and Y. Sagara, 1992. Thermophysical properties of tropical agricultural products, Paper No. 926066. Int. Summer Meeting of the ASAE, Charlotte, June 21-24.



- Kamaruddin Abdullah, Sri Mulato, Endah Agustinah and Dyah W.,1995. *Drying Performance of a Fiberglass house Solar Dryer*. International Symposium on Energy Economics and Environment, Melbourne Australia, November 20-25.pp.253-257.
- Kamaruddin Abdullah, 1995. *Optimasi dalam Perencanaan Alat Pengering Hasil Pertanian Dengan Energi Surya*.Laporan Penelitian Hibah Bersaing I, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Kontrak No.039/P4M/DPPM/PHB/95.
- Kamaruddin Abdullah, 1996. *Solar Drying of Coffee*. Workshop on Industrial Drying Technology, CREATA-LP-IPB, Bogor, August 20-22.
- Lyons, S.,1978. *Sun! A Handbook for Solar Decade*. Friends of the Earth, Sanfarnsisco,US.
- Mursalim, 1994. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Nishiyama, Y. 1974. Doctoral Dissertation, The University of Tokyo.
- Nitta,Y.,1996. A Case Study of Sustainable Development, Proceedings of the Asia Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technology, P.F. Greenfield, C.Y. Liu, J.H.Tay, G.Q.Liu, A.C. Lua and K.C. Toh Edited, 19-21 June, Singapore. pp.559-576.
- Ridwan Tahir, 1986. Disertasi Doktor, IPB.
- Silaban,M. 1994. *Perancangan Alat Pengering Kayu dengan Sumber Energi Matahari dan Biomassa..* Workshop on Solar Thermal Energy Utilization System "Drying Technology", BPP Teknologi, Jakarta, Feb.9.
- Supriyono, 1986. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian, IPB.
- Vo-Ngoc, D. and N.K. Srivastava, 1993. *Evaluation and Application of a Simple Pressure Difference Inducer Device (PDID) for Postharvest Drying and Storage*. Universite de Moncton, Canada.
- Wan Ramli wan Daud,dkk.,1994.*Drying of Cocoa Beans*. Drying '94. Vol.4. Edited by V. Rudolph and R.B. Key, Proc. IDS'94. Gold Coast, Australia.

## Ucapan Terima Kasih

Hadirin yang terhormat.

Saya akan mengakhiri orasi ilmiah ini dengan memanjatkan syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT karena atas ridho, dan rahmatNya lah saya telah mampu menempuh berbagai tantangan hidup selama ini. Atas ridhoNya dan rahmat serta karuniaNya pula saya diberikan jalan dan petunjuk dalam meniti karir kehidupan akademik sehingga akhirnya dapat berdiri dihadapan hadirin sekalian untuk menyampaikan beberapa pengalaman akademik pagi ini, yang masih jauh dari sempurna untuk dapat diteruskan oleh rekan sejawat serta mahasiswa yang tertarik dalam bidang Ilmu Teknik Pengolahan Hasil Pertanian.

Pada kesempatan yang berbahagia ini saya menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Rektor sebagai Ketua Senat Institut Pertanian Bogor beserta seluruh anggota Senat Guru Besar IPB, Dekan dan segenap anggota Senat Fakultas Teknologi Pertanian, IPB yang telah menyetujui pengusulan saya untuk mendapat kehormatan sebagai Guru Besar tetap di IPB yang tercinta ini. Semoga Yang Maha Kuasa terus memberikan bimbingan dan kekuatan dan kesehatan kepada saya untuk terus dapat mengembangkan tugas yang mulia tsb. di IPB ini. Kepada Prof. Dr. H. A.M. Satari, Prof. Dr. Ir. H. Andi Hakim Nasoetion, Prof. Dr. Ir. H. Sitanala Arsyad dan Prof. Dr. Ir.H. Soleh Solahuddin sebagai Rektor IPB telah sudi menerima saya sebagai dosen dan seterusnya memberikan banyak peluang untuk dapat berkiprah dalam berbagai kegiatan baik akademik, profesi maupun administrasi di IPB ini yang akhirnya telah membawa saya kejenjang kesuksesan dalam karir sebagai dosen. Saya mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada Pak Andi

yang telah mempercayai saya untuk membantu beliau bersama Prof. Dr. Ir. H. Edi Guhardja di Program Pascasarjana IPB setahun sejak saya diterima di IPB ini dan secara terus menerus mendorong dan mengarahkan sehingga saya dapat menyiapkan segala-galanya untuk pengusulan menjadi guru besar tetap di IPB ini. Pak Edi sebagai atasan sangat memberikan pengertian dan kesempatan sehingga disamping sebagai administrator saya masih dapat melaksanakan kegiatan tridharma perguruan tinggi dengan baik. Kepada Ir Oetomo Djajanegara yang juga telah membantu pada proses pelamaran saya ke IPB dan kemudian selalu terus membantu sejak saya diterima dan dalam meniti karir di IPB ini saya juga mengucapkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya. Kepada almarhum Prof. Dr. Ir. H. Siswadi Soepardjo, Prof. Dr. F.G. Winarno dan Ir H. Soesarsono Wijandi MSc yang pada awal kehidupan saya sebagai dosen di IPB telah sangat membantu dalam mengarungi hidup yang penuh tantangan apalagi setelah saya meninggalkan negara tercinta ini dalam waktu yang cukup lama.

Kepada pemerintah khususnya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Japan Society for the Promotion of Sciences, dll. yang telah memberikan kesempatan dan dana penelitian seperti BBI, Hibah bersaing, Hibah Tim Proyek URGE, Voucher, the Japan Society for the Promotion of Sciences (JSPS) yang telah memberikan kesempatan, memperluas wawasan dan pengalaman serta kepada SEARCA, Seamco Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture yang telah memberikan kehormatan bagi saya untuk menerima professorial chair research grant saya mengucapkan terima kasih.

Kepada Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Ketua Jurusan dan segenap rekan di Jurusan Teknik Pertanian, FATETA, IPB saya

ucapkan terima kasih atas segala bantuan dan kesempatan berkiprah dalam berbagai kegiatan dalam meniti karir selama ini. Tak lupa saya sampaikan penghargaan pada kesempatan yang berbahagia ini kepada segenap mahasiswa bimbingan saya baik pada tingkat sarjana maupun pascasarjana yang secara bersama-sama telah mencoba menguak beberapa ketidak tahuan kita selama ini dalam upaya memahami berbagai proses alam yang berkaitan dengan bidang Teknik Pertanian. Dari pengalaman bekerjasama dengan mereka saya merasakan bahwa putra-putra bangsa kita mampu melaksanakan penelitian dengan baik apabila diberikan kesempatan dan dana yang memadai.

Kepada segenap panitia Orasi FATEETA dan IPB saya ucapkan terima kasih atas jerih payah mereka menyiapkan dan melaksanakan acara orasi ilmiah ini dengan baik dan sempurna. Masih banyak lagi sebenarnya yang telah membantu saya dan memberikan suasana dan lingkungan kehidupan bermasyarakat dan akademis yang menyenangkan selama ini dan tak dapat saya sebutkan satu persatu dalam kesempatan yang berbahagia ini. Kepada mereka tak lupa saya mengucapkan rasa hormat dan terima kasih setulus-tulusnya.

Kepada segenap guru yang telah mendidik saya sejak memasuki SD dan telah memberikan saya dasar-dasar pemahaman ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang nantinya sangat berguna bagi saya dalam bergaul, menempuh jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Untuk itu saya menyampaikan ucapan penghargaan, hormat serta terima kasih yang setulus-tulusnya. Juga kepada Bapak H. Musa Effendy SH yang telah memberikan informasi dan peluang untuk dapat mengikuti ujian negara dan akhirnya saya mendapatkan kesempatan emas untuk studi di Jepang saya juga mengucapkan rasa hormat dan terima kasih.

juga mengucapkan rasa hormat dan terima kasih.

Kepada pemerintah Indonesia dan Jepang yang telah mengirim, menerima dan memberikan beasiswa selama studi sampai mencapai gelar tertinggi di bidang Teknik Pertanian saya mengucapkan terima kasih. Kepada para dosen serta para pembimbing baik pada tingkat Gakushi (sarjana), Shushi (Magister ) dan Hakushi (Doktor) khususnya kepada Prof.Dr. Junichi Yonemura, Almarhum Prof .Dr.Toraji Tawara, Prof Dr. Fusakazu Ai, Prof. Dr. Akira Hosokawa, Prof Dr.. Hiroshi Morishima saya menyampaikan rasa hormat, penghargaan dan rasa terima kasih setulus-tulusnya. Kepada Prof. Jiro Sugi yang telah merintis kerjasama ilmiah melalui JICA dan JSPS dan telah memberikan kesempatan bagi saya untuk membantu tugas mulia beliau saya mengucapkan banyak terima kasih.

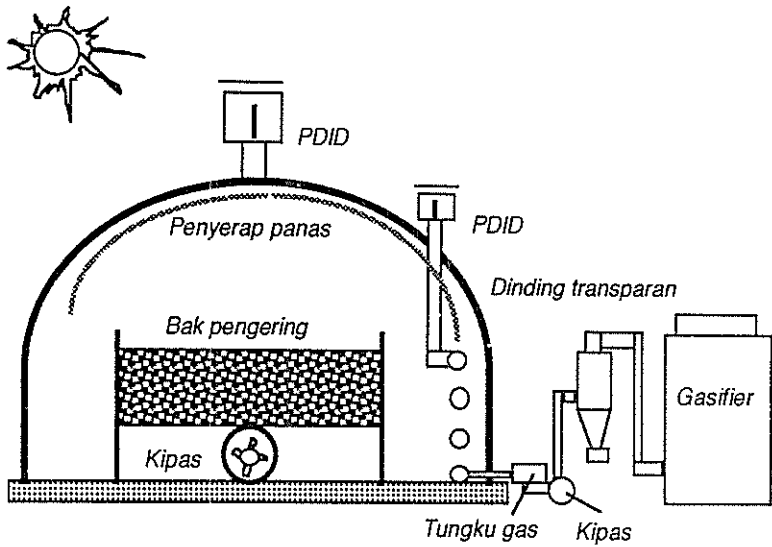
Kepada segenap keluarga terutama kepada almarhum ayahanda H. Abdullah dan ibunda Hj. Siti Fatimah serta nenek dan kakek Bolang M.Ali yang telah mengasuh dan menjadi guru sejak kecil dan telah memberikan bekal dasar serta falsafah hidup yang kuat sehingga saya dapat mencapai taraf kehidupan seperti sekarang. Karena jasa-jasa dan doa beliaulah saya dapat meraih berbagai keberhasilan dalam karier saya selama ini. Suatu hal yang tak dapat dilupakan sampai akhir hayat. Kepada anggota keluarga yang lain, adik-adik dan kakak serta para famili yang telah membantu dan memberikan nasihat kepada saya selama ini saya tak lupa mengucapkan terima kasih. Kepada mertua serta famili baik dari pihak keluarga Kenkichi Ishitsu di Jepang dan keluarga A. Sori Harahap di Jakarta saya mengucapkan terima kasih atas doa, bantuan serta nasihat yang diberikan kepada saya. Akhirnya kepada istri almarhumah Nurul'aini yang telah mendampingi saya selama studi Doktor di Jepang dan banyak

membantu dalam segala hal saya menyampaikan rasa terima kasih dan berdoa semoga arwahnya beserta amal ibadahnya diterima disisi Allah yang Maha Kuasa. Saya sangat berterima kasih kepada Silvia Widianti yang kemudian menjadi pendamping saya yang setia selama ini dan juga kepada anak-anak yang selalu memberikan dorongan, kepercayaan dan pengertian yang luas sehingga saya dengan tenang dapat melaksanakan dan menghadapi berbagai tugas akademik serta kehidupan berkeluarga selama ini. Khusus kepada istri saya, Silvia Widianti yang secara sepenuh hati telah menyayangi, mendidik, dan membesarkan anak-anak, saya sampaikan rasa kasih sayang setulus-tulusnya. Semoga Allah SWT selalu memberkati kita semua Amin.

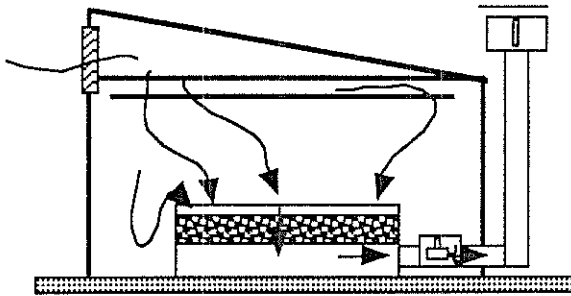
Kepada para seluruh hadirin, saya ucapkan terima kasih yang tak terhingga untuk waktu yang telah diluangkan dalam menerima undangan kami dan mengikuti acara orasi imiah ini dengan khidmat.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabaraktuh.

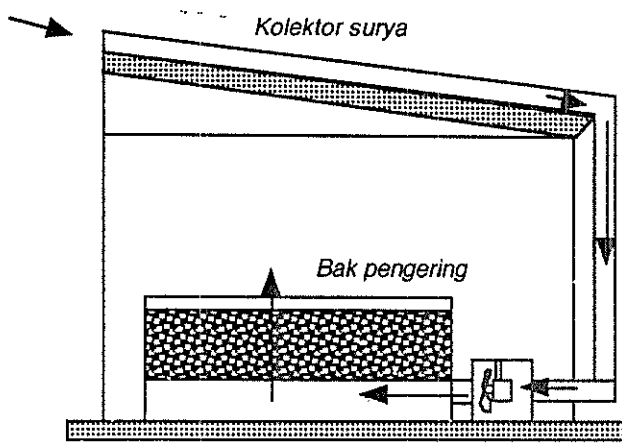
Lampiran A.



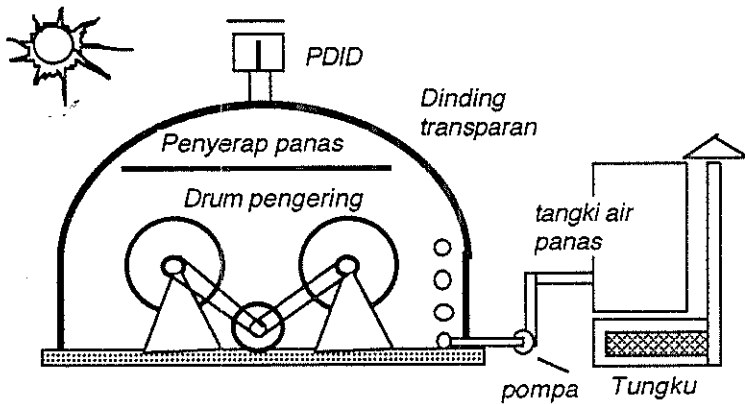
Gbr. A-1. Pengeriing energi surya efek rumah kaca tipe terowongan



Gbr. A-2. Pengeriingan energi surya efek rumah kaca tipe rumah

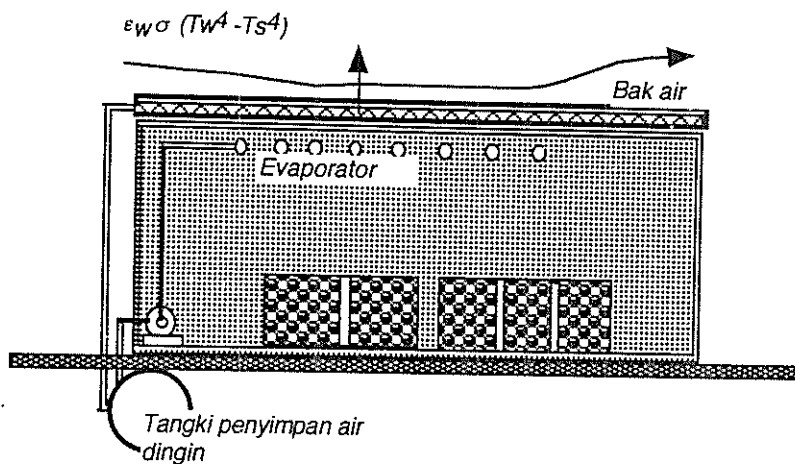


Gbr.A-3. Pengering surya dengan atap berfungsi sebagai kolektor panas



Gbr. A-5. Pengering energi surya efek rumah kaca tipe terowongan dengan tempat pengering berbentuk drum





Gbr.A-6. Sistem penyimpan dingin dengan menggunakan air sebagai zat pendingin

## Lampiran B

Table 1. Parameter pengeringan dari beberapa komoditas pertanian

Komoditas	Kopi Robusta	Jagung	Kedelai	kakao
A. Model lempeng tak berhingga				
1. Konstanta k : $k = \exp(a-b/T)$				
k=	(1/jam)*	(1/men.)**	(1/men.)**	(1/jam)**
a=	23.324	1.9281	0.0484	5.3476
b=	8441.25	2803.35	1963.79	3707.65
2. K.a. Keseimbangan: $Me = a_1 + a_2(DT) + a_3(DT)^2, DT = T_d - T_w$				
	a1=11.1144	a1=12.6999	a1=16.5013	a1=14.63
	a2=-0.412064	a2=0.1883	a2=-0.12729	a2=-1.1348
	a3=0.004892	a3=-0.024455	a3=-0.02387	a3=0.03082
B. Model bola				
1. Konstanta Dv				
		7.65	46.4	
(x 10 <sup>16</sup> m <sup>2</sup> /det.)				

\*) Supriyono (1986), M, dihitung dg. persamaan lapisan tipis Henderson (1976)

\*\*) M, dihitung dg. persamaan dugaan lempeng Nishiyama (1974)

Tabel 2a. Rekapitulasi hasil pengukuran Divusivitas Termal beberapa buah buah tropis				
Metoda	Semangka	Melon	Manggis	Apel Ket.:
			(x e-7 m <sup>2</sup> /detik)	Apel:
<u>1. Langsung</u>				Rho: 700-770kg/cm <sup>3</sup>
a. Numerik (Biasa)	1.6	1.6	0.634	Cp=2.93-3.97
b. Numerik (Curve Fit)	1.65		0.364	kJ/kg C
c. Analitik		1.652		k=0.385-0.628
c. Data akuisi		1.815		W/m K
otomatis (numerik)				k a: 80.2-85.9%bb
<u>2. Tak Langsung</u>				
k-ditentukan dg.				Manggis:
-Kemtherm				0.176 Rho=872.5 kg/m <sup>3</sup>
-Model Rothstein			0.171	d= 6.6cm
k-paralel				W=130.44 g

Tabel 2b. Data geometri beberapa buah buah tropis				
	Panjang (m)	Diameter (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (kg)
	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	(kg)
1. Nenas (n=6)	0.176	0.106	0.00114	0.885
2. Mangga:				
Dermayu(5)	0.116	0.082	0.00028	0.330
Arum manis(+)	0.118	0.075	0.00025	0.310
3. Melon(5)		0.161	0.00196	1.631
4. Semangka		0.180	0.00305	
5. Manggis		0.066	0.00015	0.130
6. Apel Malang		0.762	0.00023	0.172

## RIWAYAT HIDUP

Nama : Kamaruddin Abdullah  
NIP. : 130676733  
Pangkat/ Golongan : Pembina Tingkat I, IV/b.  
Tempat/tgl. Lahir : Sumbawa Besar/10 September 1942  
Agama : Islam  
Unit Kerja : Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Status : Menikah dengan Silvia Widiyanti H.  
dikaruniaai tiga orang anak, yaitu:  
Nurhanna Fujiko, Ghazali, dan  
Iskandar Manabu

### Pendidikan :

1. Sarjana (Nogakushi), Teknik Pertanian, Tokyo University of Agriculture and Technology (Tokyo Noko Dai), 1967.
2. MS (Nogaku shushi), Teknik Pertanian (Tokyo Noko Dai), 1970
3. Dr (Nogaku Hakushi), Teknik Pertanian, Univ. of Tokyo, 1976

## **Riwayat Pekerjaan :**

- 1. Dosen Teknik Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian Fateta, IPB, 1977.**
- 2. Kepala, Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fateta, IPB, 1980.**
- 3. Kepala, Pusat Pengkajian dan Penerapan Ilmu Teknik untuk Pertanian Tropika (CREATA)- Lembaga Penelitian-IPB, 1994**
- 4. Pembantu Dekan II, Fakultas Pascasarjana IPB, 1978-1983.**
- 5. Pembantu Dekan I Fakultas Pascasarjana IPB, 1983-1986**
- 6. Asisten Direktur Program Pascasarjana IPB, 1986- sekarang**

## **Perkuliahhan**

- 1. Energi dan Elektrifikasi Pertanian pada program sarjana Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.**
- 2. Energi Alternatif pada program sarjana Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB**
- 3. Matematika Terapan pada program studi Ilmu Keteknikan Pertanian Program Pascasarjana, IPB dan pada program sarjana Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.**

4. Transport Fenomena pada program studi Ilmu Keteknikan Pertanian Program Pascasarjana, IPB.
5. Tenaga Mesin Pertanian dan Energi Alternatif pada program studi Ilmu Keteknikan Pertanian Program Pascasarjana, IPB.
6. Teknologi konversi energi surya pada program studi Ilmu Keteknikan Pertanian Program Pascasarjana, IPB.
7. Sifat termofisik hasil pertanian pada program studi Ilmu Keteknikan Pertanian Program Pascasarjana, IPB.

#### **Pembimbingan Mahasiswa**

1. Telah berhasil membimbing lebih dari 50 orang sarjana ditambah 2 sarjana Teknik Mesin UI dan masih membimbing 10 Sarjana.
2. Telah berhasil membimbing 17 Magister Sains, 1 dari Tokyo University of Agriculture and Technology, Jepang dan masih membimbing 2 orang peserta program S2
3. Telah berhasil membimbing 11 Dr dan masih membimbing 4 mahasiswa, 2 dari Universitas Stuttgart Jerman.
4. Memeriksa tesis MS Teknik Mesin, International Development Technologies Center dari University of Melbourne Australia

## Penghargaan

1. Dosen Teladan tingkat IPB, 1986
2. Adigrahita, Fateta, IPB, 1995
3. Certificate of Appreciation, SAEDA, Jepang: "in recognizing of the valuable contributions made in the promotion of agricultural reserach and cooperation in the Asian region".

## Keanggotaan Organisasi Profesi dan Panitia/Badan :

- 1979-1986 : Ketua Tim Energi, IPB
- 1979- : Anggota Panitia Teknis Sumber Daya Energi (PTE), Departemen Pertambangan dan Energi.
- 1978-1995 : Kordinator, DGHE-JSPS (Japan Society for the Promotion of Sciences)
- 1989- : Anggota, American Society of Agricultural Engineers (ASAE)
- 1993- : Anggota, Asian Association of Agricultural Engineering (AAAE)
- 1989-1994 : Ketua, PERTETA Perhimpunan Teknik Pertanian
- 1991- : Anggota, Club of Bologna, Italia
- 1994- : Anggota, International Advisory Committee, International Energy Foundation, Canada
- 1995- : Anggota, Advisory Panel, International Drying Symposium (IDS)

- 1992- : Anggota, International Program Committee  
Global Warming, International Conference,  
GWIC, USA.
- 1995- : Anggota Editor, Food Science and Technolo-  
gy, International (FSTI)
- 1995- : Anggota, Majelis Penilai BK-Mesin, PII
- 1994- : Wakil Presiden (ISSAAS) International Socie-  
ty of Southeast Asian Agricultural Sciences.
- 1995- : Anggota, Komite Nasional Indonesia, KNI-  
World Energy Conference (WEC)

**Kegiatan Riset/Seminar :**

**a. Internasional:**

1. Kamaruddin A.: "Biomass Availability and Bioenergy Pro-  
gram as Related to its Environmental Impact", Proc. Solar  
'88, MIT, June, 1988.
2. Kamaruddin Abdullah: " Rural Energy Development in  
Indonesia", Meeting of the International Energy Work-  
shop, IIASA, 20-22 June, 1989, IIASA, Laxenburg,  
Austria.
3. Kamaruddin A., and O.Kitani: "Alternative Energy Re-  
sources for Agriculture", Nodai Research Institute,  
DGHE-JSPS Program, Jan. 1988.



4. Kamaruddin A.: Estimation of Forest Change in Indonesia", International Seminar on Global Warming, Chicago, 9-12 April 1990.
5. Kamaruddin Abdullah : "Biomass Energy Planning and Development in Indonesia ", 2nd Science and Technology Week, Jan.30-Feb.4,1989, Manila.
6. Kamaruddin A. and L.I. Nasoetion: " Agricultural Production Model for ASEAN", 1st ISACDESA, Nov. 20 -24, 1989.
7. Kamaruddin A. and Brauwer: " Experiments and simulation results on thermal performance of a solar tea dryer in Indonesia" Solar '91. Denver, USA, 1992.
8. Kamaruddin A.: "Rice Production Model for Indonesia", 2nd International Seminar on Agricultural Change and Development in Southeast Asia. Phuket, Thailand, November 19-23, 1990.
9. Kimar T, Kamaruddin A., Soedarsono, Tjarinto, : "Electric generation using centrifugal pump", JICA-IPB 5th Joint Seminar as an International Conference On Engineering Applications for the Development of Agriculture in the Asia and Pacific Region. Bogor, October 12-15, 1992.

10. Samsuri T., Kamaruddin A., Y. Sagara, : "Drying Simulation of Shredded Tobacco Leaves Using LPB and Solar Energy". JICA-IPB 5th Joint Seminar as an International Conference On Engineering Applications for the Development of Agriculture in the Asia and Pacific Region. Bogor, October 12-15, 1992.
11. Kamaruddin A. and Y. Sagara, 1992: "Thermophysical Properties of Tropical Agricultural Products", paper No. 926066. International Summer Meeting of the ASAE, Charlotte, USA.
12. Kamaruddin A., A. Kohar Irwanto and I. Nishimura. " Indonesian energy need for sustainable development", International Conference on Engineering Applications for the Development of Agriculture in the Asia and Pacific Region, Bogor, Oct. 12-15, 1992.
13. Kimar T., Kamaruddin A., Tineke M, Sudarsono and Tjarinto: "Electric Generation Using Centrifugal Pump", *ibid.*
14. Kamaruddin A.: "System Optimization in Solar Drying", The 5th International Energy Conference, ENERGEX'93. Seoul Oct. 18-22, 1993.

15. Kamaruddin A. et al. "Drying of Black Pepper Using Solar Energy", IDS'94, Gold Coast, Australia., August 1-4, 1994.
16. Kamaruddin A., Tamrin, E. Wenur and Dyah W.: "Heat and Mass Transfer in Fiberglass House Dryer", International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion'94", FTEC'94. Dec.12-15,1994, Denpasar, Bali, Indonesia.
17. Kamaruddin A. and I. Taruna: " Performance of Renor MP II Flat Plate Solar Collector for the Drying of Cloves and Black Pepper", XII, CIGR and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering, August 29-Sept.1, 1994, Milan, Italy.
18. Kamaruddin A.: " Research and Development of Solar Drying as Innovative Technology", International Seminar on Experiences in Sustainable Agriculture in Southeast Asia: Innovative Approach to Sustainable Agriculture (ESA-III'94), Khon Kaen, Nov. 9-12, Thailand.
19. Kamaruddin A., Tamrin, Oskari A, and Sri Mulato: " Transparent Fiberglass House Solar Dryer for Coffee Drying", ASIC'95, 16th International Conference on Coffee Science, April 9-14, 1995, Kyoto, Japan.

20. Kamaruddin A. et al: Drying performance of transparent fiberglass house solar dryer, International symposium on Energy, environment and economics, The University of Melbourne, 20-24 Nov. 1995.
21. Kamaruddin A. and A. Kohar Irwanto, 1966: Technology selection using multisttribute model for rice production in Indonesia. 7th Global warming conference, 1-4, April, Vienna, Austria.
22. Kamaruddin A. and I. Nishimura, 1996: Research on Cooling System Using Renewable Sources in Indonesia. Proc. Asia-Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technology, Singapore, June 19-21.
23. Kamaruddin A., 1996: Drying of vanilla pods using GHE solar dryer. Proc. The 6th Int. Energy Conference and Exhibition -ENERGEX'96, June 3-7. Beijing. China.
24. Kamaruddin A., 1996: Solar cooling for tropical fruits and vegetables. ENERGEX'96. *ibid*.

b. Regional/ASEAN :

1. Kamaruddin Abdullah : "Biomass Energy Planning and Development in Indonesia ", 2nd Science and Technology Week, Jan.30- Feb.4, 1989, Manila.

2. Kamaruddin A. and L.I. Nasoetion: "Agricultural Production Model for ASEAN", 1st ISACDESA, Nov. 20 -24, 1989.
3. Kamaruddin A.: "Post harvest flow distribution of rough rice and maize in Kediri, Indonesia, 11th Annual ASEAN Technical Seminar on Post Harvest Technology. Kuala-lumpur, August 23-26,1988.
4. Kamaruddin A.: "Simple Computer Programming for Optimization of Solar Drying of Grains", ASEAN Grain Post Harvest Technology,Phuket, Thailand, Aug., 1993.
5. Kamaruddin A.: "Utilization of Heat Gasifier for Drying of Agricultural Product", paper presented in the 5th ASEAN Expert Group Meeting on New and Renewable Energy (NRSE), Jogjakarta, 10-14 May 1993.
6. Kamaruddin A. and M. Syaiful.: "Development of Solar Powered Jet Cooling Machine", The 5th ASEAN Conference on Energy Technology, 25-27 April 1994, Bangkok, Thailand.
7. Kamaruddin A., Tamrin, F. Wenur and Iwan T.: " Performance of Renor MP II Flat Plate Collector to Dry Clove and Black Pepper", The 5th ASEAN Conference on

Energy Technology, 25-27 April 1994, Bangkok, Thailand.

8. Kamaruddin A.: " Optimization and Simulation of Solar Drying System", Workshop on ASEAN-Canada Project on Solar Energy in Drying Process: Construction and Commissioning, Bandung, Indonesia, 10-12 October, 1995.

c. Nasional :

1. Kamaruddin A.: " Availability of Biomass as Energy Resources", Proc. National Workshop on Recent Biomass Development in Indonesia, Directorate General of Electric Power and New Energy-UNESCO, Jakarta, 1988.
2. Kamaruddin Abdullah: " Peranan Keteknikan Pertanian untuk Usaha Swasembada Beras dalam Pelita V", (Role of Agricultural Engineering in maintaining rice selfsufficiency in the 5th five year economic development plan). Seminar dan Kongres Perteta, Malang, Jan. 1989.
3. A.Kohar Irwanto, Kamaruddin Abdullah dkk.: "Pola Aliran Energi untuk Produksi Beras di Lampung", (Energy flow in rice production in Lampung) Seminar dan Kongres Perteta, Malang, Jan. 1989.

4. Kamaruddin Abullah dkk.: "Thermal diffusivities of tropical products and their relation to the development of solar cooling machines", 2nd Joint Seminar on Agricultural Engineering and Technology, JICA-IPB, 7-8, August, 1989.
5. Samsuri T., Kamaruddin A. et.al.: "Performance of shredded tobacco dryer with dual energy sources", 2nd Joint Seminar on Agricultural Engineering and Technology, JICA-IPB, 7-8 August, 1989.
6. Frans Wenur, Yasuyuki Sagara, Kamaruddin A., Atjeng M. Sjarief and Moeljarno, D.: "Freeze drying characteristics and transport properties of shrimp meat", *ibid.*
7. Samsuri T. dan Kamaruddin A.: "Pengeringan tembakau rajangan dengan energi ganda", Lokakarya Penelitian Balai Penelitian Tanaman Industri, Caringin, July, 1989.
8. Kamaruddin A.: " Biomassa Sebagai Sumber Energi di Indonesia", Temu Karya Peringatan Seratus Tahun Usaha Pertambangan Minyak dan Gas Bumi di Indonesia, Jakarta, October, 1985.

9. Kamaruddin A., et al: "Penelitian Survey Konsumsi Sumberdaya Energi Biomassa di Pulau Jawa", (Survey of biomass energy consumption in Java).  
Kerjasama Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru dan Tim Energi, Lembaga Penelitian, IPB, 1987.
10. Kamaruddin A., et al: " Computer Aided Technological Assesment of Biomass as Energy Resources", Energy Team, IPB, 1987.
11. Kamaruddin A., et al : "Penggunaan Komputer dalam Pengembangan Analisa Energi untuk Produksi Beras di Indonesia", Tim Energi, IPB, 1987.
12. Kamaruddin A., et al.: " Energy and Agriculture in Indonesia", Proc. Seminar on Alternative Energy Application in Agriculture. UNESCO, Thailand, Oct., 1986.
13. Kamaruddin A.: "Biomass as Energy Resources for Rural Household", Proc. Seminar on Rural Household Energy Conservation, FAO-IPB, Bogor, 1984.
14. Kamaruddin A., et al: "Proyek Pengembangan dan Peraan Pemanfaatan Limbah Pertanian Sebagai Sumber Energi", (Pilot project for utilization of agricultural waste as energy sources). Kerjasama antara Direktorat Jenderal



Ketenagaan, Departemen Pertambangan dan Energi, dan IPB, 1983.

15. Kamaruddin A.,: "Supply-Demand Model for Biomass Energy", Proc. Workshop on Green Energy for Regional Development, JSPS-DGHE, Bogor, Sept. 1982.
16. Kamaruddin A., Y.Sagara, Edi Hartulistiyoso and Aris Purwanto : " Thermophysical properties of agricultural product as related to solar cooling", Proc. Sem. Proj. ADAET, Fateta, Mar.1990.
17. Kamaruddin A. ,Edi Hartulistiyoso dan Aris Purwanto: " Pendinginan Sistem Jet-Uap dengan Menggunakan Energi Surya", Seminar LP-IPB, 16 June, 1990.
18. Kamaruddin A.:"Penerapan PDT untuk pemodelan masalah lingkungan", Seminar Matematika dan Lingkungan Hidup, FMIPA, IPB, Bogor, 30 May, 1990.
19. Kamaruddin A.:"Pengalaman mengajar matematika terapan di FPS-IPB", Seminar Nasional Penelitian Pendidikan MIPA, Surabaya, 9-11 July, 1990.
20. Kamaruddin A.:" Energy Technology for Agriculture and Rural Development ", Proc. 1st, Joint Seminar on Agricul-

tural Engineering and Technology, July 13-14, 1988, IPB, Bogor.

21. Kamaruddin A., Sri Endah A., Tamrin, F. Wenur dan Dyah W.: "Optimasi Dalam Perancangan Alat Pengering Hasil Pertanian Dengan Energi Surya-Uji Lapangan Sistem Pengering Energi Surya", Pertemuan Pemantauan Hasil Penelitian Hibah Bersaing I/3, II/2 dan III/1, Sawangan, Bogor, 11-15 January, 1995.
22. Kamaruddin A. dan Sumardi H.S.: "Model Konduktivitas Panas Berdasarkan Komponen Bahan Penyusun", Seminar Tahunan Perkembangan Penelitian Teknik Pertanian, Bogor 13-14 March 1995.
23. Tamrin dan Kamaruddin A.: "Simulasi Perpindahan Energi dan Massa Di Dalam Sistem PESRKT", Seminar Tahunan Perkembangan Penelitian Teknik Pertanian, Bogor 13-14 March 1995.
24. Sumardi, H.S. dan Kamaruddin A.: "Simulasi Perubahan Suhu dalam Produk Pada Proses Pendinginan", Seminar Tahunan Perkembangan Penelitian Teknik Pertanian, Bogor 13-14 March 1995.

25. Kamaruddin A., Sri Endah A., Tamrin, F. Wenur dan Dyah W.: "Pengembangan Sistem Pengering Energi Surya Tipe Rumah Kacaserat Transparan (RKT). Seminar Tahunan Perkembangan Penelitian Teknik Pertanian, Bogor 13-14 March, 1995.
26. Kamaruddin A.: "Pengembangan Sistem Pendinginan Produk Pertanian", Temu Karya Profesi dalam rangka 50 Tahun RI, Kerjasama BKM PII, Puslit-UI Pranata Sains dan Teknologi serta Jurusan Teknik Mesin FT UI, Jakarta, 28 March 1995.
27. Kamaruddin A. dan Mursalim: Penerapan Pengering Tenaga Surya Efek Rumah Kaca untuk Pengeringan Vanilli, Prosidings, Lokakarya Teknologi Tepat Guna Energi Non-konvensional untuk Pembangunan di Indonesia. Penyunting, Moch. Arifin B, dkk. Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan, LIPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tenaga Listrik dan Mekatronik-LIPI, Biro Kerjasama IPTEK-LIPI, Bandung 18-19, December, 1995.
28. Kamaruddin A., dkk.: Penerapan Sistem Pengering Energi Surya dengan Efek Rumah Kaca Untuk Pengeringan Benih, Lokakarya Energi 1995, World Energy Council, Komite Nasional Indonesia, Jakarta 25-27 July, 1995.

**Publikasi/ buku/manual/Jurnal :**

**Buku:**

1. Kamaruddin Abdullah, M.Azron Dhalhar dan K. Fujii:  
"Matematika Terapan", (Applied Mathematics) JICA-DGHE-IPB Project ADAET:JTA-9a(132), 1990.
2. Kamaruddin Abdullah, Atjeng M. Sjarief dan Aman Wira kartakusuma: "Transpor Energi Dan Massa dalam Pengolahan Pangan", ( Energy and Mass Transport in Food Processing) Proyek IMD, Bank Dunia XVII, 1990.
3. Kamaruddin A., dkk.: "Energi dan Listrik Pertanian", (Energy and Agricultural Electrification) JICA-DGHE-IPB Project ADAET: JTA-9a(132), 1990.
4. Kamaruddin A.,M.Azron,D. Usman Effendi dan T.Iida."Perpindahan Momentum", (Momentum Transfer).JICA-DGHE-IPB Project ADAET: JTA-9a(132), 1992.
5. Kamaruddin A. and Osamu Kitani:"Alternative Energy for Agriculture, Nodai Research Institute,1988.

6. Kamaruddin A. :Composite System of Biomass and Natural Energy, in Biomass Handbook by Osamu Kitani and Carl W. Hall, Gordon and Breach Science Publishers, 1989.
7. Kamaruddin A and Y. Sagara. "Thermophysical Properties of Tropical Agricultural Products" in F. Ai Edited. Engineering for Biological Production Systems, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, 1993.
8. M.Aman Wirakartakusumah, Kamaruddin A. and M. Atjeng Syarief. "Sifat Fisik Pangan". (Physical Properties of Foods). PAU Pangan dan Gizi, IPB, 1992. IBRD Loan No.2547-Ind.
9. Kamaruddin A. and Isao Nisimura : "Research on cooling system using renewable energy sources in Indonesia". Proc. of the Asia-Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technology. Edited by. P.F. Greenfield, C.Y. Liu, J.H. Tay, C.Q. Lu, A.C. Lun and K.C. Toh, Singapore, 1996. World Scientific.

**Manual:**

1. Kamaruddin A. dkk.:" Penuntun Praktikum Energi dan Listrik Pertanian", (Laboratory Manual for Energy and Agricultural Electrification) JICA-DGHE-IPB Project ADAET 9a(132).

**Jurnal:**

1. Kamaruddin A.: "Sifat sifat viskoelastis dari hasil-hasil pertanian dalam hubungannya dengan isolasi kejut dan getaran selama pengangkutan", *Keteknikan Pertanian*, No.2, Nov. 1987.
2. Maria Gabriel H.,Kamaruddin A. dan M. Yamin: "Difusivitas panas buah semangka (*citrullus Vulgaris* Schrad)".*Keteknikan Pertanian*, No. 2, Nov. 1987.
3. Kamaruddin A. dan Y. Aris Purwanto: " Penentuan Difusivitas Panas Buah-buahan Tropis",*J.Keteknikan Pertanian*, Vol.3, No.1, 1993.
4. Kamaruddin A.:" Estimation of Forest Area Change in Indonesia", *World Resource Review*, Vol.1,No.2, 1991.
5. Kamaruddin A.:" Rural energy development in Indonesia", *Indonesian Journal of Tropical Agriculture*, Vol 2(2), 1991.
6. Kamaruddin A.:"Drying of Vanilla Pods Using a Greenhouse Effect Solar Dryer", *Drying Technology*, an Int. Journal, To be published in Vol.15, No. 3 or 4.

**Kegiatan Lain :**

- a. **Chairman of the Organizing Committee of the Regional Seminar on Farm Mechanization in South East Asia, Jakarta 1981.**
- b. **Chairman of the Organizing Committee of the DGHE-JSPS Seminar on Green Energy for Regional Development, Bogor, 1982.**
- c. **Chairman of the Organizing Committee of International Seminar on Comparative Agricultural Studies in South East Asia, Denpasar, Bali, 1986.**
- d. **Steering Committee, JSPS-DGHE Seminar on The Development of Tropical Resources and the Effective Utilization of Energy in Agriculture, UGM, Jogja, 1985.**
- e. **Keynote Speaker in the International Seminar on Agricultural Mechanization, U.Tokyo, Japan, April, 1987.**
- f. **Member of Board of Editors of a Book on the Comparative Agricultural Studies in South East Asia, 1986.**

- g. Chairman of Session in Energex'93, (5th International Energy Conference) Seoul, October 1993.
- h. Chairman of Session in the 2nd Science and Technology Week, Manila, Jan.1989.
- i. Chairman of Session in the AGen '94 Conference on Agricultural Engineering, Milano, Italy 29 August-1 September 1994.
- j. Chairman of Session in the ESA-III'94 International Seminar, Khon Kaen, Thailand, Nov.9-12, 1994.
- k. Chairman of Session in the FTEC'94 International Seminar, Denpasar, Bali, Dec. 12-15, 1994.

