PENGEMBANGAN PERANGKAT PENGERING SURYA (*SOLAR DRYER*) JENIS PEMANASAN LANGSUNG DENGAN PENYIMPAN PANAS BERUBAH FASA MENGGUNAKAN RAK BERTINGKAT

Efi Afrizal, ST. MT., Azridjal Aziz, ST. MT.

ABSTRAK

Penggunaan rak bertingkat pada pengering surya jenis pemanasan langsung bertujuan memaksimalkan pemanfaatan udara panas dan memaksimalkan pemakaian ruang pengering, sehingga alat pengering menjadi lebih kompak dan efisien dalam penerimaan udara panas. Perancangan yang dibahas disini adalah untuk kolektor surya jenis plat datar dengan fluida kerja udara. Perancangan meliputi perencanaan dan perhitungan desain termal serta desain konstruksi dari bagian-bagian utama kolektor. Kolektor dirancang dengan luas 1,6 m^2 untuk kenaikan temperatur udara 30 ^{0}C, laju aliran massa 1,094876 x 10^{-2} kg/s dan efisiensi diharapkan sebesar 55%. Besar kenaikan temperatur udara serta efisiensi kolektor dipengaruhi oleh sifat-sifat radiasi kaca penutup dan pelat absorber besar intensitas energi surya yang diterima dan laju massa udara yang mengalir dalam kolektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan yang dilakukan menggunakan kolektor memberikan kualitas hasil pengeringan yang lebih baik, waktu pengeringan lebih cepat ± ½ - 1 hari (tergantung produk yang dikeringkan) dibanding pengeringan dengan dijemur langsung. Rata-rata hasil pengeringan dengan kolektor 76,7% dan hasil pengeringan dijemur langsung 67.56%.Proses pengeringan dengan menggunakan kolektor lebih cepat bila dibandingkan dengan cara tradisional serta kualitas dari bahan yang dikeringkan lebih baik.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi surya (*solar energy*) untuk tujuan pengeringan telah dikenal sejak dahulu sekali, yaitu pengeringan secara langsung (pasif) dengan melakukan penjemuran. Penjemuran langsung merupakan cara yang paling mudah dan murah untuk proses pengeringan, namun jika diteliti lebih seksama penjemuran langsung membutuhkan waktu yang lebih lama dan kualitas hasil pengeringannya tidak terlalu bagus.

Agar waktu pengeringan relatif lebih pendek dan kualitas hasil pengeringan lebih baik, proses pengeringan dilakukan menggunakan teknologi rekayasa surya sebagai hasil perbaikan dari cara pengeringan alami dan tradisional. Pengering Surya (*Solar Dryer*) merupakan cara pengeringan menggunakan kolektor yang memanfaatkan radiasi energi matahari dengan lebih maksimal. (Azridjal, 2004)

Pengering energi surya (*solar dryer*) digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sinar matahari dalam proses pengeringan, dengan cara mengkonversi sinar matahari menjadi energi panas yang dilakukan dengan menggunakan suatu alat pengumpul/kolektor panas. Pengering energi surya ini sangat bermanfaat dalam proses pengeringan hasil-hasil pertanian, hasil tangkapan laut, pengeringan kayu dan untuk berbagai pengeringan lainnya sehingga dapat menghemat penggunaan energi yang tak terbaharukan. Pemenuhan standar hasil pengeringan untuk kondisi kering yang dibutuhkan juga merupakan bagian yang dapat dicapai dengan alat pengering surya.

Penggunaan rak bertingkat pada pengering surya jenis pemanasan langsung bertujuan memaksimalkan pemanfaatan udara panas dan memaksimalkan pemakaian ruang pengering, sehingga alat pengering menjadi lebih kompak dan efisien dalam penerimaan udara panas. Pemanfaatan udara panas pada rak bertingkat lebih merata dan menyentuh keseluruhan bahan dan produk yang akan dikeringkan.

METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan Penelitian
   Pada tahapan ini akan dilakukan studi literatur dan pendalaman pemahaman sebagai dasar perencanaan terhadap konsep pengering surya dengan rak bertingkat, dengan mempelajari buku-buku, internet dan jurnal-jurnal penelitian terbaru yang relefan.
2. Tahap Pembuatan Alat Uji
   Pada tahapan ini dilakukan pembuatan perangkat pengering surya dengan rak bertingkat hasil perencanaan sebelumnya pada tahap 1. Perangkat pengering surya ini nantinya dapat melayani berbagai pengujian yang dibutuhkan untuk pengambilan data yang diperlukan untuk mengetahui unjuk kerja alat.
3. Tahap Pengumpulan Data
   Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data-data yang diperlukan dengan menggunakan beberapa macam alat ukur antara lain : termometer, temperatur bola kering dan bola basah, timbangan digital, multimeter, stopwatch. Data-data yang diambil meliputi temperatur bola basah, temperatur bola kering masuk perangkat pengering dan temperatur bola basah, temperatur bola kering keluar perangkat pengering, temperatur ruang pengering, distribusi temperatur dalam ruang pengering, perubahan saluran masuk dan keluar, lama pengeringan dan massa produk yang dikeringkan. Pengambilan data dilakukan baik tanpa produk yang akan dikeringkan maupun dengan produk yang akan dikeringkan. Pengambilan data pengeringan produk yang dikeringkan dengan penjemuran langsung dilakukan bersamaan dengan pengambilan data produk yang dikeringkan dalam perangkat pengering surya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja perangkat pengering surya.
4. Tahap Analisis Data
   Data yang diperoleh akan ditabulasikan dan dilakukan perhitungan sesuai prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku, selanjutnya akan diplot dalam berbagai grafik yang dapat memberikan informasi-informasi mengenai pengaruh temperatur bola basah., temperatur bola kering masuk dan keluar perangkat pengering surya, distribusi temperatur dalam ruang pengering, lamanya pengeringan terhadap perubahan jarak antar rak pengering dari bahan yang dikeringkan untuk jumlah massa yang sama, perubahan beban pengeringan terhadap kapasitas pengeringan rencana.
5. Tahap Pembuatan Laporan
   Pada tahapan ini seluruh hasil yang diperoleh dari tahapan sebelumnya dibuat dalam bentuk laporan hasil penelitian. Laporan hasil penelitian ini juga dapat dipublikasikan di jurnal-jurnal ilmiah terakreditasi, atau dipublikasikan di seminar-seminar yang relefan, sehingga dapat diperoleh masukan-masukan untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Alat Pengering yang Digunakan

Deskripsi alat pengering surya (*solar dryer*) yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- **Desain Termal**

1. Temperatur udara masuk kolektor (T_{in}). T_{in} = 30 ° C.
2. Temperatur udara keluar kolektor (T_{out}). T_{out} = 70 ° C.
3. Laju aliran fluida kerja (V). V = 0,01 m/s.

4. Intensitas radiasi matahari (E_{glob}). E_{glob} = 800 W/m^2.
5. Panas aktual yang digunakan untuk kenaikan fluida kerja 30 °C (Qu) yaitu Qu = 441,111526 W.
6. Luas kolektor (Ak). Ak = 1,6 m^2
7. Panas yang diserap oleh kolektor (Q_a). Q_a = 1033,6 W.
8. Panas harian yang diterima oleh kolektor (Q_{in}). Q_{in} = 1280 W.
9. Panas teoritis yang digunakan dengan memasukkan faktor transport panas (Fr).
   Q_S = 765,365 Watt.
10. Kerugian panas dari kolektor ke lingkungan:

Q_L = 268,235 Watt.

Dimana:

✓ Kerugian Panas pada sisi bawah kolektor:

Q_b = 53,47 Watt.

✓ Kerugian Panas pada sisi samping kolektor:

Q_s = 34,255 Watt.

✓ Kerugian Panas pada sisi atas kolektor

Q_a = 180,504 Watt.

11. Efisiensi kolektor.

❖ Efisiensi aktual dari kenaikan temperatur kerja:
   η = 34,5 %.

❖ Efisiensi menurut ASHRAE:
   = 62,9 %.

➢ **Desain Konstruksi**

✓ Pelat *absorber*

Bahan	: Pelat aluminium 0.35 mm.
Perlakuan permukaan	: Cat *Q-Lack Black Dop.*
Ukuran Sebelum ditekuk	: 200 x 100 cm (2 lembar).
Ukuran setelah ditekuk	: 180 x 89 cm.

✓ Kaca Penutup

Bahan	: Kaca Transparan 5 mm.
Ukuran	: 64 cm x 98 cm dan 110 cm x 98 cm.
Bingkai kaca	: Aluminium
Ukuran bingkai kaca	: 2 x 2 cm.

✓ Isolasi Termal

Bahan 1	: *Rigid Foam* 2 cm.
Konduktifitas termal	: 0,166 W/m^2 ^{0}C.
Bahan 2	: *Stiro Foam* 1,5 cm.
Konduktifitas termal	: 0,043 W/m^2 ^{0}C.

✓ Rangka Kolektor

Bahan	: Pelat baja profil L 96 x 45 cm.
Ukuran	: (96 cm x 45 cm) x 4 bagian.

✓ Rangka Ruang Pengering

Bahan	: Pelat baja profil L.

✓ Kemiringan Kolektor : 40 ^{0}.

Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan terhadap sampel antara lain:

- ✓ Pembersihan sampel.
- ✓ Melakukan penimbangan berat dari sampel yang akan diuji. Dalam pengujian yang dilakukan pada 5 rak dimana masing-masing rak berat pengujian sebesar 450 gram, salah satu rak dilakukan pengujian di luar alat penguji.
- ✓ Proses pengambilan data berat dari sampel dilakukan setiap 1 jam sekali. Lama pengambilan data selama 7 jam.
- ✓ Proses pengambilan data temperatur dari alat juga dilakukan pada setiap 1 jam sekali, data temperatur alat diambil pada 8 titik pengujian diantaranya 4 titik pada rak, 2 titik pada kolektor, dan 2 titik pada saluran masuk dan keluar. Data temperatur diambil dengan menggunakan alat ukur termokopel.

Pengambilan Data Pengujian

Proses pengambilan data pada alat pengering ini tergantung dari kondisi cuaca pada saat pengujian karena alat ini bekerja dengan memanfaatkan sinar radiasi yang dipancarkan oleh matahari. Jenis sampel pengujian yang digunakan adalah pisang.

Proses pengujian (pengeringan) merupakan proses perpindahan panas/kalor dan uap air secara simultan (perpindahan massa), yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang ada pada sampel (pisang). Laju penguapan air pada sampel (pisang) dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan temperatur ruang pengering.

Analisa Data

Adapun proses analisa data dilakukan setelah alat pengering surya tersebut selesai dibuat. Proses pengujian dilakukan pada salah satu produk rumah tangga yaitu pisang sale. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan antara hasil pengeringan yang dilakukan didalam alat pengering surya dengan proses pengeringan secara alami (diluar) yang dijemur di alam terbuka.

Tabel 1. Hasil Pengujian Massa Bahan (Pisang).

Lama (jam)	Jam (Wib)	MASSA BAHAN YANG DIKERINGKAN (gr)				
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Di Luar
0	10.00	450	450	450	450	450
1	11.00	418	394	358	312	400
2	12.00	382	360	334	304	356
3	13.00	352	324	288	248	326
4	14.00	310	264	244	196	300
5	15.00	274	240	202	158	276
6	16.00	272	212	174	138	260
7	10.00	228	196	160	126	250
8	11.00	168	151	130	114	192
9	12.00	146	132	112	104	176
10	13.00	134	120	106	100	166
11	14.00	128	118	106	100	160
12	15.00	126	116	106	100	156
13	16.00	118	110	102	96	150
14	17.00	116	108	100	96	146

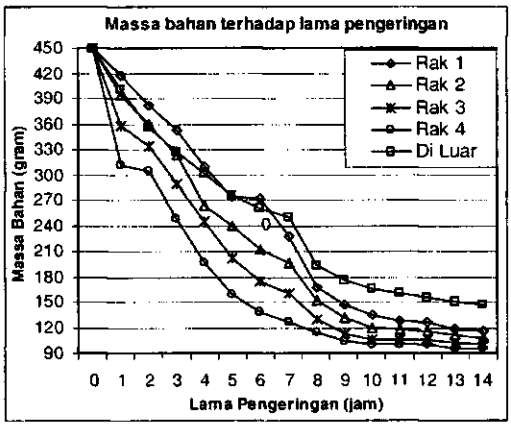
Intensitas radiasi matahari bervariasi menurut cuaca saat pengujian berlangsung. Intensitas radiasi matahari tidak diukur, karena tidak tersedianya alat ukur radiasi matahari (solarimeter). Variasi intensitas radiasi matahari sebanding dengan variasi temperatur pelat absorber, sehingga variasi intensitas radiasi matahari saat pengujian dapat diwakili oleh variasi temperatur pelat absorber (Hanif, 1996)

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada pisang diketahui bahwa kadar air yang yang terjadi pada setiap rak berkurang (tabel 1). Setelah 7 jam proses pengeringan didapat data sebagai berikut:

Tabel 2. Persentase Massa Bahan Yang Menguap

No.	Rak Pengeringan	Massa Awal	Massa Akhir	Massa yang menguap	Persentase Massa yang menguap
1	Rak 1	450	116	334	74.22
2	Rak 2	450	108	342	76.00
3	Rak 3	450	100	350	77.78
4	Rak 4	450	96	354	78.67
5	Rak di luar	450	146	304	67.56

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa proses pengeringan yang dilakukan dengan alat pengering ini lebih cepat bila dibandingkan dengan proses pengeringan di alam terbuka. Pengeringan di dalam kolektor lebih cepat dari pengeringan di alam terbuka, karena perbedaan temperatur pengeringan. Temperatur pengeringan di dalam kolektor lebih tinggi dari temperatur pengeringan di alam terbuka (sama dengan temperatur lingkungan). Kualitas hasil pengeringan bahan yang dikeringkan dengan alat pengering lebih baik dan lebih bersih dibandingkan yang dikeringkan langsung di alam terbuka. Bahan yang dikeringkan dalam kolektor lebih bersih karena terhindar dari debu, kotoran dan gangguan binatang atau serangga, sehingga harga jual produk di pasaran lebih tinggi.



Gambar 1 Pengurangan Massa bahan yang dikeringkan terhadap waktu pengeringan

Temperatur pengujian maksimum terjadi pada pelat *absorber* yang berwarna hitam kabur dengan temperatur antara 109,1 ^{0}C sampai 114,5 ^{0}C yang terjadi pada pukul 12.00 WIB sampai 14.00 WIB.

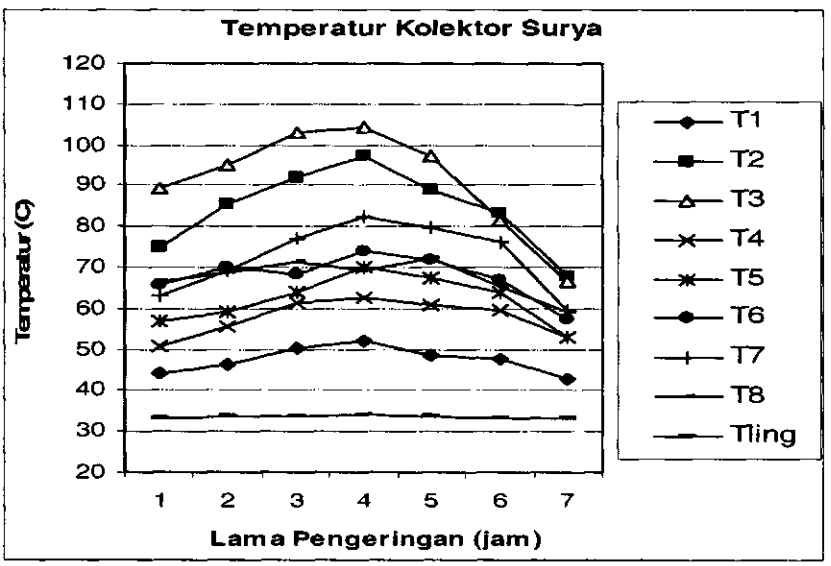
Tabel 3. Hasil Pengujian Temperatur.

No	Jam (Wib)	TEMPERATUR °C								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T~
1	10.00 - 11.00	44.3	74.8	89.3	50.8	56.8	65.7	62.9	66.3	33.3
2	11.00 - 12.00	46.4	85.3	95.1	55.4	59.2	70.1	69.1	68.5	33.4
3	12.00 - 13.00	50.3	92.1	103.1	61.1	63.8	68.4	77.2	71.1	33.4
4	13.00 - 14.00	51.8	97.3	104.2	62.6	69.9	73.8	82.1	69.1	34.2
5	14.00 - 15.00	48.5	89	97	60.8	67.2	71.8	79.5	72.3	33.6
6	15.00 - 16.00	47.8	83.2	81.5	59.4	64	67	76	65.3	33.2
7	16.00 - 17.00	42.6	67.6	66.5	53.1	53	57.2	59.3	58.9	33.2
Rata-rata		40.37	78.43	90.5	55.51	59.39	63.1	69.67	70.83	33.2

Keterangan :
T1 : *Temperatur udara masuk (T_{in}).*
T2 & T3 : *Temperatur plat* absorber.
T4,T5,T6,T7 : *Temperatur rak pada ruang pengering.*
T8 : *Temperatur keluar (T_{out}).*
T~ : *Temperatur lingkungan.*

Kerugian panas yang terjadi ke lingkungan terjadi karena adanya pengaruh dari konduktifitas termal bahan pembentuk kolektor, kecepatan angin di sekitar ruang kolektor serta adanya perbedaan temperatur antara kolektor dengan lingkungan. Kerugian panas pada sisi samping terjadi karena akibat dari konduksi dan konveksi ke lingkungan yang berbeda temperaturnya. Sedangkan Kerugian panas yang terbesar terjadi pada sisi atas kolektor hal ini terjadi karena kerugian akibat dari konduksi ke kaca penutup serta radiasi dan konveksi secara bersamaan ke lingkungan.

Kerugian panas yang terjadi ke lingkungan terjadi karena adanya pengaruh dari konduktifitas termal bahan pembentuk kolektor, kecepatan angin di sekitar ruang kolektor serta adanya perbedaan temperatur antara kolektor dengan lingkungan. Kerugian panas pada sisi samping terjadi karena akibat dari konduksi dan konveksi ke lingkungan yang berbeda temperaturnya. Sedangkan Kerugian panas yang terbesar terjadi pada sisi atas kolektor hal ini terjadi karena kerugian akibat dari konduksi ke kaca penutup serta radiasi dan konveksi secara bersamaan ke lingkungan.



Gambar 2 Variasi temperatur kolektor terhadap waktu pengeringan

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengembangan kolektor pengering tenaga surya (*solar dryer compact*) jenis pemanasan langsung ini adalah:

1. Rata-rata hasil pengeringan dengan kolektor 76,7% dan hasil pengeringan dijemur langsung 67.56%.Proses pengeringan dengan menggunakan kolektor lebih cepat bila dibandingkan dengan cara tradisional serta kualitas dari bahan yang dikeringkan lebih baik.
2. Proses pengeringan dengan Solar Dryer menggunakan penyimpan panas temperatur kolektor lebih merata dan lebih cepat kering. Proses pengeringan masih tetap berlangsung beberapa jam, saat cahaya matahari tertutup atau saat sore hari dengan sumber panas dari penyimpan panas.

Rekomendasi

Adapun saran yang perlu diperhatikan untuk pengembanang dan pemakian kolektor alat pengering tenaga surya (*solar dryer*) :

1. Untuk menghindari besarnya efisiensi rugi-rugi kalor yang hilang dan kebocoran udara ke lingkungan sebaiknya isolasi dipasang dilakukan secara baik dan benar.
2. Gunakan isolasi yang memiliki harga konduktivitas termal yang rendah.
3. Pada saat penekukan kolektor sebaiknya dilakukan secara teliti agar kondisi dari pelat tetap baik.
4. Pada waktu melakukan pengujian saat penimbangan sebaiknya dilakukan dengan cepat untuk menghindari terjadinya rugi-rugi panas.
5. Pada saat pembingkaian kaca, sebaiknya kaca tersebut diberi sedikit jarak (*clearance*) untuk menghindari terjadinya pemuaian terhadap kaca yang dapat mengakibatkan kaca tersebutreta dan pecah.
6. Sebelum melakukan pengujian sebaiknya kondisi dari alat ukur berat (timbangan) dan alat ukur temperatur (termokopel) dalam kondisi yang baik, agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
7. Agar hasil pengeringan merata pada setiap rak perlu dilakukan rotasi posisi rak.
8. Perlu pengembangan lebih lanjut dari alat ini dengan menambahkan penyimpan panas, dan menutup alat pengering dengan penutup khusus sehingga penurunan temperatur yang drastis saat cuaca mendung atau sore hari dapat dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

Amrul, 2001, Kaji Eksperimental Karakteristik Mesin Refrigerasi Hibrid Kompresi Uap Susunan Seri dan Paralel dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon HCR-12, Tesis, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung.

Arora, C. P, 2001, Refrigeration and Air Conditioning, Mc. Graw-Hill International Edition.

Aziz, Azridjal, 2001, Pembuatan dan Pengujian Mesin Refrigerasi Kompresi Uap Hibrida dengan Refrigeran HCR-12 yang Sekaligus Bertindak Sebagai Mesin Refrigerasi pada Lemari Pendingin (Cold Storage) dan Pompa Kalor pada Lemari Pengering (Drying Room), Tesis, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung,

Aziz, Azridjal, 2002, Refrigeran Hidrokarbon sebagai Alternatif Pengganti Refrigeran Halokarbon, Jurnal Sains dan Teknologi, FT Unri, Pekanbaru.

Aziz, Azridjal, 2003 Penggunaan Hidrokarbon sebagai Refrigeran pada Sistem Refrigerasi Komersil

(Commercial Refrigeration) dan Pengkondisi Udara (Air Conditioning), Jurnal Sains dan Teknologi, FT Unri, Pekanbaru.

Pasek, A.D.,Tandian, N.P., 2000, Short Course on the Applications of Hydrocarbon Refrigerants, International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion 2000, Bandung.

Pasek, A.D.,Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004 Training of Trainer Refrigeration Servicing Sector, Training Manual, ITB, Bandung

Stoecker, W.F. and Jones, J.W., 1994, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Erlangga, Jakarta.

Holman, J.P., 1991, Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta.

Cool Concern, 2000, Petunjuk Praktis Konversi dan Perbaikan Peralatan Refrigerasi dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon secara Aman, ECOFRIG, ITB, Bandung.