UJI KINERJA TUNGKU BERBAHAN BAKAR KULIT KOPI UNTUK PENGERINGAN KOPI

Testing Performance of Purnace with Dried Coffee Husk as Firewood for Coffee Berries Drying

Yunira Saktiana[1], Armansyah H. Tambunan[2] dan Sri Mulato[3]

ABSTRACT

Coffee bean industry produce coffee husk as by product of producing coffee bean. Coffee husk can be used as firewood, even it has not been used on large scale. The objective of this research is to test the performance of drying performance of coffee berries in a drying system with a specially designed purnace using coffee husk as firewood. The testing was done using Robusta coffee in bulk with 15 cm, 20 cm and 30 cm thickness.

PENDAHULUAN

Lebih dari 70% perkebunan kopi di Indonesia diusahakan oleh rakyat dengan tingkat mutu yang masih rendah. Salah satu sebab kerusakan mutu kopi rakyat adalah cara pengeringan yang kurang benar. Petani umumnya mengeringkan buah kopi dengan cara penjemuran. Pada cuaca cerah, cara ini memang merupakan cara mudah dan murah, sedang pada cuaca mendung, penjemuran cenderung menghasilkan mutu biji kopi yang rendah. Karena itu introduksi pengeringan secara mekanis pada pengusahaan kopi rakyat perlu diupayakan.

Selain menghasilkan biji kopi, perkebunan kopi memiliki hasil samping berupa kulit kopi. Setiap produksi 1 ton biji kopi kering diperoleh sisa kulit kopi dengan berat yang sama. Dan dari hasil pengujian, setiap pembakaran 1 kg kulit kopi akan menghasilkan energi sebesar 13 199 kJ. Jika produksi kopi kering Indonesia tahun 1994/1995 sebanyak 291 198 ton maka jumlah kulit kopi akan mencapai 291198 ton sehingga energi yang dihasilkan mencapai 3.84×10^{12} kJ atau setara dengan 91.8×10^{6} liter minyak tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja tungku kulit kopi dan kemampuan pembangkit karakteristik pengeringan kopi pada sistem berbahan bakar kopi.

BAHAN DAN METODE

Deskripsi Alat

Alat pengering ini merupakan rancangan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember. Bagian-bagian penting dari alat pengering yang diuji adalah tungku, bak pengering dan kipas udara pengering.

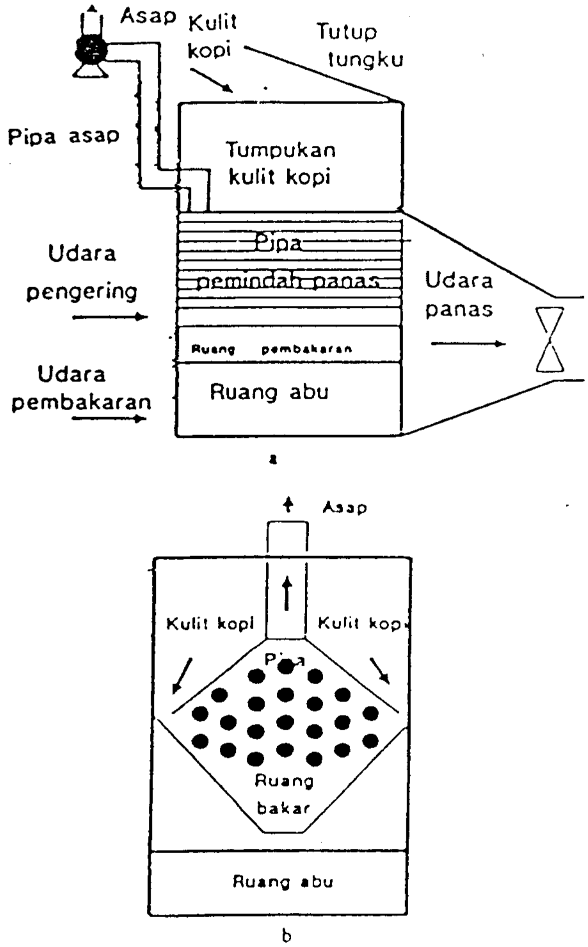
Gambar 1 menunjukkan skema tungku kulit kopi yang digunakan adalah bak kulit kopi, pipa pemindah panas, ruang pembakaran, ruang abu dan kipas pembangkit udara pembakaran.

Dimensi tungku adalah lebar 120 cm, panjang 120 cm dan tinggi 200 cm. Pipa pemindah panas terdiri atas tumpukan (*bundle*) 60 buah pipa masing-masing berdiameter dan panjang 2.50 cm dan 100 cm. Ruang pembakaran berbentuk trapesium sama kaki bersudut 455° yang dipasang terbalik. Dinding ruang ini dilapisi dengan batu tahan api tebal 2 cm. Angsang api (*fire grate*) dibuat dari baja tahan api tebal 2 mm yang diberi lubang-lubang (*perforated*) berdiameter 1 cm setiap 5 cm^2. Rangkaian tungku dengan ruang pengering disajikan pada Gambar 2.

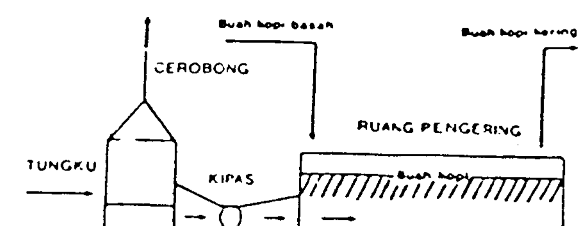
[1] Alumnus Jurusan Mekanisasi Pertanian IPB, Tahun 1996

[2] Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian IPB

[3] Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember



Gambar 1. Penampang samping (a) dan depan (b) tungku kulit kopi (Rancangan Puslit Kopi dan Kakao, Jember)



Gambar 2. Skema alat pengering

Kulit kopi dimasukkan ke bak kulit kopi yang terletak di bagian atas tungku dan ditutup rapat. Secara gravitasi, kulit kopi yang ada ditumpukan bagian bawah akan mengalir masuk ke ruang pembakaran.

Nyala api disulutkan ke dalam tumpukan kopi di ruang pembakaran disertai dengan bantuan kipas pembangkit udara pembakaran. Kulit kopi akan menyala secara bertahap dan berkembang semakin besar.

Abu hasil pembakaran turun ke ruang abu lewat angsang yang terletak di bagian bawah ruang pembakaran. Pada saat yang sama, kulit kopi yang belum terbakar akan turun dari bak kulit kopi masuk ke ruang pembakaran sehingga nyala api berlangsung secara sinambung.

Asap panas hasil pembakaran dibuang ke udara bebas melalui pipa cerobong asap. Sebelum mencapai pipa cerobong asap panas melewati dinding luar kumpulan pipa pemindah panas dan memberikan sebagian energinya ke permukaan pipa. Jika sejumlah udara lingkungan melewati bagian dalam pipa, maka sebagian panas pipa dipindahkan ke udara sehingga suhunya meningkat. Udara panas ini selanjutnya digunakan sebagai udara pengering.

Bak pengering yang digunakan dari jenis palung (*platform*) dengan dimensi panjang 300 cm, lebar 200 cm dan tinggi 100 cm dengan ketinggian ruang plenum 660 cm. Lantai bak pengering dibuat dari plat aluminium 3 mm dan diberi lubang berdiameter 1 cm setiap 5 cm^2.

Udara panas dialirkan dengan kipas udara pengering yang digerakkan motor listrik (1 hp, 220 V, 1400 rpm) dan dihembuskan lewat lubang plat aluminium untuk kemudian menembus tumpukan buah kopi.

Metode

Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember dan di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB. Penelitian berlangsung dari bulan September 1995 sampai dengan November 1995.

Buah kopi hasil panen dihamparkan di atas lantai bak pengering dengan ketebalan bahan yang berbeda, yaitu 15 cm (Percobaan 1), 20 cm (Percobaan 2) dan 30 cm (Percobaan 3). Beberapa contoh kopi masing-masing dengan berat 500 gram dimasukkan ke dalam kantong plastik berlubang (*net*) dan diletakkan pada beberapa posisi di dalam tumpukan bahan. Kadar air awal diukur dengan metode oven pada suhu 1055°C selama 24 jam. Laju pengeringan buah kopi dimonitor dengan pengukuran berat contoh setiap 2 jam untuk Percobaan 2 dan 3. Pengeringan diakhiri saat kadar air buah mencapai 12%bb.

Parameter yang diamati adalah suhu, tekanan statis dan laju aliran udara pengering. Pengukuran suhu dilakukan dengan termokopel jenis K yang dipasang pada *inlet* dan *outlet* pipa pemindah panas, ruang pra plenum (RPP), plenum, di tumpukan bahan dan keluar tumpukan bahan. Pembacaan dilakukan setiap 5 menit dengan bantuan data *acquitition* yang dihubungkan ke komputer. Termokopel jenis K juga ditempatkan pada ruang pembakaran, ruang abu, dan pipa asap. Pembacaannya menggunakan rekorder yang dilakukan setiap 3 jam untuk Percobaan 1 dan setiap 2 jam untuk Percobaan 2 dan 3. Suhu lingkungan diukur dengan termometer air raksa.

Kebutuhan energi listrik diukur dengan kWh meter dari selisih nilai kWh meter awal dan akhir pengeringan. Kebutuhan kulit kopi dihitung dari berat kulit kopi yang diumpankan ke tungku.

Asumsi

1. Distribusi suhu udara pengering dan suhu udara di tumpukan bahan dianggap seragam pada setiap posisi dalam selang waktu pengukuran.
2. Seluruh data yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai rata-rata aritmetika selama satu kali proses pengeringan.
3. Panas jenis bahan, udara, air, dan panas latten penguapan tidak berubah setiap perubahan suhu, sehingga nilainya diambil pada suhu rata-rata proses pengeringan.
4. Tidak terjadi penambahan panas dari luar sistem.
5. Kadar air awal bahan dan tingkat kematangan buah kopi dianggap seragam untuk masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Suhu

Selama percobaan, suhu udara pengering berfluktuasi. Suhu udara pengering pada Percobaan 1 (15 cm) terukur antara 28-49°C, Percobaan 2 (20 cm) 29-53°C dan Percobaan 3 (30 cm) 30-47°C. Faktor yang mempengaruhi suhu udara pengering adalah kondisi udara lingkungan dan energi pembakaran kulit kopi.

Untuk menghasilkan suhu udara pengering yang sama, kebutuhan energi pembakaran kulit kopi akan berbeda jika kondisi udara lingkungan berbeda. Energi akan lebih banyak diperlukan pada suhu udara lingkungan rendah atau RH lingkungan tinggi. Hal ini biasanya terjadi pada malam hari, karen energi pembakaran kulit kopi tidak seluruhnya untuk pemanasan pipa pemindah panas tetapi juga diserap oleh uap air yang terkandung di dalam udara pembakaran.

Suhu udara pengering cenderung menurun jika jumlah kulit kopi di dalam ruang pembakaran berkurang. Agar fluktuasi suhu udara pengering tidak terlalu besar, maka pengumpanan harus dilakukan sebelum massa kulit kopi di dalam bak kulit kopi habis.

Selain pengumpanan kulit kopi yang terlambat, fluktuasi suhu udara pengering sering terjadi karena penyumbatan lubang-lubang angsang oleh abu yang terbentuk selama pembakaran. Akibatnya, intensitas pembakaran menurun dan berpengaruh pada pemindahan panas ke tumpukan pipa pemindah panas. Untuk itu, angsang perlu dibersihkan secara berkala.

Meskipun pola distribusi suhu udara pengering berfluktuasi, dengan laju aliran udara panas yang cukup tinggiyang masuk ruang pengering, proses masih berlangsung.

Tabel 1. Distribusi suhu rata-rata

Variable (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Tebal awal bahan (cm)	15	20	30
Suhu udara pengering (°C)	35	39	35
Suhu udara di tumpukkan bahan (°C)	32	34	31
RH lingkungan (%)	80	78	77
Suhu lingkungan (°C)	28	27	28

Suhu di tumpukan bahan berfluktuasi mengikuti suhu udara pengering. Pada Percobaan 1, suhu di tumpukan bahan terukur antara 23-46°C, Percobaan 2, 27-47°C dan Percobaan 3, 255-39°C.

Laju Aliran Udara dan Tekanan Statis

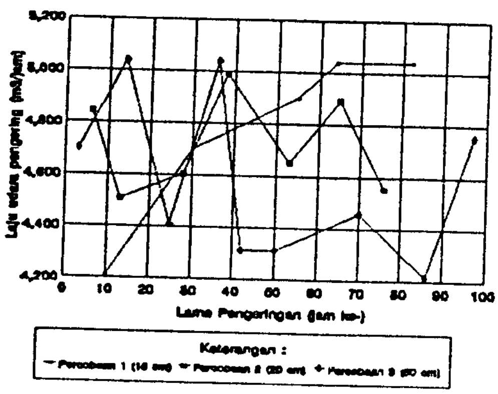
Secara teoritis, semakin banyak jumlah bahan yang dikeringkan maka hambatan udara yang ditimbulkan semakin besar sehingga laju aliran udara semakin kecil dan tekanan statis semakin besar.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai v terbesar pada Percobaan 1 yaitu 4845 m^3/jam sedang terendah pada Percobaan 3, yaitu 4700 m^3/jam.

Tabel 2. Laju aliran udara dan tekanan statis rata-rata

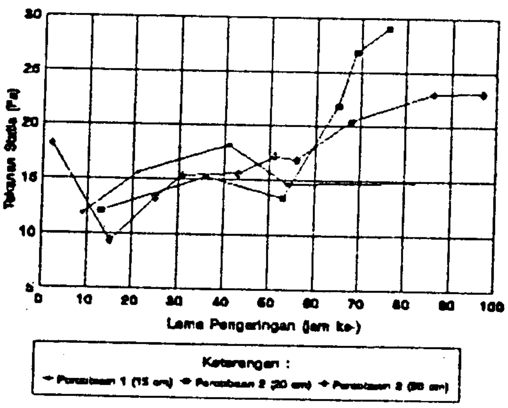
Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Berat awal kopi (kg)	615	772	1016
Laju aliran udara pengering (m^3/jam)	4845	4747	4700
Tekanan (Pa) :			
awal pengeringan	11.8	12.1	18.1
akhir pengeringan	15.8	29.1	23.1

Dari Gambar 3 terlihat bahwa laju aliran udara pengering berfluktuasi selama percobaan. Hal ini diduga akibat pengaturan tegangan input motor kipas pengering untuk mendapatkan suhu udara pengering yang tinggi terutama pada malam hari sehingga tidak terjadi adsorpsi.



Gambar 3. Grafik hubungan laju aliran udara pengering dengan lama pengeringan

Selain itu, dari Tabel 2 terlihatt bahwa tekanan statis mengalami kenaikan. Hal ini juga dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan tekanan statis dengan lama pengeringan

Tumpukan buah kopi dalam bak pengering menurun akibat pengkerutan sehingga tumpukan kopi semakin padat dan rongga udara dalam tumpukan semakin kecil. Hal ini menyebabkan tekanan statis naik seiring dengan menurunnya kadar air kopi.

Kebutuhan Energi Listrik

Listrik digunakan untuk menggerakkan kipas udara pengering dan pembangkit udara pembakaran. Motor kipas pengering selama percobaan tidak mengalami kerusakan, sedang motor kipas pembakaran mengalami penggantian beberapa kali karena rusak akibat beban motor terlalu besar yang disebabkan oleh akumulasi tar dalam rumah kipas.

Tabel 3. Spesifikasi motor kipas pembangkit udara pembakaran

Variabel (rata-rata)	Motor
1	1/2 hp; 1400 rpm; 30 jam 1/2 hp; 2850 rpm; 57 jam
2	1/3 hp; 1400 rpm; 90 jam
3	3/4 hp; 2800 rpm; 74 jam 1/2 hp; 2850 rpm; 24 jam

Selain lama pengeringan, salah satu faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi listrik adalah efisiensi motor. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 4, yaitu Percobaan 1 yang memiliki waktu pengeringan paling pendek tetapi mempunyai kebutuhan energi listrik paling besar.

Tabel 4. Kebutuhan energi listrik

Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Daya listrik (Watt)	762	351	596
Lama pengeringan (jam)	87	90	98

Kebutuhan Kulit Kopi

Secara teoritis, dengan nilai kalor pembakaran kulit kopi sebesar 13 199 kJ/kg dan efisiensi pembakaran kulit kopi 0.95 maka kebutuhan kulit kopi pada Percobaan 1 adalah 70 kg, pada Percobaan 2 adalah 89 kg dan pada Percobaan 3 adalah 115 kg. Pada kenyataannya, jumlah kulit kopi yang dipergunakan lebih besar, yaitu pada Percobaan 1 sebesar 663 kg, Percobaan 2 sebesar 772 kg dan Percobaan 3 sebesar 959 kg. Hal ini berkaitan dengan efisiensi perpindahan panas dari pembakaran kulit kopi ke pipa pemindah panas dan perpindahan panas dari udara pengering ke bahan.

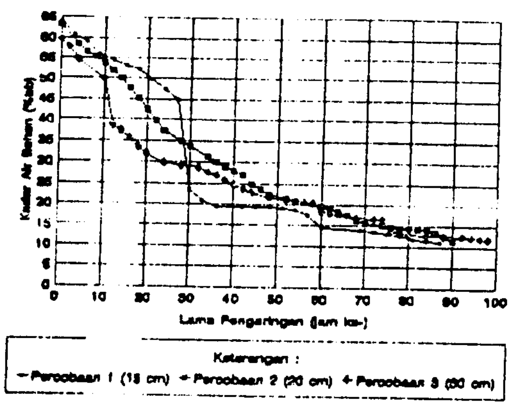
Dengan rendemen 40.5% pengeringan 1000 gram buah kopi akan menghasilkan kulit kopi sebanyak 202.5 gram. Jika kadar air awal buah kopi 63.3%bb, kadar air akhir 12%bb dan efisiensi sistem pengeringan 15% maka kulit kopi yang diperlukan untuk mengeringkan 1000 gram buah kopi sebanyak 774 gram, sehingga diperlukan penambahan kulit kopi sebanyak 571.5 gram. Bila harga minyak tanah Rp 400.00 per liter dan kulit kopi merupakan bahan non komersial, maka setiap pengeringan 1000 gram buah kopi dapat menghemat biaya pengeringan sebesar Rp 92.80.

Suhu pembakaran kulitt kopi dipengaruhi oleh kondisi kipas pembangkit udara pembakaran. Adanya tar dalam rumah kipas mengganggu putaran kipas sehingga mempengaruhi laju aliran udara pembakaran. Jika laju aliran udara pembakaran terganggu dan suhu pembakaran kulit kopi menjadi rendah.

Secara tak langsung, suhu pembakaran mempengaruhi konsumsi kulit kopi. Jika suhu pembakaran tinggi, suhu udara pengering menjadi tinggi, suhu udara pengering menjadi tinggi sehingga memperpendek waktu pengeringan dan menghemat konsumsi kulit kopi.

Laju Pengeringan

Kadar air buah kopi basah saat masuk pengering berkisar antara 60-65%bb dan kadar air akhir yang diinginkan adalah 11-12%bb. Profil penurunan kadar air buah kopi sebagai fungsi waktu pengeringan disajikan pada Gambar 5.



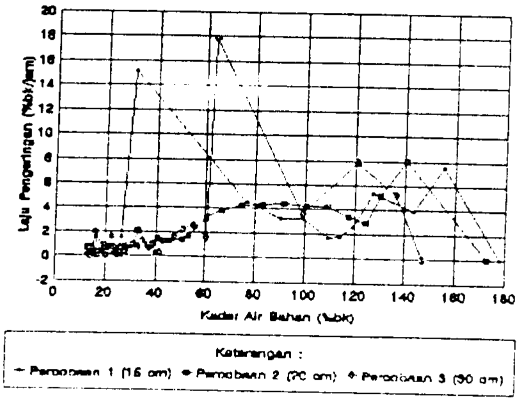
Gambar 5. Penurunan kadar air buah kopi selama pengeringan

Pada Gambar 5 terlihat bahwa penurunan kadar air bahan dipengaruhi oleh ketebalan tumpukan buah kopi. Pada tahap awal pengeringan, penurunan kadar air bahan buah kopi dengan ketebalan 15 cm berlangsung paling cepat dibandingkan dengan ketebalan 20 cm dan 30 cm. Kadar air 25%bb dicapai dalam 30 jam waktu pengeringan, sedang untuk ketebalan 20 cm dan 30 cm waktu pengeringan yang diperlukan lebih panjang, yaitu 45 jam. Pada tahap akhir pengeringan, penurunan kadar air bahan dari ketiga ketebalan tersebut cenderung sama.

Waktu pengeringan untuk menghasilkan buah kopi kering (11-12%bb) untuk masing-masing ketebalan berkisar 87-98 jam

(3-4hari). Nilai ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan cara penjemuran yang mencapai 14-21 hari.

Menurut Kamaruddin Abdullah *et al.* (1988), proses pengeringan memiliki dua periode utama yaitu periode dengan laju pengeringan tetap dan periode dengan laju pengeringan menurun. Hal ini juga terlihat pada grafik laju pengeringan terhadap kadar air buah kopi (Gambar 6). Periode laju pengeringan tetap terjadi sampai dengan kadar air sekitar 68%bk, setelah itu terjadi periode dengan laju pengeringan menurun.



Gambar 6. Laju pengeringan (%bk/jam) terhadap kadar air bahan (%bk)

Efisiensi Pipa Pemindah Panas

Efisiensi pipa pemindah panas merupakan perbandingan antara energi yang diterima udara pengering dari tungku (Q_p) dan energi yang dihasilkan dari pembakaran kulit kopi (Q_s), dengan :

$$\eta_{pp} = \frac{Q_p}{Q_s} \times 100\%$$

η_{pp} = Efisiensi pipa pemindah panas (%)

$Q_p = V * \rho * Cp * (T_{kp} - T_L) * t$

- V = Laju aliran udara pengering (m^3/jam)
- ρ = Massa jenis udara pengering (kg/m^3)
- Cp = Panas jenis udara pengering (kJ/kg°C)
- T_{kp} = Suhu udara keluar pipa pemindah panas (°C)
- T_L = Suhu lingkungan (°C)
- t = Lama pengeringan (jam)

$Q_s = m * N *$

- m = Berat kulit kopi yang dipergunakan (kg)
- N = Nilai kalor pembakaran kulit kopi (kJ/kg)
- = Efisiensi pembakaran kulit kopi (%)

Tabel 5. Data hasil perhitungan efisiensi pipa pemindah panas

Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Laju aliran udara (m^3/jam)	4815	4747	4700
Massa jenis udara (kg/m^3)	1.1046	1.0899	1.10495
Panas jenis udara (kJ/kg°C)	1.01364	1.01412	1.01363
Suhu keluar pipa pemindah panas (°C)	36	41	36
Suhu lingkungan (°C)	28	27	28
Lama pengeringan (jam)	87	90	98
Energi udara pengering (kJ)	3 775 651	610 978	4 127 015
Berat kulit kopi (kg)	663	692	959
Kalor pembakaran kulit kopi (kJ/kg)	13 199	13 199	13 199
Efisiensi pembakaran kulit kopi (%)	95	95	95
Energi pembakaran kulit kopi (kJ)	8 313 390	8 677 023	12 024 949
Efisiensi pipa pemindah panas (%)	45	76	34

Efisiensi pipa pemindah panas terbesar pada Percobaan 2 yaitu 76% sedang terkecil pada Percobaan 3 yaitu 34%. Penurunan nilai η_{pp} disebabkan karena akumulasi tar di pipa pemindah panas sehingga mengganggu perpindahan panas dari pembakaran kulit kopi ke udara pengering.

Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan (η_p) adalah perbandingan energi yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan dari kadar air awal sampai kadar air akhir (Q_m) dengan energi yang diberikan udara pengering ke bahan (Q_k), dengan :

$$\eta_p = \frac{Q_m}{Q_k} \times 100\%$$

η_p = Efisiensi pengeringan (%)
Q_m = $Q_1 + Q_2$
Q_1 = Energi untuk memanaskan air bahan (kJ)
= $m_k * Cp_k * (T_b - T_L)$
m_k = Berat awal kopi (kg)
Cp_k = Panas jenis kopi (kJ/kg°C)
= $0.0837 + 0.034\ (W_o)$
W_o = Kadar air awal kopi (%bb)
T_b = Suhu di tumpukan bahan (°C)
Q_2 = Energi untuk menguapkan air bahan (kJ)
= $m_u * h_{fg}$
m_u = Berat air bahan yang diuapkan (kg)
h_{fg} = Panas laten penguapan T_b (kJ/kg)
Q_k = $V * \rho * Cp * (T_p - T_L) * t$
T_p = Suhu udara pengering (°C)

Dari Tabel 6, nilai ${}_p$ terbesar pada Percobaan 3, yaitu 40% sedang terkecil pada Percobaan 2, yaitu 20%. Kecilnya nilai η_p pada Percobaan 2 disebabkan nilai Q_k-nya paling besar akibat besarnya selisih suhu udara pengering dengan suhu lingkungan.

Efisiensi Sistem Pengeringan

Efisiensi sistem pengeringan adalah perkalian antara efisiensi pipa pemindah panas (η_{pp}) dengan efisiensi pengeringan (η_p) de-ngan :

$$\eta_{sp} = {}_{pp} \times {}_{p}$$

$$E = \frac{Q_L + Q_s}{m_u}$$

dengan :
η_{sp} = Efisiensi sistem pengeringan (%)
Q_L = $P_L * 3.6 * t$
P_L = Daya yang digunakan kipas (Watt)
3.66 = Angka konversi dari Watt ke kJ/jam

Tabel 6. Data dan hasil perhitungan efisiensi pengeringan

Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Berat awal kopi (kg)	615	772	1016
Kadar air awal kopi (%bb)	64.0	63.3	59.5
Panas jenis kopi (kJ/kg°C)	3.013	2.9892	2.86
Suhu di tumpukkan bahan (°C)	32	34	31
Suhu lingkungan (°C)	28	27	28
Energi untuk memanaskan air bahan (kJ)	5559	12 083	6421
Berat akhir kopi (kg)	253	313	422
Berat air bahan yang diuapkan (kg)	362	459	594
Panas laten penguapan (kJ/kg)	2425.502	2421.218	2428.834
Energi untuk menguapkan air bahan (kJ)	878 032	1 111 339	1 442 727
Energi untuk memanaskan dan menguapkan air bahan (kJ)	883 591	1 123 422	1 449 148
Laju aliran udara pengering (m^3/jam)	4845	4747	4700
Massa jenis udara pengering (kg/m^3)	1.1088	1.0969	1.10915
Panas jenis udara pengering (kJ/kg°C)	1.01351	1.01372	1.01352
Suhu udara pengering (°C)	35	39	35
Lama pengeringan (jam)	87	90	98
Energi yang diberikan udara panas ke bahan (kJ)	3 315 831	5 700 698	3 624 471
Efisiensi pengeringan (%)	27	20	40

Tabel 7. Efisiensi sistem pengeringan

Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Efisiensi pipa pemindah panas (%)	45	76	34
Efisiensi pengeringan (%)	26	20	40
Efisiensi sistem pengeringan (%)	12	15	14

Nilai $_{sp}$ terbesar adalah pada Percobaan 2, yaitu 15% karena nilai η_{pp} pada Percobaan 2 paling besar (76%).

Tabel 8. Data dan hasil perhitungan E

Variabel (rata-rata)	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Energi listrik yang dipergunakan (kJ)	238 658	113 724	210 269
Energi pembakaran kulit kopi (kJ)	8 313 300	8 677 023	12 024 989
Berat air bahan yang diuapkan (kg)	362	459	594
E (kJ/kg)	23 624	19 152	20 603

Nilai E menunjukkan kebutuhan energi pengeringan setiap kilogram bahan yang dikeringkan. Secara teoritis, nilai E semakin besar bila jumlah bahan yang dikeringkan semakin banyak karena air bahan yang harus diuapkan semakin besar.

Pada kenyataannya, nilai E tertinggi adalah pada Percobaan 1 meskipun jumlah bahan yang dikeringkan paling sedikit. Ini berkaitan dengan nilai $_{sp}$ Percobaan 1 yang bernilai paling kecil (12%).

KESIMPULAN

Tungku kulit kopi ternyata mampu menghasilkan energi panas untuk proses pengeringan buah kopi. Jika energi pembakaran kulit kopi sebesar 95 556 122 703 kJ/jam maka tungku mampu menghasilkan suhu udara pengering 28-53°C dari suhu lingkungan 22-34°C dengan laju udara pengering 4700 - 4845 m^3/jam.

Lama pengeringan buah kopi dengan ketebalan bahan 15-30 cm atau berat bahan 615-1016 kg adalah 87-98 jam. Efisiensi sistem pengeringannya adalah 12-15%. Kebutuhan energi pengeringan setiap kilogram buah kopi basah yang dikeringkan 19152-23624 kJ/kg. Efisiensi pengeringan terkecil 20% pada ketebalan 20 cm dan terbesar 40% pada ketebalan bahan 30 cm.

Agar efisiensi pembakaran tidak menurun, pembersihan tar yang terakumulasi pada pipa pemindah panas dan saluran asap pembakaran perlu dilakukan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous. 1988. Keragaan dan program penelitian pasca panen perkebunan. BPP Bogor.

2. Braham, J.E. and R. Bressani. 1979. Coffee Pulp Composition. Technology and Utilization. International Development Research Center, Ottawa.

3. Hall, C.W. 1957. Drying From Crops. Lyall Book Depot. Ludhiana, New Delhi.

4. Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. Food Process Engineering. 2nd ed. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

5. Kamaruddin Abdullah, Atjeng M. Syarief, Ervan Adi Nugroho, Darmawan Subekti. 1988. Teknik Pengolahan Hasil Pertanian Pangan. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan. PAU Pangan dan Gizi IPB, Bogor.

6. Mursalim. 1995. Uji Penampilan Sistem Pengeringan Kombinasi Energi Surya dan Tungku Batubara dengan Bangunan Tembus Cahaya sebagai Pembangkit Panas untuk Pengeringan Panili (*Vanilla planifora*). Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fateta, IPB, Bogor.