

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M5-013 Sistem energi alternatif terpadu dengan menggunakan energi surya, angin dan biomassa sebagai penggerak alat pengering produk pasca panen

I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, I Wayan Bandem Adnyana dan I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361
Tel. +62-361-703321, Fax. +62-361-701806, Email: wijaya.kusuma@me.unud.ac.id

ABSTRAK

Komoditas ekspor pasca panen yang meliputi kopi, vanili, cengkeh, coklat, kopra dan cacao adalah suatu komoditas perdagangan yang dapat meningkatkan pendapatan petani dan masyarakat pedesaan. Di kawasan desa – desa di Propinsi Bali, terdapat perkebunan rakyat yang sangat luas dan merupakan salah satu sumber pendapat penduduk setempat. Selama ini komoditas ekspor pasca panen tersebut dikeringkan dengan cara menjemur dipinggir jalan sehingga sering tercampur kotoran sehingga memiliki nilai dan kualitas yang rendah. Kondisi mendung dan hujan yang sering terjadi pada musim panen juga menjadi masalah utama karena tidak tersedianya fasilitas pengeringan yang memadai. Hal ini tentunya akan mengakibatkan kerugian bagi petani karena kehilangan pasaca panen dari produk yang sangat berharga ini. Teknik Mesin Bidang Studi Konversi Energi telah mengembangkan sistem pengering yang merupakan integrasi dari energi surya, angin dan biomassa, yang dapat membantu penyelesaian masalah pengeringan di beberapa kawasan tersebut. Pada kondisi cerah, tenaga matahari digunakan untuk membangkitkan energi panas untuk pengeringan yang dibantu dengan tenaga kincir angin. Pada malam hari, atau saat kondisi cuaca berawan dan hujan, pemanasan dilakukan dengan menggunakan energi yang dibangkitkan dari tungku biomassa melalui pemanasan tidak langsung dengan penukar panas (heat exchanger) sehingga tidak merusak kualitas produk. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar air dari produk pasca panen dicapai dalam waktu yang lebih singkat, dengan kualitas yang lebih baik, dan diharapkan dapat meningkatkan pendapatan para petani.

Kata Kunci: *Teknik Pengering, produk pasca panen, energi terbarukan*

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Latar Belakang

Pemanfaatan energi terbarukan untuk tujuan produktif sudah menjadi prioritas program pemerintah seperti tercantum dalam UU Ketenaga listrikan, UU Pengelolaan Sampah, SK Menteri No. 200-12/8/600.5/2002 tentang pembentukan Tim Pelaksana Studi “Promotion on Renewable Energy, Energy Efficiency and Greenhouse Gas Abatement (PREGA)”, SK Menteri No.1122 K/30/MEM/2002 tentang Pembangkit Skala Kecil (PSK) Tersebar, konsep Wawasan Energi Hijau, Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.2 Tahub 2006 tentang Pembangkitan Listrik Tenaga Energi Terbarukan. Karena itu tujuan penelitian ini sangat erat kaitannya dengan program pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan untuk memasok kebutuhan energi, untuk mengolah produk unggulan daerah dan memacu kegiatan ekonomi daerah sesuai dengan UU tentang otonomi daerah yang pada akhirnya akan mempercepat pemulihhan ekonomi nasional serta pemerataan hasil pembangunan.

Komoditas ekspor pasca panen yang meliputi kopi, vanili, cengkeh, coklat, kopra dan cacao adalah suatu komoditas perdagangan yang dapat meningkatkan pendapatan petani dan masyarakat pedesaan. Di kawasan desa – desa di Propinsi Bali, terdapat perkebunan rakyat yang sangat luas dan merupakan salah satu sumber pendapat penduduk setempat.

Selama ini komoditas ekspor pasca panen tersebut dikeringkan dengan cara menjemur dipinggir jalan sehingga sering tercampur kotoran sehingga memiliki nilai dan kualitas yang rendah. Kondisi mendung dan hujan yang sering terjadi pada musim panen juga menjadi masalah utama karena tidak tersedianya fasilitas pengeringan yang memadai. Hal ini tentunya akan mengakibatkan kerugian bagi petani karena kehilangan pasca panen dari produk yang sangat berharga ini.

Teknik Mesin Bidang Studi Konversi Energi telah mengembangkan sistem pengering yang merupakan integrasi dari energi surya, angin dan biomassa, yang dapat membantu penyelesaian masalah pengeringan di beberapa kawasan tersebut. Pada kondisi cerah, tenaga matahari digunakan untuk membangkitkan energi panas untuk pengeringan yang dibantu dengan tenaga kincir angin. Pada malam hari, atau saat kondisi cuaca berawan dan hujan, pemanasan dilakukan dengan menggunakan energi yang dibangkitkan dari tungku biomassa melalui pemanasan tidak langsung dengan penukar panas (heat exchanger) sehingga tidak merusak kualitas produk. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar air dari produk pasca panen dicapai dalam waktu yang lebih singkat, dengan kualitas yang lebih baik.

Ada beberapa pemikiran yang melandasi rencana penelitian ini, yakni:

- ⊕ Radiasi elektromagnetik gelombang pendek dari matahari yang diterima di kawasan Indonesia sangatlah tinggi. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik ataupun energi pemanasan yang dapat dipergunakan oleh masyarakat petani.
- ⊕ Propinsi Bali menghasilkan limbah sekam padi yang sangat banyak, yakni sekitar 700.000 ton dalam setahun. Limbah sekam padi ini, apabila dibiarkan akan menghasilkan gas methan, yang bila dibiarkan di udara terbuka akan menghasilkan efek pemanasan global. Untuk itu maka gas methan tersebut harus dikurangi, dengan jalan merubah sekam padi menjadi biomass untuk bahan bakar.
- ⊕ Masyarakat di Propinsi Bali masih tergantung pada kayu bakar untuk kebutuhan sehari – hari. Penggunaan sekam padi dan sosialisasi pemakaian sekam padi dapat menurunkan pemakaian kayu bakar, serta sekaligus akan melindungi lingkungan.
- ⊕ Apabila proyek ini berkembang dan diterima oleh masyarakat Bali, maka proyek ini berpotensi besar

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

untuk masuk dalam kategori CDM (Clean Development Mechanism), karena telah mengurangi gas methan, mengurangi potensi kerusakan lingkungan akibat pemakaian kayu bakar, mempersingkat waktu penegringan dan meningkatkan kualitas hasil pertanian dan perkebunan.

- ⊕ Diharapkan program ini akan meningkatkan kualitas produk, sehingga secara langsung akan meningkatkan pendapatan masyarakat petani.

2. Landasan Teori

2.1. Klasifikasi Pengeringan

Pada dasarnya pengeringan adalah suatu proses pemindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas [Taib,G, 1987]. Biasanya proses pengeringan merupakan suatu proses akhir dari suatu deretan operasi proses dan setelah pengeringan bahan siap untuk disimpan atau dijual.

Berdasarkan cara pemindahan bahan yang dikeringkan, maka proses pengeringan dapat dibedakan menjadi dua [Taib,G. 1987] yaitu :

- ⊕ Pengeringan kontinyu/berkesinambungan (*continuous drying*), dimana bahan yang akan dikeringkan dilewatkan pada alat pengering secara berkesinambungan dengan kapasitas dan kecepatan tetap. Jenis-jenis alat pengering dengan metode kontinyu antara lain :
 - a). Pengeringan trowongan (*Tunnel dryer*)
 - b). Pengeringan drum (*Drum dryer*)
 - c). Pengeringan putar (*Rotari dryer*)
 - d). Pengeringan semprot (*Spray dryer*)
- ⊕ Pengeringan tumpukan (*batch drying*) dimana pada proses ini bahan yang dikeringkan ditampung dalam suatu wadah yang biasa berupa bin, kemudian baru dikeringkan dan bahan dikeluarkan setelah bahan mencapai keadaan kering, kemudian baru dimasukkan bahan berikutnya.

Berdasarkan atas proses kontak antara media pengering dengan bahan yang akan dikeringkan, maka pengeringan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

- ⊕ Pengeringan langsung (*direct drying*), disini bahan yang dikeringkan langsung berhubungan dengan udara yang dipanaskan.
- ⊕ Pengeringan tidak langsung (*indirect drying*), udara panas berhubungan dengan bahan melalui perantara, umumnya berupa dinding-dinding atau tempat meletakkan bahan. Bahan akan kontak dengan panas secara konduksi.

2.2. Sistem Pengeringan Produk Pertanian

Ruhnayat, A. [2002] menyatakan proses pengeringan adalah proses pengambilan atau menurunkan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat aktivitas biologic dan kimia sebelum bahan diolah atau digunakan. Parameter-parameter yang mempengaruhi waktu pengeringan adalah suhu dan kelembaban udara, laju aliran udara, kadar air awal serta kadar air akhir bahan kering.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Proses pengeringan produk pertanian dan perkebunan merupakan salah satu tahapan yang sangat menentukan kualitas produk hasil olahan produk pertanian dan perkebunan. Pengeringan produk pertanian dan perkebunan di masyarakat selama ini kebanyakan dilakukan dengan penjemuran secara langsung dibawah sinar matahari. Cara pengeringan ini sering kali kurang merata sehingga tidak menjamin keseragaman pengeringan yang nantinya akan mengurangi mutu produk pertanian dan perkebunan yang dikeringkan. Kadar air yang terkandung dalam produk pertanian dan perkebunan yang baru dipanen adalah 20-22 % sedangkan kadar air produk pertanian dan perkebunan kering adalah 12-14 % [Ruhnayat, A.2002].

Pengeringan produk pertanian dan perkebunan dengan mesin pengering dewasa ini semakin digalakkan yang merupakan salah satu pemanfaatan teknologi tepat guna, disamping juga dapat memanfaatkan bahan bakar padat, guna kepentingan pengeringan. Adapun sistem pengeringan yang akan dirancang merupakan alternatif energi surya, angin dan biomassa. Pada kondisi cerah tenaga matahari digunakan untuk membangkitkan energi panas untuk pengeringan. Pada malam hari dan kondisi cuaca berawan dan hujan pamanasan dilakukan dengan menggunakan tungku biomassa, sedangkan ketika angin bertiup dengan ecepatan cukup, maka pengeringan digerakkan dengan tenaga angin.

2.3. Konstanta Surya

Lapisan luar dari matahari yang disebut *fotosfer* memancarkan suatu spectrum radiasi yang kontinyu. Untuk maksud yang akan dibahas kiranya cukup untuk menganggap matahari sebagai sebuah benda hitam, sebuah radiator sempurna pada 5762 K. Radiasi yang dipancarkan oleh permukaan matahari, E_s , adalah sama dengan hasil perkalian konstanta Stefan – boltzman σ , pangkat empat temperatur absolute T_s^4 dan luas permukaan $\pi \times d_s^2$.

$$E_s = \sigma \cdot \pi \cdot d_s^2 \cdot T_s^4 \quad (2.1)$$

Dimana :

E_s = Radiasi yang dipancarkan oleh matahari (W)

σ = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

T_s = temperatur permukaan = 5672 K

πd_s^2 = luas permukaan matahari (m^2)

Pada radiasi kesemua arah, energi yang diradiasikan mencapai luas permukaan bola dengan matahari sebagai titik tengahnya. Jari – jari R adalah sama dengan jarak rata – rata antara matahari dan bumi. Luas permukaan bola adalah sama dengan $4 \pi R^2$, dan fluksa radiasi pada satu satuan luas dari permukaan bola tersebut yang dinamakan iradiansi, menjadi :

$$G = \sigma \frac{d_s^2 T_s^4}{4R^2} (\text{W/m}^2) \quad (2.2)$$

Dengan garis tengah matahari $1,39 \times 10^9 \text{ m}$, temperatur permukaan matahari 5762 K, dan jarak rata – rata antara matahari dan bumi sebesar $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$, maka fluksa radiasi persatuan luas dalam arah tegak lurus pada radiasi tepat diluar atmosfer bumi adalah :

$$G = 1353 \text{ W/m}^2$$

dimana harga G ini disebut juga konstanta surya, G_{sc} .

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Untuk menghitung komponen langsung dan tidak langsung dari pemasukan radiasi surya pada permukaan vertical dari data radiasi pada sebuah permukaan horizontal, posisi matahari pada tiap saat harus diketahui. Posisi matahari juga diperlukan untuk merancang bangunan kaca seperti halnya pengering tenaga surya sehingga dapat ditentukan besarnya radiasi surya yang diteruskan melalui kaca dan bahan transparan lain, yang pemancarannya berubah – ubah sesuai dengan sudut masuknya.

2.4. Beban Kalor Ruang Pengering

Perpindahan kalor ruang pengering dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan dan faktor-faktor iklim. Perhitungan beban kalor ditujukan untuk memperkirakan perolehan energi radiasi matahari melalui dinding pengering. Secara umum beban kalor ruang pengering dihasilkan melalui beberapa cara yaitu sebagai berikut :

Beban kalor transmisi

Beban kalor yang dihasilkan secara transmisi thermal terjadi bila ada perbedaan temperatur antara kedua sisi dinding pengering. Besarnya beban kalor yang dihasilkan melalui transmisi thermal adalah dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{tot}} = K \cdot A \cdot (T_s - T_a) \quad (2.3)$$

Dimana :

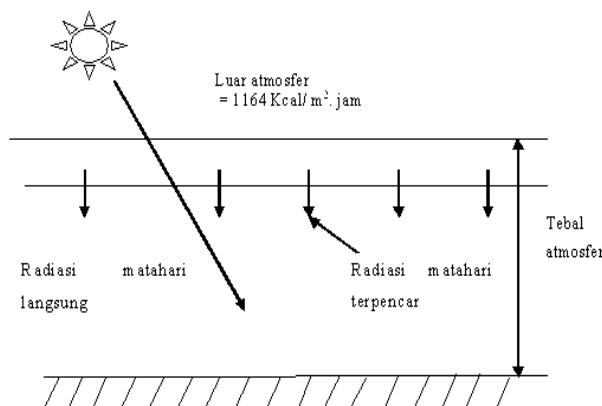
Q = beban kalor (W)

K = koefisien konduksi = 0,2 (W/m²K)

A = luas permukaan (m²)

$T_s - T_a$ = beda temperatur luar dan dalam ruang (K)

Beban kalor radiasi



Gambar 2.1 Radiasi matahari langsung dan tak langsung

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Beban kalor melalui radiasi disebabkan oleh penjalaran energi matahari melalui dinding pengering yang tembus pandang atau penyerapan oleh dinding pengering yang tidak tembus cahaya. Radiasi matahari dapat digolongkan dalam radiasi matahari langsung dan radiasi matahari tidak langsung seperti terlihat pada Gambar 2.1. Jumlah kedua jenis radiasi tersebut dinamai radiasi matahari total.

2.4.1. Kebutuhan Energi Pengering

Berdasarkan asumsi bahwa proses pengeringan berlangsung secara adiabatis, kebutuhan energi pengering dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : Besarnya energi tersebut dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Q_i = \dot{m}_a^o \times C_p \times \Delta T \quad (2.8)$$

Dimana:

$$\dot{m}_a^o = \rho \cdot A \cdot v \quad (2.9)$$

\dot{m}_a^o = laju aliran udara panas dalam ruang (kg/det)

ρ = massa jenis udara panas dalam ruang (kg/m^3)

A = luas permukaan rak pengering (m^2)

v = kecepatan udara panas dalam ruang (m/det)

Cp = kapasitas panas jenis udara panas (kJ/kg $^{\circ}$ K)

ΔT = perubahan temperatur ($^{\circ}$ C)

Dengan mensubstitusi persamaan 2.9 kedalam persamaan 2.8 maka didapat persamaan energi pengeringan yaitu:

$$\frac{Q_i}{A} = q_i'' = \rho \cdot v \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2.10)$$

2.4.2. Kebutuhan bahan bakar

Secara kimiawi proses pembakaran yang terjadi pada tungku pembakaran merupakan reaksi oksidasi antara senyawa hidrokarbon dengan sulfur dalam bahan bakar dengan oksigen dari udara. Reaksi tersebut akan berlangsung secara optimal jika jumlah oksigen dari udara yang dimasukkan kedalam tungku mencukupi. Komposisi gas hasil pembakaran dan keluaran panas pembakaran tergantung pada jumlah bahan bakar yang dibakar dalam tungku per jam. Secara teoritis jumlah kebutuhan bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan (Breag et al, 1996) berikut :

$$W_k = \frac{Q_s}{LHV} \quad (2.11)$$

Dimana :

W_k = Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan (kg/jam)

Q_s = Energi panas untuk penguapan air bahan (kkal/jam)

LHV = Nilai panas pembakaran bahan bakar (kkal/kg)

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

2.4.3. Energi biomassa

Unsur yang memegang peranan penting dalam suatu proses pembakaran adalah karbon. Pada bahan bakar padat prosentae karbon yang cukup tinggi terdapat pada kayu, sekam, dan arang kayu. Sekam merupakan limbah industri mesin penggilingan gabah. Dalam proses pembakaran, komposisi kimia sekam sangat diperlukan untuk dapat menentukan kebutuhan udara pada proses pembakaran sehingga pembakaran sekam dapat berjalan dengan sempurna.

2.4.4. Efisiensi Alat Pengering

Efisiensi pengeringan yang dihasilkan oleh proses pengeringan adalah energi pengeringan (dryer energy) dibagi dengan total kalor radiasi matahari melalui dinding pengering.

$$\eta = \frac{q_i}{Q_{jr}} \times 100 \% \quad (2.12)$$

2.5. Kadar Air Produk Pasca Panen

Kadar air yang terkandung dalam produk pertanian dan perkebunan pasca panen yang baru dipanen berkisar antara 40 – 44%. Sedangkan kadar air yang baik berkisar antara 12 – 14%, dimana ciri-ciri dari produk yang baik adalah kering berwarna coklat kemerahan, mengkilat dan mudah dipatahkan dengan jari tangan. Untuk dapat mencapai pengeringan yang baik dan mencapai kadar air yang sesuai dengan permintaan pasar, maka dilakukan proses pengeringan dibantu dengan alat pengering [Ruhnayat, A. 2002]. Kadar air produk yang baik berkisar antara 12 – 14%, dimana ciri-ciri dari produk yang baik adalah kering berwarna coklat kemerahan, mengkilat dan mudah dipatahkan dengan jari tangan. Untuk dapat mencapai pengeringan yang baik dan mencapai kadar air yang sesuai dengan permintaan pasar, maka dilakukan proses pengeringan yang dibantu dengan mesin pengering (Ruhnayat, 2002). Prosantase kadar air dari produk pertanian dan perkebunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$M_v = M_s (X_a - X_b) \quad (2.13)$$

M_s = massa material yang basah (kg)

M_v = massa material menjadi kering (kg)

X_a = kadar air awal material basah (%)

X_b = kadar air akhir material menjadi kering (%)

Adapun effisiensi pengeringan yaitu perbandingan antara energi yang digunakan untuk menaikkan temperatur produk pertanian dan perkebunan dengan energi yang dibutuhkan oleh biomassa untuk pengeringan, dapat dirumuskan dengan :

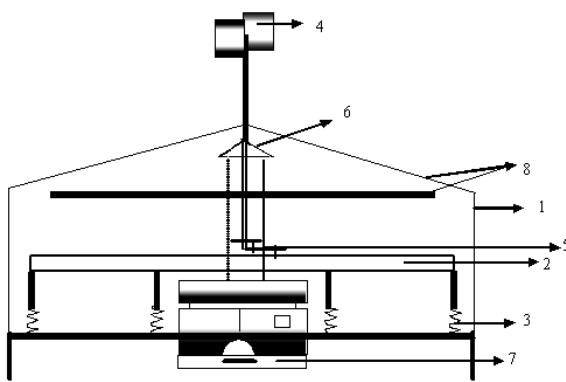
$$\eta_p = \frac{Q_s}{WkxLHV} \times 100 \% \quad (2.14)$$

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3. Metoda Penelitian

Metoda penelitian merupakan suatu cara kerja untuk memahami obyek yang menjadi sasaran yang bersangkutan. Dengan menggunakan metoda yang tepat, akan diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini karena metoda merupakan petunjuk yang memberikan arah dan corak penelitian yang dilakukan.



Gambar 3.1 Alat Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan dengan Sistem Energi Alternatif Terpadu Energi Surya, Angin dan Biomassa

3.1. Cara Kerja Mesin

Radiasi elektromagnetik gelombang pendek dari matahari akan menembus dinding transparan yang terbuat dari polikarbonat akan menerpa lantai yang diberi alas lempengan besi penyerap panas. Pada bagian atap, terdapat kolektor surya plat datar, dimana kolektor surya tersebut juga terbuat dari polikarbonat yang akan mentransmisikan radiasi matahari ke plat distributor. Lempengan besi penyerap panas, rak bergetar, serta cerobong tungku biomassa di cat hitam agar suhunya meningkat karena warna hitam mempunyai absorbtifitas yang tinggi.

Kombinasi proses ini akan memindahkan panas ke udara pengering yang terhisap melalui dinding dan kolektor dimana selanjutnya akan membuang udara lembab hasil pengeringan keluar dari pengering melalui cerobong. Sifat dinding dan atap yang terbuat dari polikarbonat tidak akan ditembus gelombang panjang yang dipantulkan dari plat penyerap panas sehingga akan membuat suhu udara pengering dalam bangunan meningkat dan cukup untuk melaksanakan proses pengeringan.

Pada kondisi pengeringan yang berlanjut sampai malam hari, mendung dan hujan, pemanasan udara pengeringan dilakukan dengan mengoperasikan sistem pemanas tungku biomassa.. Pembakaran biomassa dalam tungku akan menghasilkan panas yang nantinya akan ditransmisikan ke dalam ruang pengering. Supaya material yang dikeringkan merata terkena aliran udara panas, maka rak pengering dibuat bergetar oleh alat penggetar yang terhubung dengan poros kincir angin *savonius*.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3.2. Metoda Pendekatan Masalah

Metoda pendekatan masalah yang dilakukan adalah dengan menggunakan desain diskriptif, dimana perencanaan dan pelaksanaan penelitian yang dilakukan berupa pengambilan data lapangan dan pengolahan data secara matematis. Desain penelitian diskriptif yang dilakukan menggunakan pembanding semu berupa parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Data awal yang diambil adalah berupa kondisi aktual lingkungan, seperti halnya temperatur dan kecepatan udara. Karena penelitian ini berhubungan dengan kualitas produk yang dihasilkan maka diambil data berupa kondisi awal produk pertanian dan perkebunan.

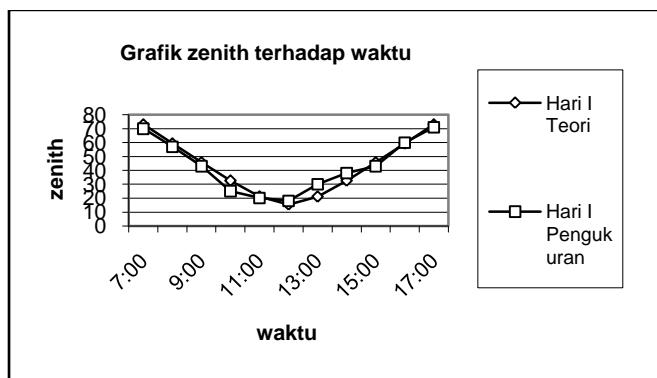
3.3. Hipotesa

Kajian komparatif terhadap sistem energi alternatif terpadu di daerah tropis dengan mengkombinasikan energi surya, angin dan biomassa, merupakan satu pola pikir maju yang memiliki keunggulan – keunggulan fungsi dan teknis yang sesuai dengan kondisi lapangan petani, baik masa kini maupun masa yang akan datang, sehingga dapat membantu para petani untuk menghasilkan produk yang berkualitas, dan dalam waktu yang lebih singkat. Harapannya, para petani bisa mengatur kualitas produk mereka, serta tidak menyerahkan kepada para tengkulak dengan harga yang sangat murah dengan alasan kualitas produk yang rendah.

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada berbagai kawasan di Propinsi Bali, khususnya daerah pertanian dan perkebunan yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Dengan posisi di antara $08^{\circ}18' - 08^{\circ}24' \text{ LS}$ dan $114^{\circ}49' - 114^{\circ}60' \text{ BT}$. Hal ini penting untuk mengetahui apakah pengembangan mesin ini mampu memberikan sumbangan yang sangat berarti baik pada peningkatan produk pasca panen mereka dan pendapatan perkapita petani. Semua data – data di atas dijadikan sebagai suatu pedoman dalam upaya untuk menghasilkan parameter baku dan standard kualitas dari produk pertanian di kawasan tropis.

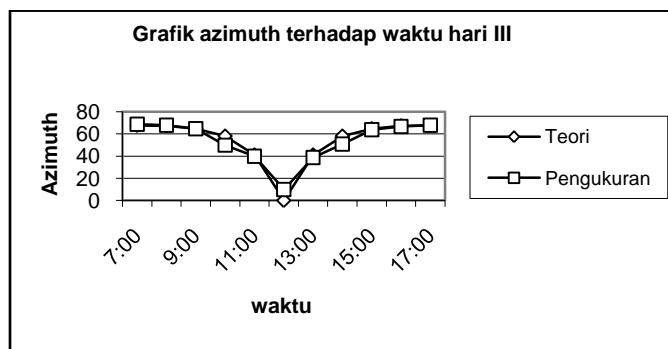
4. Data dan Pembahasan



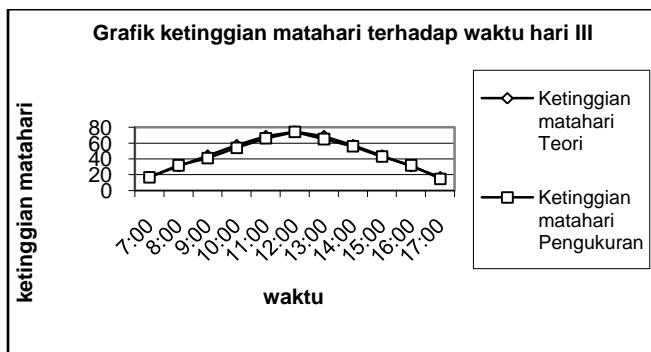
Gambar 4.1 Grafik zenith pada hari I

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 4.2 Grafik azimuth pada hari III

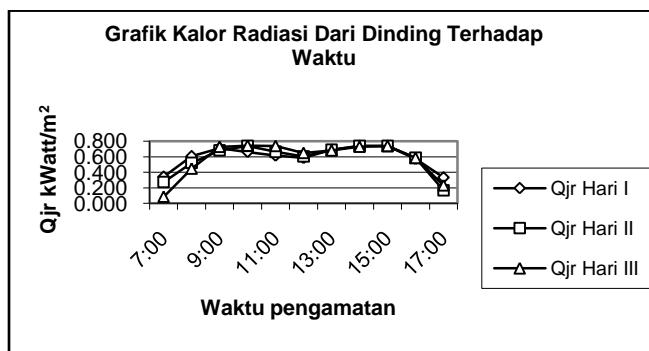


Gambar 4.3 Grafik ketinggian matahari pada hari III

Grafik perbandingan antara teori dan pengukuran sudut zenith, azimuth dan ketinggian matahari yang dilaksanakan dalam 3 kali pengujian yaitu, hari I, II, III disajikan pada Gambar 4.1 sampai 4.3. Sudut ketinggian matahari secara pengukuran merupakan sudut yang dibentuk antara arah datangnya matahari terhadap bidang horizontal, dan secara teori dapat dihitung dengan rumus 90° – sudut zenith. Sudut azimuth dapat diukur dengan menarik garis antara proyeksi matahari terhadap arah utara. Dari ketiga pengujian terhadap perbandingan antara teori dan pengukuran sudut zenith, azimuth dan ketinggian matahari didapat grafik perbandingan antara teori dan pengukuran yang hampir serupa. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan mendekati hasil perhitungan secara teoritis.

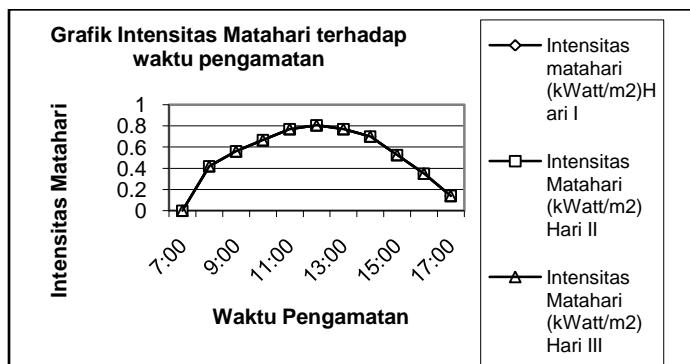
Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 4.4. Grafik kalor radiasi dari dinding

Dari Grafik 4.4 di atas dapat dilihat hubungan antara kalor radiasi dari dinding terhadap waktu pengamatan. Dari grafik terlihat bahwa kalor radiasi dari dinding maksimum diperoleh pada pukul 10:00 dan 15:00 yaitu sebesar $0,675$ kWatt/m² dan $0,650$ kWatt/m². Pada pukul 11:00 sampai 12:00 kalor radiasi dari dinding menurun namun, pada saat itu intensitas panas matahari mencapai puncak. Hal ini disebabkan karena timbul uap air di dalam ruang pengering dan menempel di dinding sebagai akibat penguapan kadar air cengkeh. Uap air yang menempel pada dinding akan menghambat transmisivitas dinding polikarbonat sehingga intensitas panas matahari sulit menembus dinding. Setelah uap air mulai hilang maka kalor radiasi akan kembali meningkat dan mencapai puncak pada pukul 15:00.

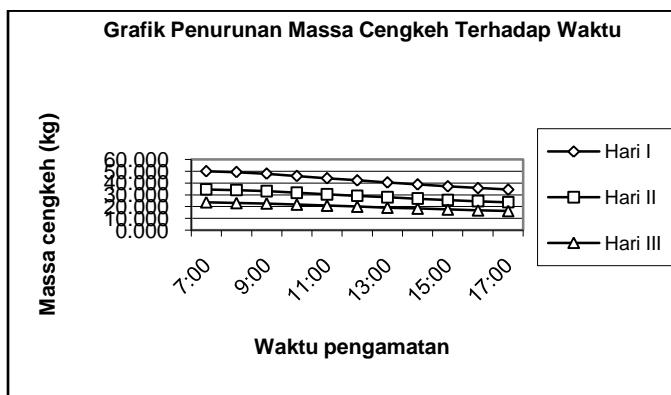


Grafik 4.5. Grafik intensitas panas matahari

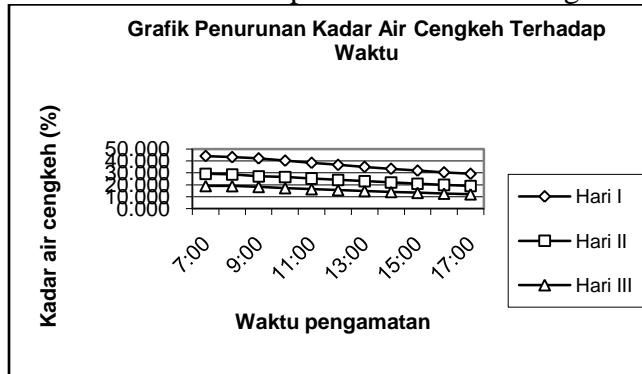
Besarnya intensitas panas matahari yang ditangkap oleh alat ukur *Solarimeter* selama pengujian dapat dilihat pada grafik di atas. Dari grafik dapat diketahui bahwa pada awal pengeringan (pukul 08.00) intensitas panas matahari adalah $0,42$ kWatt/m² dan intensitas panas matahari pada akhir pengeringan (pukul 17.00) adalah $0,14$ kWatt/m². Puncak intensitas panas matahari diperoleh pada pukul 11.10 – 12.20. Distribusi intensitas panas matahari yang diperoleh selama proses pengujian membentuk kurva normal. Besarnya intensitas panas matahari ini didapat sewaktu pengujian dimana kondisi cuaca pada saat itu adalah cerah.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 4.6. Grafik penurunan massa cengkeh



Gambar 4.7. Grafik penurunan kadar air cengkeh

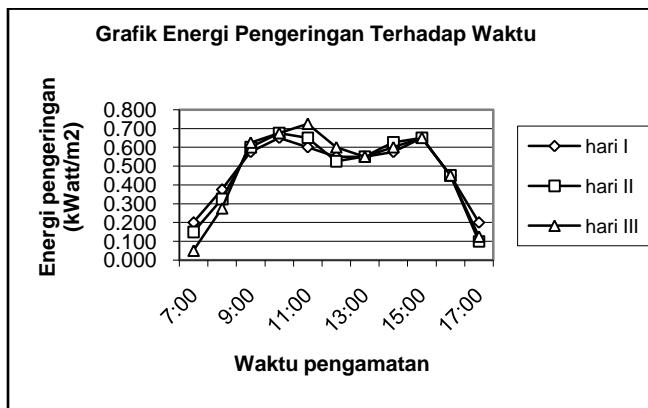
Pengujian pertama dilakukan pengeringan dengan memanfaatkan energi surya saja sebagai energi pengeringan. Pada pegeringan ini diperlukan waktu selama 3 hari waktu surya untuk memperoleh cengkeh dalam keadaan kering dan siap untuk dipasarkan. Selama pengujian 3 hari ini diperoleh penurunan massa cengkeh secara kontinu, dimana massa cengkeh awal adalah 50 kg dan massa cengkeh akhir setelah mengalami proses pengeringan adalah 17,189 kg. Penurunan massa cengkeh selama proses pengujian berlangsung dapat dilihat pada grafik penurunan massa cengkeh terhadap waktu diatas. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada pengujian hari I terjadi penurunan massa cengkeh yang sangat besar, namun pada pengujian hari II dan III penurunan massa cengkehnya lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pada hari I terjadi penguapan massa air cengkeh yang lebih besar dibandingkan dengan hari II dan III. Ini terbukti dari uap air yang menempel pada dinding – dinding polikarbonat pada hari I lebih banyak dibandingkan pada hari II dan III.

Sama halnya dengan grafik penurunan massa cengkeh terhadap waktu, pada grafik penurunan kadar cengkeh terhadap waktu diatas juga terlihat bahwa penurunan kadar air cengkeh terbesar terjadi pada pengujian hari I. Hal ini terlihat dari grafik hari I terjadi penurunan kadar air cengkeh, namun pada grafik hari II dan III jauh lebih mendatar. Hal ini membuktikan kebenaran kata – kata pegawai Perusahaan Daerah tempat dilakukannya penelitian, bahwa proses pengeringan berlangsung melalui 2 tahap yaitu, tahap pertama proses pelayuan dan tahap kedua proses pengeringan. Proses pelayuan ditunjukkan oleh

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

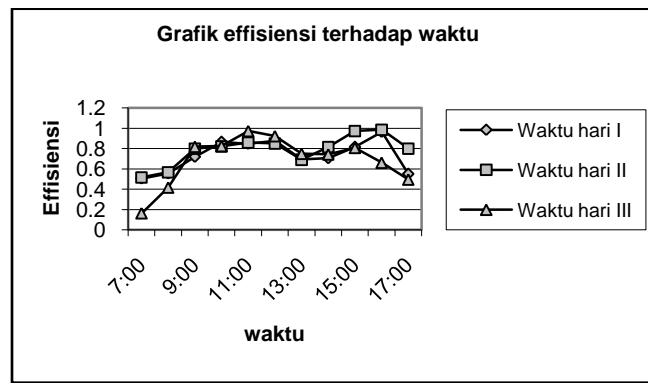
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

grafik hari I, dimana pada hari I terjadi penguapan kadar air cengkeh sampai menunjukkan cengkeh dengan kondisi layu (berwarna merah kecoklatan). Selanjutnya pada pengujian hari II dan III baru benar – benar proses pengeringan berlangsung, dimana kadar airnya sudah mulai berkurang dan akhirnya diperoleh cengkeh dalam keadaan kering (berwarna hitam kecoklatan).



Gambar 4.8. Grafik energi pengeringan

Pada Grafik 4.8 di atas terlihat bahwa energi pengeringan yang dihasilkan hampir sama baik pada pengujian hari I, II maupun III. Pada pengujian hari I, II dan III terlihat bahwa pada pagi hari energi pengeringan meningkat namun pada siang hari (pukul 11.00 – 14.00) energi pengeringan menurun dan pada pukul 14.00 kembali meningkat sampai mencapai puncak pukul 15.00. Setelah pukul 15.00 energi pengeringan kembali menurun. Hal ini disebabkan karena pada pagi hari temperatur ruang pengering meningkat, namun pada siang hari temperatur ruang pengering menurun karena disebabkan oleh kelembaban diruang pengering meningkat. Pada pukul 14.00 – 15.00 energi pengeringan meningkat kembali karena temperatur ruang pengering meningkat dan kelembaban udara pengering menurun. Setelah pukul 15.00 energi pengeringan menurun karena temperatur ruang pengering menurun. Jadi yang mempengaruhi adalah temperatur ruang pengering, kelembaban udara pengering dan intensitas panas matahari.

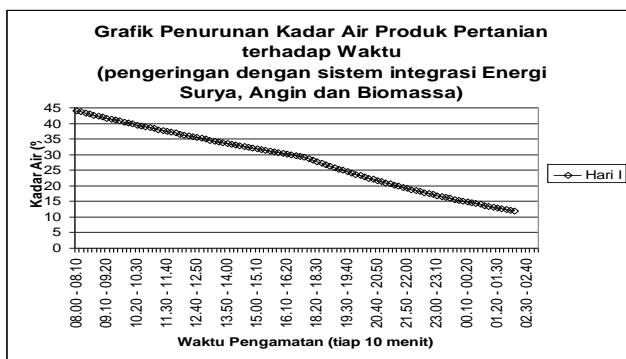


Gambar 4.9. Grafik effisiensi pengeringan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Grafik effisiensi di ruang pengering terhadap waktu diatas menunjukkan performance alat pengering yang cukup baik. Di awal pengeringan memperlihatkan effisiensi yang cukup baik, yaitu 60 – 70%, namun pada saat puncak waktu surya (pukul 11.00 – 14.00) effisiensi menurun yaitu berkisar dari 60 – 40%. Effisiensi terbaik diperoleh pada pukul 11.00 dan kemudian setelah itu kembali menurun. Hal ini disebabkan karena di awal pengeringan energi pengeringan dibagi energi kalor radiasi dari dinding cukup besar, yang berarti proses penguapan massa air cengkeh cukup baik. Namun pada siang hari effisiensi menurun karena di ruang pengering udaranya lembab sehingga temperatur dan energi panas diruang pengering menjadi kecil.



Gambar 4.10. Grafik effisiensi pengeringan dengan kombinasi energi surya, angin dan biomassa

Berdasarkan Grafik 4.10, dengan menggunakan sistem pengering kombinasi energi surya, angina dan biomassa, didapatkan bahwa penurunan kadar air dari produk pertanian dapat dilakukan dalam waktu 18,5 jam, dengan kualitas yang sama dengan apabila menggunakan energi surya saja. Alat pengering ini mampu mempercepat proses pengeringan produk pertanian hingga 6 hari dan dengan mutu yang lebih terjamin, bila dibandingkan dengan dijemur di para – para atau di jalan. Dengan demikian para petani dapat mempercepat proses pengeringan produk serta meningkatkan nilai jual, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan pendapatan mereka.

5. Simpulan

Berdasarkan data, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sudut – sudut yang dibentuk dari posisi matahari dan pengering baik itu zenith, azimuth dan ketinggian matahari melalui teori dan pengukuran hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang didapat dari pengukuran mendekati hasil secara teoritis.
2. Proses penguapan kadar air cengkeh pada proses pengeringan dengan sistem Efek Rumah Kaca (ERK) mengakibatkan timbulnya uap air di dalam ruang pengering. Uap air ini akan menempel pada dinding polikarbonat, sehingga akan menghambat transmisifitas dinding dan menghambat radiasi sinar matahari yang masuk melalui dinding alat pengering. Uap air ini akan terkukung dalam ruang pengering sehingga menyebabkan turunnya temperatur ruang pengering dan energi pengeringan. Turunnya temperatur ruang pengering justru terjadi pada saat intensitas radiasi matahari dan energi

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

radiasi matahari dari dinding mencapai puncak. Hal ini mengakibatkan turunnya efisiensi pengeringan.

3. Sistem pengering dengan kombinasi energi surya, angina dan biomassa dapat mempercepat proses pengeringan hingga 3 kali bila dengan menggunakan energi surya saja dan 6 kali bila dijemur biasa.

KEPUSTAKAAN

- [1] Breag, G. R. A Parker and Smith, *An Introduction To Small Scale Natural Draught Wood Fire Furnace*, Deployment And Research. London, 1987.
- [2] Prabir. B., and Scoot, F., *Circulating Fluidized Bed Boiler : Design And Operation*, Butterworth – Heineman, USA, 1991.
- [3] Ruhnayat, A., *Memproduksikan Cengkeh*, PT. Penebar Swadaya, Jakarta, 1995.
- [4] Taib, G., dkk *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*, Madyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1987.