

UJI MODEL ALAT PENGERING TIPE RAK DENGAN KOLEKTOR SURYA (Studi Kasus Untuk Pengeringan Cabai Merah (*Capsium Annum* Var. *Longum*))

Diah Mufti Erlina^{*}
Imam Tazi^{**}

Abstrak: Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi radiasi matahari adalah untuk mengeringkan hasil panen dengan menggunakan sebuah perangkat yang disebut dengan *kolektor surya*. Alat pengering tenaga surya merupakan alat pengering bahan dalam ruang tertutup yang memanfaatkan radiasi matahari secara langsung dengan menggunakan kolektor. Prinsip kerjanya adalah dengan sinar matahari yang masuk menembus tutup yang berbahan kaca dan memanasi pelat kolektor hitam yang ada di bawahnya. Kolektor didesain dengan diberi lubang-lubang yang bertujuan agar suhu yang ada di dalam ruang kolektor yang mempunyai tekanan besar dapat turun ke tekanan suhu yang lebih rendah melalui lubang-lubang kolektor sehingga udara panas akan mengalir ke bawah dan masuk ke ruang pengering untuk mengeringkan bahan-bahan di dalam ruang pengering tersebut.

Kata Kunci: Kolektor Surya, Pengering Tipe Rak

PENDAHULUAN

Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi radiasi matahari adalah untuk mengeringkan hasil panen. Agar dapat memanfaatkan energi radiasi matahari untuk mengeringkan hasil panen digunakan suatu perangkat untuk mengumpulkan energi radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi dan mengubahnya menjadi energi panas yang berguna. Perangkat ini disebut dengan *kolektor surya*. Kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari yang masuk dan diubah menjadi energi thermal dan meneruskan energi tersebut ke fluida. Kolektor surya memiliki beberapa komponen yaitu: transmisi, refleksi dan absorpsi. Komponen transmisi dapat diperoleh dengan menggunakan kaca, refleksi dari elemen cermin dan absorber dari bahan aluminium atau kuningan yang dilapisi dengan permukaan benda hitam.

Pengeringan cabai dilakukan sebagai langkah alternatif untuk menanggulangi produksi cabai yang berlebihan terutama pada saat panen raya. Proses pengeringan yang dilakukan oleh petani selama ini masih bersifat sederhana yaitu dengan metode penjemuran secara langsung di bawah sinar matahari. Metode ini kurang efektif karena akan membutuhkan area yang luas, waktu pengeringan yang relatif lama yaitu 10-12 hari, proses pengeringan tergantung pada cuaca, serta efek sinar ultraviolet matahari dapat merusak warna dari kulit cabai yang tidak terlihat cerah lagi. Mempertimbangkan kekurangefektifan metode tersebut maka perlu dicari suatu metode yang dapat menggantikan, namun masih memiliki fungsi yang sama yaitu sebagai pengering yang dapat menurunkan kandungan kadar air dalam cabai merah menjadi sekitar 10 %. Sehingga berdasarkan hal tersebut dibuatlah alat pengering untuk mengeringkan berbagai macam sayuran dengan memanfaatkan radiasi matahari dan kolektor surya plat tipe rak. Diharapkan dengan pembuatan dan pengujian alat ini, dapat membantu para petani dalam hal pengeringan hasil panen.

(*) Pemerhati Fisika

(**) Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KAJIAN TEORI

Cabai Merah

Cabai merah (*Capsium annum* var. *Longum*) merupakan suatu komoditas sayuran yang tidak dapat ditinggalkan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. tanaman cabai berasal dari daratan Amerika Tengah hingga Amerika Selatan dan Peru. Cabai dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu Cabai besar (*Capsicum annum* L.) dan Cabai kecil atau rawit (*Capsicum frutescens* L.). Tanaman cabai dapat tumbuh dengan baik pada suhu sekitar $16^{\circ} - 23^{\circ}$ C. Suhu optimum untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif adalah sekitar $15^{\circ} - 20^{\circ}$ C. Tanaman cabai merah merupakan jenis palawija yang dapat tumbuh dengan baik di daerah tropik dan subtropik. Umumnya tanaman cabai tumbuh di dataran rendah seperti persawahan dan ladang. Jenis dari cabai merah sangat bervariasi, namun yang umum dikonsumsi adalah cabai jenis keriting. Cabai merah memiliki dua komponen kimia yang penting yaitu capsaicin yang memberikan rasa pedas, dan capsantin yang memberikan warna merah pada cabai.

Pengeringan

Pengeringan merupakan proses mengurangi kadar air bahan sampai batas di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Semakin banyak kadar air dalam suatu bahan, maka semakin cepat pembusukannya oleh mikroorganisme. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama dan kandungan nutrisinya masih ada. Cabai dikeringkan dengan cara penjemuran atau cara pengeringan mekanis. Pengeringan cabai dapat dilakukan dengan suhu sekitar 60° C dalam waktu 24 -30 jam. Cabai dapat dikeringkan dalam bentuk utuh atau dibelah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cabai yang dibelah pengeringannya lebih cepat dibandingkan dengan cabai utuh.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada 2 golongan, yaitu:

1. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering.

Yang termasuk golongan ini adalah:

- Suhu: Makin tinggi suhu udara maka pengeringan akan semakin cepat
- Kecepatan aliran udara pengering: Semakin cepat udara maka pengeringan akan semakin cepat
- Kelembaban udara: Makin lembab udara, proses pengeringan akan semakin lambat
- Arah aliran udara: Makin kecil sudut arah udara terhadap posisi bahan, maka bahan semakin cepat kering

2. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan

Yang termasuk golongan ini adalah:

- Ukuran bahan: Makin kecil ukuran benda, pengeringan akan makin cepat
- Kadar air: Makin sedikit air yang dikandung, pengeringan akan makin cepat.

Sedangkan laju pengeringan tetap bergantung pada luas permukaan pengeringan, perbedaan kelembapan antara aliran udara pengeringan dengan permukaan basah, koefisien pindah massa, dan kecepatan aliran udara.

Kadar Air Bahan

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan dan biasanya dinyatakan dalam satuan persen. Ada dua metode dalam menyatakan kadar air bahan yaitu kadar air basis basah dan kadar air basis kering. Kadar air basis basah merupakan perbandingan antara berat air terhadap berat bahan total (berat bahan kering dan berat air). Sedangkan kadar air basis kering merupakan perbandingan berat air

terhadap berat bahan kering mutlak. Dalam penentuan kadar air bahan hasil pertanian biasanya dilakukan berdasarkan basis basah. Namun dalam suatu analisis bahan, biasanya kadar air bahan ditentukan berdasarkan sistem basis kering. Hal ini disebabkan karena perhitungan berdasarkan basis basah mempunyai kelemahan yakni basis basah bahan selalu berubah-ubah setiap saat. Kalau berdasarkan basis kering hal ini tidak akan terjadi karena basis kering bahan selalu tetap.

Radiasi Matahari

Matahari merupakan sebuah reaktor fusi kontinyu dan gasnya dikandung oleh gaya gravitasi yang besar dan pada bagian permukaan terdapat lapisan gas tersebut fotosfer yang merupakan sumber radiasi terbanyak. Energi radiasi fusi inti matahari yang dipancarkan dalam bentuk radiasi melalui permukaan matahari mempunyai panjang gelombang dari yang paling panjang yaitu gelombang radio sampai dengan yang paling pendek yaitu gelombang sinar X dan sinar gamma. Radiasi matahari merambat melalui ruang hampa pada panjang gelombang ultra violet, cahaya tampak dan panjang gelombang pendek inframerah dengan perbandingan cahaya ultra violet terdiri dari 7% dari cahaya total yang dipancarkan matahari. Cahaya ultra violet dipancarkan dengan panjang gelombang 0 sampai 0.38 micrometer. Cahaya tampak 47% dari cahaya total. Cahaya tampak ini dipancarkan dengan panjang gelombang berkisar antara 0.38 micrometer sampai 0.78 micrometer, sedangkan cahaya inframerah sekitar 46% dari cahaya total dan dipancarkan dengan panjang gelombang 0.78 micrometer sampai tak terhingga. (jurnal neutrino, 2008)

Kolektor Plat Datar

Kolektor plat datar merupakan sebuah kotak yang mampu menyerap sinar matahari, sehingga dapat meningkatkan suhu dalam kotak tersebut. Panas di dalam kotak kolektor tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan salah satunya bisa untuk pengering dalam bidang pertanian. Kolektor datar dan konsentrator merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan energi radiasi surya sedemikian sehingga energi termal yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih praktis untuk berbagai proses. Kolektor datar surya terdiri dari *cover* (penutup) transparan, absorber dan insulator. Radiasi surya yang jatuh pada permukaan bahan transparan dalam gelombang pendek akan diteruskan oleh bahan transparan untuk kemudian diserap oleh absorber. Warna hitam pada absorber memiliki sifat absorpsi terhadap radiasi yang lebih besar sehingga sebagian besar radiasi matahari akan diserap. Penyerapan radiasi ini akan membuat suhu absorber menjadi tinggi. Radiasi panas akan dipancarkan oleh absorber akan tetapi dalam bentuk gelombang panjang. Kebanyakan bahan transparan akan memiliki sifat opak terhadap radiasi gelombang panjang dan oleh karena itu sebagian radiasi gelombang panjang ini dipantulkan kembali oleh bahan transparan menuju absorber. Sebagian radiasi yang dipantulkan tersebut akan diserap kembali dan sisanya akan mengalami proses yang sama yaitu sebagian dipantulkan kembali ke absorber. Dengan demikian, kehilangan panas akibat radiasi menjadi minimal dengan menggunakan kolektor datar. Kinerja sebuah kolektor surya akan bergantung dari karakteristik absorptivitas dari absorber, transmisivitas dari bahan transparan, *overall heat transfer coefficient* (koefisien pindah panas keseluruhan) dari insulator, bahan transparan serta absorber.

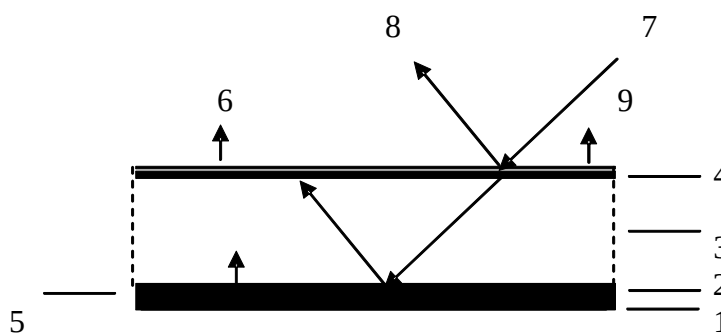
Sistem Kolektor Surya

Dalam kasus plat kolektor surya sebagai perangkat terbaik untuk radiasi matahari adalah permukaan hitam. Pada permukaan ini radiasi diserap dan konversi dari energi cahaya menjadi energi panas. Desain penting yang perlu dipertimbangkan pada kolektor surya adalah meminimalkan kehilangan panas pada kolektor. Untuk keperluan ini biasanya

digunakan penutup transparan yang dapat dilalui oleh radiasi surya dan dapat mengurangi konduksi dan konveksi panas yang hilang dengan mempertahankan lapisan udara panas di atas plat kolektor dan juga mengurangi kehilangan panas radiasi kembali dari plat kolektor. Berkurangnya panas yang hilang dari sebuah plat kolektor surya berarti pula peningkatan efisiensi. Peningkatan efisiensi dari kolektor surya ditentukan oleh penutup transparan. Penutup transparan ideal mempunyai permukaan yang transparan terhadap radiasi matahari yang menimpanya, dan memantulkan radiasi panjang gelombang besar kembali ke permukaan kolektor di mana akan diserap kembali.

Kerugian termik pada kolektor surya ada pada refleksi, pancaran kembali radiasi, konveksi dan konduksi. Selain itu pada kaca (penutup transparan) juga menyerap sekitar 7 – 8% radiasi yang menimpanya. Perlu diketahui bahwa mayoritas kehilangan panas dari kolektor surya adalah dari permukaan kaca depan (penutup transparan). Sementara kehilangan panas melalui bagian belakang dan samping dari sebuah kolektor yang diisolasi dengan baik kira-kira 10% total kehilangan panas. Mekanisme konduksi, konveksi dan radiasi pada kolektor surya dapat dijelaskan sebagai berikut. Radiasi surya yang menimpa permukaan kaca sebagian besar ditransmisikan ke permukaan kolektor sehingga terjadi absorpsi pada permukaan hitam. Permukaan itu menjadi panas (terjadi perpindahan panas konduksi) dan memberikan radiasi ke kaca pada panjang gelombang besar.

Dalam prakteknya semua radiasi suhu rendah yang dipancarkan oleh benda dalam rumah kaca bersifat panjang gelombang besar, dan karena itu radiasi tetap terkurung dalam rumah kaca sehingga terjadi akumulasi panas dalam ruang. Panas ini kemudian dilepas secara konveksi melalui celah udara, sedangkan permukaan luar kaca melepas kalor melalui radiasi dan konveksi ke lingkungan. Untuk memahami konduksi, konveksi dan radiasi pada kolektor dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Desain alat

Keterangan:

- (1) Isolator terbuat dari tripleks (2) kolektor terbuat dari seng bergelombang dicat hitam (3) celah tempat mengalirnya udara panas ke ruang pengeringan (4) kaca transparan (5) perpindahan kalor konduksi (6) perpindahan kalor konveksi (7) radiasi surya (8) refleksi (9) radiasi termal.

Perpindahan Panas

Apabila dua logam saling berhimpitan dan suhu-suhu benda itu berbeda, maka akan terjadi proses perpindahan panas dari benda yang panas menuju benda yang lebih dingin, sehingga menyebabkan suhu keduanya menjadi sama. Secara umum, proses perpindahan panas dapat berlangsung dengan beberapa cara, di antaranya : 1) Konduksi prpindahan panas secara konduksi adalah proses di mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium. Proses perpindahan panas secara konduksi terjadi karena molekul-molekul suatu bahan saling berbenturan atau

bersinggungan, dengan demikian saling meneruskan energi panas yang mereka miliki. Proses perpindahan panas secara konduksi tidak terjadi pada semua bahan, umumnya penghantaran panas hanya terjadi pada bahan yang memiliki daya hantar yang baik (konduktor). Laju perpindahan panas konduksi dapat dinyatakan dengan hukum Fourier :

$$q = kT \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L}$$

Keterangan:

q = kalor (J/s)

kT = konduktivitas termal (W/m)

A = luas penampang (m²)

T = suhu (°C)

L = tebal bahan (m)

Konveksi

Zat cair dan gas tidak dapat menghantarkan panas dengan baik. Pemindahan panas lewat zat cair dan gas terutama terjadi karena konveksi, yaitu karena adanya perbedaan suhu. Perpindahan panas secara konveksi berlangsung dalam beberapa tahap. Tahap pertama panas akan mengalir dengan cara konduksi yaitu dari sumber panas menuju permukaan benda, kemudian energinya berpindah ke benda lainnya sehingga menaikkan suhu dan energi di sekitarnya. Tahap kedua, partikel-partikel bergerak dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Udara kemudian akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel fluida yang lain. Perpindahan panas yang terjadi dalam ruangan pengering adalah secara konveksi. Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi jika adanya perbedaan suhu antara kedua ruangan. Dalam hal ini udara akan bergerak dari daerah yang bersuhu lebih tinggi menuju ke daerah yang bersuhu yang lebih rendah, kemudian akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya ke partikel fluida yang lainnya.

Alat Pengering Tipe Rak

Mesin pengering tipe rak (*Tray Dryer*) mempunyai bentuk persegi dan didalamnya terdapat rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan, bahan diletakkan diatas rak-rak yang diletakkan dalam ruang tertutup dan hanya disediakan lubang-lubang untuk saluran udara masuk, saluran ke luar uap air yang dihembuskan oleh blower. Suhu pada proses pengeringan buah dan sayuran yang aman adalah 35 – 63°C. Suhu idealnya adalah 48°C. Pada suhu ini pengeringan berlangsung cukup cepat tetapi sedikit merusak enzim. Enzim yang penting akan rusak bila suhu melebihi 60°C.

Mesin pengering tipe rak dengan suatu ruang pengering, dengan sistem pemanasan tidak langsung (*direct drying*) dapat digunakan untuk mengeringkan beberapa produk hasil pertanian. Kelebihan pengering ini adalah suhu pengeringan yang lebih seragam, karena bentuk dan ukuran antara ruang pengering dan *heat exchanger* sama. Sehingga distribusi suhu pada tiap bagian (atas, tengah dan bawah) sama. Rak pada mesin pengering tipe rak ini terbuat dari stainless steel untuk mengamankan produk dari kontaminasi akibat korosi.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan setiap jam selama 10 jam mulai dari pukul 07.00 WIB sampai jam 17.00 WIB.

Alat Dan Bahan

Alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Termoter raksa sejumlah 2 buah untuk mengukur suhu udara dan bahan.

- b. Timbangan kg dan g untuk mengukur berat cabai merah dan berat natrium metabisulfit 0.2%.
- c. Anemometer.
- d. Stopkontak yang digunakan sebagai sumber listrik untuk menjalankan blower.
- e. Triplek digunakan sebagai isolator.
- f. Seng yang dicat hitam digunakan sebagai plat datar yang berfungsi untuk menyerap panas.
- g. Kaca transparan yang fungsi agar radiasi matahari dapat masuk menembus kaca menuju plat datar.
- h. Pipa yang digunakan untuk aliran udara.
- i. Kawat yang digunakan untuk tempat pengeringan benda yang dibuat rak.
- j. Blower (30 Watt/220 V) yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara dalam kotak pengering.
- k. Nampan yang digunakan untuk tempat pengeringan secara manual.
- l. Bahan yang digunakan adalah cabai merah dan natrium metabisulfit 0.2%.

Deskripsi Rancangan Fungsional

Alat pengering memanfaatkan energi matahari untuk diubah menjadi energi panas melalui media kolektor. Selain itu juga menggunakan bantuan energi listrik untuk memperlancar sirkulasi udara. Unit kolektor sebagai media penangkap radiasi matahari terdiri atas beberapa bagian, yaitu: 1) penutup transparan berupa kaca berfungsi untuk meneruskan radiasi matahari ke permukaan plat penyerap, 2) permukaan penyerap panas berupa plat seng berfungsi untuk menyerap sinar matahari, 3) isolator berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas, dan 4) kerangka untuk menunjang komponen kolektor.

Rak-rak pengering terletak di dalam ruang pengering dan berfungsi sebagai tempat cabai basah yang akan dikeringkan. Pintu digunakan untuk memasukan atau mengeluarkan rak-rak tersebut. Blower di bagian ujung yang digerakan dengan energi listrik berfungsi untuk mengatur sirkulasi udara yang masuk dan keluar dan sebagai sumber tambahan selain energi matahari. Udara akan keluar melalui cerobong pembuangan udara. Kedudukan cerobong lebih tinggi dari pada saluran udara yang masuk.

Prosedur Penelitian

Massa pada pengamatan pertama menggunakan 1 kg sedangkan pada pengamatan yang kedua menggunakan 500 g. Pengukuran dilakukan secara periodik pada setiap parameter teknik (60 menit) dari jam 07.00 WIB sampai 17.00 WIB.

Pengamatan Pertama

Pengamatan ini dimulai dengan membuat sampel dengan cabai merah. Sebelum dikeringkan, cabai merah terlebih dahulu harus mengalami beberapa proses yaitu cabai merah ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui beratnya. Kemudian cabai merah dipilih yang baik atau tidak cacat, cabai merah dibersihkan agar kotoran yang ada pada cabai hilang. Baru kemudian lanjut pada tahap pengambilan sampel yaitu dengan:

a. Sampel A

Cabai merah yang sudah dibersihkan kemudian ditimbang dan tanpa belah, direndam dalam air panas, dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2 % kemudian ditiriskan dan siap untuk dikeringkan.

b. Sampel B

Cabai merah yang sudah dibersihkan kemudian ditimbang dan dibelah. Kemudian direndam dalam air panas selama 10 menit tidak dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2%. Kemudian ditiriskan dan siap untuk dikeringkan.

c. Sampel C

Cabai merah yang sudah di bersihkan kemudian ditimbang tanpa dibelah tidak direndam dalam air pana, dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2%, kemudian ditiriskan dan siap untuk dikeringkan.

d. Sampel D

Cabai merah yang sudah di bersihkan kemudian ditimbang dan dibelah. Cabai tidak direndam dalam air panas dan tidak dicampur dengan natrium metabisulfit.

Pengamatan Kedua

Pada pengamatan kedua dilakukan dengan dua perlakuan yaitu dikeringkan dengan menggunakan alat pengering tipe rak dengan kolektor surya dan dengan dikeringkan secara manual (Dijemur). Masing-masing sampel akan dibagi menjadi dua.

a. Sampel A

Cabai yang telah dibersihkan ditimbang kemudian dibelah dan dibuka. Lalu direndam dalam air panas dan dicampur menggunakan natrium metabisulfit 0.2%. Kemudian ditiriskan sebentar di bawah sinar matahari langsung sebelum dimasukan ke alat pengering.

b. Sampel B

Cabai yang telah dibersihkan ditimbang kemudian dibelah dan dibuka. Kemudian direndam dalam air panas tanpa dicampur natrium metabisulfit 0.2%. Lalu ditiriskan sebentar di bawah sinar matahari langsung sebelum dimasukan ke alat pengering.

c. Sampel C

Cabai yang telah dibersihkan, ditimbang, dibelah dan dibuka. Tidak direndam air panas dan juga tidak dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2%. Kemudian ditiriskan sebentar dibawah sinar matahari langsung sebelum dimasukkan ke alat pengering.

Analisa Data

Dari data yang telah diperoleh untuk setiap pengamatan akan dianalisa sebagai berikut:

- a. Menganalisa penurunan massa cabai merah baik yang menggunakan alat pengering maupun dengan pengeringan secara manual (penjemuran) dan juga penurunan penguapan kadar air dengan menggunakan kedua perlakuan tersebut. Kemudian dihitung besar nilai perpindahan panas baik dengan konveksi maupun dengan konduksi untuk mengetahui besarnya penyerapan panas selama proses pengeringan cabai merah dan penyerapan panas pada saat alat pengering dalam kondisi kosong (tidak ada bahan). Diukur besar kecepatan udara yang masuk untuk mengetahui pengaruh udara terhadap proses pengeringan.
- b. Dari hasil pengamatan yang kedua, dicari seberapa besar penyerapan panas alat pengering tipe rak dengan kolektor surya. Kemudian data tersebut dibandingkan dengan data penurunan massa dan penguapan kadar air dengan pengeringan secara manual.
- c. Membandingkan banyaknya biaya yang dikeluarkan selama proses pengeringan yang menggunakan alat pengering tipe rak dengan menggunakan kolektor surya dan yang menggunakan alat pengering surya yang dibantu dengan minyak.

Prinsip Kerja Alat.

Prinsip kerja pengering tenaga surya ini adalah sinar matahari memanasi kolektor yang dicat hitam dan diberi lubang-lubang yang mengakibatkan suhu di dalam ruang kolektor meningkat. Udara panas di dalam ruang kolektor mengalir melalui lubang-lubang ke ruang pengering dan akan mengeringkan bahan-bahan di dalam ruang tersebut. Untuk pengering sederhana tenaga surya ini ruang kolektor menjadi satu dengan ruang/kotak

pengering. Sinar matahari yang masuk menembus tutup kaca dan memanasi pelat kolektor hitam yang ada di bawahnya. Sinar matahari akan masuk dan menembus kaca, mengenai pelat kolektor hitam yang menyebabkan udara di dalam kotak pengering tersebut menjadi panas yang dibantu dengan blower untuk melancarkan sirkulasi udara di dalamnya. Udara yang masuk ke dalam kotak pengering melalui cerobong yang berada di bawah. Jadi bahan yang ada di dalam kotak pengering tersebut akan dikeringkan langsung oleh sinar matahari dari udara panas di dalam kotak pengering yang ditimbulkan akibat radiasi benda hitam dari kolektor.

Kemudian uap air yang timbul akan terbawa keluar oleh udara yang masuk dari bawah menuju ke atas dan keluar melalui cerobong. Ketika matahari redup, misalnya tertutup awan atau hujan, udara di dalam kotak pengering tersebut tetap panas karena adanya isolator, meskipun tidak sepanas ketika ada sinar matahari, ketika sinar matahari bersinar kembali, suhu udara di dalam kotak pengering tersebut akan segera meninggi kembali. Kolektor yang digunakan pada alat pengering ini terbuat dari bahan alumunium (seng) yang mudah menyerap panas. Alat pengering ini dibuat atas dasar konsep sifat radisi benda hitam. Jadi atas dasar tersebut kolektor dari bahan alumunium (seng) tersebut dicat warna hitam dan diberi rongga-rongga yang bertujuan agar udara panas yang dihasilkan dari radiasi matahari dapat turun ke bawah dan mengeringkan bahan yang ada di bawahnya. Hal ini dikarenakan udara panas yang dihasilkan dari radiasi matahari sangat tergantung oleh frekuensi cahaya dan temperatur. Besarnya energi yang diserap oleh benda hitam dapat menggunakan persamaan empiris hukum *stefan*:

$$R = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Keterangan:

R = emitansi radian (W/m²)

e = daya pancar permukaan

σ = tetapan Stefan-Boltzmann (W/m² K⁴)

A = luas penampang (m²)

T = suhu (°C)

Udara panas yang dihasilkan tersebut tidak dapat keluar kotak karena kotak pengering dibuat tertutup. Sehingga udara panas yang melalui lubang lubang pada kolektor tadi akan turun ke bawah. Di bawah kolektor terjadi tekanan panas yang tinggi karena ada udara yang masuk melalui lubang yang tekanannya lebih rendah. Uap air yang dihasilkan dari proses ini yang mampu mengeringkan bahan akan keluar melalui cerobong. Sirkulasi udara di dalam kotak dibantu dengan blower.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat pengering dilakukan dengan menganalisa seberapa besar efesien alat pengering tipe rak dengan menggunakan energi matahari terhadap efek radisi benda hitam. Cabai merah dikeringkan dengan cara pengeringan mekanis yaitu menggunakan alat pengering bertenaga surya. Secara teori pengeringan cabai dapat dilakukan dengan suhu sekitar 60°C dalam waktu 24-30 jam. Sementara itu suhu yang dicapai dalam alat pengering model ini mencapai 55°C dan waktu pengeringan yang dibutuhkan sekitar 5 hari dengan kadar air 13%. Pengambilan data dilakukan setiap jam selama 10 jam dari jam 07.00 WIB sampai jam 17.00 WIB.

Pengamatan pertama dilakukan dengan mengambil sampel cabai terdiri atas empat macam jenis sampel untuk pengamatan 1. Pada penelitian pertama ini cabai ada yang dibelah dan ada yang tidak dibelah tetapi hanya dicuci dengan air biasa. Hasil dari perlakuan tersebut menunjukkan bahwa cabai yang dikeringkan dengan cara dibelah jauh lebih cepat kering dibandingkan dengan cabai yang tidak dibelah.

Berikut adalah data yang diperoleh pada pengamatan pertama:

Tabel 1. Pengamatan I

Hari	1		2		3		4	
Waktu	Suhu Luar	Suhu Dalam	Suhu Luar	Suhu Dalam	Suhu Luar	Suhu Dalam	Suhu Luar	Suhu Dalam
07.00			23	31	26	33	25	32
08.00			27	41	30	43	29	40
09.00			30	45	33	50	32	42
10.00	32	32	32	46	33	44	30	41
11.00	35	51	35	50	34	46	34	46
12.00	41	55	39	51	42	56	37	49
13.00	43	59	40	52	31	39	37	49
14.00	33	39	41	52	34	41	35	43
15.00	31	35	39	50	32	43	32	40
16.00	28	30	30	38	30	35	30	34
17.00	hujan	hujan	25	28	23	30	22	29

Dari data yang diperoleh dapat dilihat bahwa pada pengamatan kedua sebaran suhu yang terjadi di dalam ruang pengering dapat adalah stabil. Hasil pengamatan hari kedua jauh lebih baik dibandingkan dengan pengamatan sebelumnya. Hal ini dikarenakan pada saat pengamatan cuaca sangat panas. Hal ini sangat baik untuk alat pengering yang sedang dalam tahap pengujian. Selain itu juga proses sebelum pengeringan juga sangat membantu mempercepat pengeringan. Sehingga hasil yang didapatkan cukup baik cabai merah sangat kering dan bobot cabai turun mencapai 60% dari bobot basah yaitu 500g. Jadi kondisi cuaca selama pengeringan sangat mempengaruhi proses pengeringan.

Dari penelitian yang pertama memberikan hasil yang kurang begitu bagus selain itu cabai merah kering yang dihasilkan masih kurang dari standart. Cabai merah kering yang dihasilkan dari pengamatan yang pertama ini kurang kering dan masih banyak mengandung kadar air. Hal ini dikarenakan kondisi cuaca yang tidak menentu dan juga alat pengering yang masih perlu diperbaiki. Pada waktu terjadi hujan alat pengering tergenang oleh air hujan dan masuk ke dalam alat. Oleh karena itu energi untuk mengeringkan juga besar. Waktu yang dibutuhkan selama pengeringan pada penelitian yang pertama ini lebih dari 5 hari untuk mendapatkan cabai kering yang berkualitas.

Dari segi warna, cabai yang dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2% dan yang tidak dicampuri dengan natrium metabisulfit belum jelas dapat dibedakan, karena yang dihasilkan hampir sama. Dan dari perlakuan yang diberikan selama proses pengeringan cabai yang dibelah cenderung lebih cepat kering dan daripada cabai yang tidak dibelah. Hal ini dapat dilihat ketika hari terakhir dari penelitian massa cabai merah yang dikeringkan dengan cara dibelah jauh lebih kecil dibandingkan massa cabai merah kering yang tidak dibelah. Jadi pada pengamatan yang pertama memberikan kesimpulan alat pengering tipe rak dengan kolektor surya ini belum efektif jika digunakan dan juga proses pengeringan masih lambat untuk mengeringkan hasil pertanian seperti cabai

Pada pengamatan kedua jenis sampel yang digunakan seperti yang telah diuraikan di atas, masing-masing sampel digolongkan menjadi 2 yaitu yang pertama dimasukkan ke dalam alat pengering tipe rak dengan kolektor surya dan yang ke dua dijadikan sebagai pembanding dengan pengeringan secara manual. Dan juga untuk sampel yang akan dimasukkan ke dalam alat pengering hendaknya ditiriskan dulu seperti penjemuran secara manual hal ini bertujuan untuk mengungsi kandungan air akibat pencucian baru kemudian cabai dibelah dan siap untuk diproses. Sehingga pada siang hari cuaca yang sangat

panasbaik untuk alat pengering yang sedang dalam tahap pengujian. Selain itu juga proses sebelum pengeringan juga sangat membantu mempercepat pengeringan. Sehingga hasil yang didapatkan cukup baik cabai merah sangat kering dan bobot cabai turun mencapai 60% dari bobot basah yaitu 500g. Jadi kondisi cuaca selama pengeringan sangat mempengaruhi proses pengeringan. Pada pengamatan kedua menunjukkan suhu udara di luar dan di dalam ruang pengering terus meningkat. Perbedaan suhu yang ada di luar dan di dalam sangat jauh, sama seperti pengamatan pada pengamatan pertama. Hal ini disebabkan karena di dalam ruang pengering terjadi 2 proses perpindahan panas yaitu terjadi proses konduksi yang ada di ruang kolektor dan terjadi proses konveksi di ruang pengering atau rak. Sedangkan suhu di luar lebih rendah hal ini dikarenakan di luar hanya terjadi pemanasan biasa. Akan tetapi selama pengamatan pada setiap jam 10.00 WIB suhu di dalam akan mengalami penurunan yang cukup drastis dibandingkan suhu di luar hal ini dikarenakan alat pengering tertutupi oleh tower yang dekat dengan alat pengering sehingga mempengaruhi proses konduksi dan konveksi yang ada pada alat pengering.

Jadi pada pengamatan yang kedua dapat disimpulkan dari pengamatan yang telah dilakukan bahwa alat pengering tipe rak dengan kolektor surya ini proses pengeringannya lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan secara manual. Jika proses pengeringan menggunakan alat pengering tipe rak dengan kolektor surya ini membutuhkan waktu selama 5 hari sedangkan dengan pengeringan secara manual membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu 7 hari.

Penurunan Massa Dan Penurunan Penguapan Kadar Air Pada Cabai Merah Besar Untuk Pengamatan Pertama

Berdasarkan hasil pengamatan, berat cabai merah awal 1 kg untuk masing-masing sampel. Setelah dikeringkan selama 4 hari berdasarkan pengamatan selama 10 jam berat masing-masing sampel adalah :

Tabel 2. Penurunan Berat dan Penguapan kadar Air (%)

Jenis Sampel	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air yang menguap (%)
P1	1000	551	44.9
P2	1000	461	53.9
P3	1000	624	37.6
P4	1000	568	43.2

Keterangan :

P1 = Cabai merah diberi larutan natrium metabisulfit 0.2%, direndam dalam air panas dan cabai tidak dibelah.

P2 = Cabai merah dibelah dan direndam dalam air panas tanpa menggunakan natrium metabisulfit 0.2%.

P3 = Cabai merah telah direndam dalam air panas akan dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2% tidak dibelah.

P4 = Cabai merah tidak direndam dalam air panas akan tetapi dibelah.

Dari tabel 2 dapat dilihat perubahan berat cabai merah setelah dikeringkan untuk masing-masing sampel berbeda satu sama lain. Pada penelitian yang pertama ini menunjukkan bahwa cabai yang dikeringkan dengan menggunakan alat pengering selama 4 hari (10 jam), cabai merah yang lebih cepat kering adalah cabai merah yang dibelah dan direndam dalam air panas (*blanching*) yaitu 461 g dan kadar air yang berkurang mencapai 53.9 %. Dan cabai merah yang tidak dibelah massanya jauh lebih besar 624 g dengan kandungan kadar air 37.6%. Pada pengamatan kedua dengan perlakuan yang berbeda

dibandingkan dengan pengamatan pertama. Yaitu dengan 3 jenis sampel seperti yang telah disebutkan di atas yaitu pengeringan dengan menggunakan alat pengering tipe rak dengan kolektor surya dan dengan pengeringan secara manual(penjemuran). Hasil dari pengamatan yang menggunakan alat pengering yaitu seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 4.4. Bahwa hasil dari tiap-tiap sampel hanya mempunyai selisih yang tidak terlalu jauh. Dari hasil alat pengering ini yang menunjukkan cabai cepat kering dengan kadar air yang berkurang adalah P1 126 dari bobot awal 500 g. Hal ini dikarenakan perlakuan yang berbeda dibandingkan yang lain. Akan tetapi yang perbedaan yang sangat menonjol adalah dari segi warna cabai. Cabai merah yang dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2% jauh lebih terang dibandingkan dengan yang tidak dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2 %

Perbandingan Penurunan Massa Dan Penurunan Penguapan Kadar Air Pada Cabai Merah Besar Dengan Menggunakan Alat Pengering dan Pengeringan Secara Manual.

Penurunan kadar air dan massa masing-masing sampel pada pengamatan kedua dengan teknik mekanis selama 5 hari :

Tabel 3. Penurunan Penguapan Kadar Air (%) dan Penurunan Massa Jenis P1

Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air (%) yang menguap
500	415	17
500	345	31
500	256	49
500	183	63
500	160	68

Tabel 4. Penurunan Penguapan Kadar Air (%) dan Penurunan Massa Jenis P2

Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air (%) yang menguap
500	420	16
500	350	3
500	250	5
500	280	64
500	164	67

Tabel 5. Penurunan Penguapan Kadar Air (%) dan Penurunan Massa Jenis P3

Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kadar air (%) yang menguap
500	428	14
500	354	29
500	245	51
500	205	59
500	175	65

Hasil dari penelitian dengan menggunakan alat pengering ini dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya waktu penurunan massa semakin berkurang dan penurunan kadar air juga semakin berkurang. Sedangkan hasil dari penelitian yang menggunakan teknik

manual ini untuk masing-masing sampel penurunan massanya hanya mempunyai selisih yang sedikit. Yang membedakan juga terletak pada warna cabai yang cenderung lebih gelap dibandingkan dengan warna cabai yang dicampur menggunakan natrium metabisulfit 0.2%.

Dari pengamatan kedua ini yang menggunakan 2 sampel yang sama perlakuannya memberikan hasil yaitu pengeringan dengan teknik pengeringan menggunakan alat tipe rak hasilnya jauh lebih cepat kering selain itu juga tekstur warna dari cabai merah juga lebih cerah bila dicampur dengan natrium metabisulfit 0.2%. sedangkan menggunakan teknik manual yaitu hanya dijemur langsung proses pengeringan jauh lebih lama dan cabainya sendiri kurang begitu kering dari warnanya cabai merah yang menggunakan natrium metabisulfit lebih gelap dibandingkan dengan yang ditaruh di alat pengering, selain itu proses pengeringan dengan menggunakan teknik manual ini jika tidak dengan perlakuan khusus cabai dapat timbul jamur karena kandungan air lebih besar dibandingkan dengan menggunakan alat pengering yang kadar air yang turun jauh lebih banyak.

Perbandingan Biaya Proses Pengeringan Dengan Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak Dengan Kolektor Surya dan Alat Pengering Tenaga surya dan Minyak.

Dibandingkan dengan alat pengering yang menggunakan bantuan minyak tanah, alat pengering dengan kolektor surya ini jauh lebih murah karena alat ini hanya mengandalkan energi matahari meskipun dengan bantuan blower yang menggunakan listrik akan tetapi penggunaan listriknya kecil sehingga biayanya lebih murah. Sedangkan dengan menggunakan alat pengering yang menggunakan minyak tanah, selain tergantung dengan energi matahari juga tergantung dengan minyak. Semakin banyak bahan yang dikeringkan semakin banyak pula minyak yang dibutuhkan dan biaya semakin mahal.

Analisa Perhitungan Perpindahan Panas Selama Proses Penelitian

Nilai perpindahan kalor secara konduksi selama proses penelitian diambil dari data penelitian yang kedua. Suhu di luar alat pengering setiap jam 12.00 WIB rata-rata mencapai 40.6°C dan suhu yang ada di ruang pengering pada jam yang sama dapat mencapai 54.6°C . Perbedaan antara suhu luar dan suhu di dalam ruang pengering seperti yang telah dijelaskan di atas. Dan pada saat intensitas matahari besar yaitu pada jam 13.00 WIB radiasi yang diserap kolektor lebih besar sehingga suhu di dalam ruang pengering juga lebih besar dibanding jam-jam sebelumnya.

Dari analisis di atas besarnya perpindahan kalor di ruang kolektor selama proses penelitian rata-rata besarnya adalah 5.28 J/s. Sedangkan perpindahan kalor di ruang pengering bahan yang terjadi dengan proses konveksi besarnya nilai perpindahan kalor pada jam 13.00 WIB adalah:

Diketahui:

$$h : 0.595 \times 10^4$$

$$A : 2 \text{ m}$$

$$\Delta T : 13.2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Ditanya: } q$$

Penyelesaian:

$$q = 0.595 \times 10^4 \times 2 \times 13.2 = 15.7 \times 10^4 \text{ J/s}$$

Dari analisa di atas diperoleh besarnya perpindahan kalor yang ada pada ruang pengering sebesar $15.7 \times 10^4 \text{ J/s}$.

Diperoleh hasil yaitu suhu yang diserap oleh alat mesin tanpa adanya bahan yang dikeringkan mampu mencapai 65°C . Jelas berbeda ketika ada bahan yang harus dikeringkan. Hal ini dikarenakan ketika alat pengering sedang mengeringkan suatu bahan, suhu juga diserap oleh bahan. Selain itu juga udara yang mengalir dalam ruang pengering

membawa uap air sehingga berlangsung proses pengeringan bahan. Nilai perpindahan yang diperoleh juga jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai perpindahan panas ketika terdapat bahan di ruang pengering. Suhu maksimum rata-rata yang dihasilkan alat pengering dalam kondisi kosong mencapai 62,4°C pada jam 12.00 WIB dan suhu luarnya mencapai 47,4°C. Sedangkan nilai perpindahan kalor yang dihasilkan pada saat alat pengering dalam kondisi kosong dengan suhu rata-rata maksimum pada jam 12.00 WIB adalah:

Diketahui :

A : 2 m = 200 cm

L : 15 cm. Kt udara : 0.57×10^{-4} k, cal s⁻¹ cm⁻¹ (°C)

T1 : 62,4°C. T2 : 47,4°C

Ditanya : q

Penyelesaian:

$$q = 0,57 \times 0,0001 \times 200 \times (62,4 - 47,4) / 15 = 0,014 \text{ J/s.}$$

Diperoleh hasil nilai perpindahan panas di ruang kolektor surya dengan proses konduksi sebesar $1,14 \times 10^{-2}$ J/s. Sedangkan analisis nilai perpindahan panas di ruang pengering pada saat kondisi kosong melalui proses konveksi dengan suhu rata-rata maksimum jam 12.00 WIB adalah:

Diketahui:

h : 0.595×10^4

A : 2 m

ΔT : 15 °C

Ditanya: q

Penyelesaian:

$$q = 0.595 \times 10^4 \times 2 \times 15 = 17,85 \times 10^4 \text{ J/s}$$

Nilai perpindahan panas di ruang pengering pada kondisi kosong sebesar 17.85×10^4 J/s.

Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan udara yang masuk dan yang keluar juga membantu proses dalam mempercepat proses pengeringan. Oleh karena itu dipasang *fan/blower*. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan kecepatan aliran udara yang masuk sebesar 2.01 m/s kemudian naik sehingga kecepatan aliran udara yang keluar menjadi 5.02 m/s. Hal ini seperti yang telah dijelaskan diatas karena pengering ini menggunakan *fan / blower* sehingga menghasilkan kecepatan aliran udara sedangkan kecepatan aliran udara yang berada di tengah-tengah lebih rendah. Keadaan ini disebabkan karena aliaran udara dari hembusan maupun hisapan blower akan terhalang oleh rak-rak yang ada di dekat blower serta kemungkinan adanya kebocoran pada pintu-pintu ruang pengering. Keuntungan dari semakin cepatnya aliran udara akan membantu dalam mempercepat proses pengeringan, karena semakin cepat aliran udara semakin cepat juga udara membawa uap air dari bahan.

Efisiensi Alat Pengering

Efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara energi yang diserap oleh alat pengering dengan energi yang dipakai selama proses pengeringan. Nilai efisiensi diambil dari nilai suhu yang paling baik selama proses pengamatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pengering tipe rak dengan kolektor surya ini dapat dijadikan sebagai salah satu alat alternatif untuk mengeringkan hasil pertanian seperti cabai selain alat pengering yang sudah ada.

2. Alat pengering tipe rak dengan kolektor surya lebih efektif dibanding dengan pengeringan manual karena alat ini mampu mengeringkan lebih cepat dan memberikan hasil cabai kering yang baik.
3. Alat pengering tipe rak dengan kolektor surya ini lebih murah dibandingkan dengan alat pengering surya dengan minyak. Hal ini dikarenakan alat pengering ini lebih banyak mengandalkan energi matahari. Sedangkan bila dengan minyak, akan jauh lebih mahal karena harga minyak yang mahal.
4. Semakin besar intensitas radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya maka akan menghasilkan suhu yang besar pula sehingga proses pengeringan juga lebih cepat, selain itu juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang dibatu oleh blower.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 2008. *Metode Pengeringan*. <http://.multiply.com/journal/item/5/Metode Pengeringan>. Buletin Teknopro Holtikultura. 2004 edisi 69.
- Beiser, A. 1995. *Concept Of Modern Physics*. 5th Edition. Mc grow Hill, New York.
- I Sandi, Adhi. 2008. *Seri Agribisnis Cabai*. Penebar Swadaya. Depok.
- Jurnal Neutrino. 2008. Vol 1 No. 1. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Kordylas, J. Maud. 1991. *Processing and Preservation of Tropical and Subtropical Food*. ELBS with Macmillan. British.
- Rahmad. 2002. *Uji Performasi Alat Engering Energy Surya Pada Umbi Kentang*. Skripsi jurusan teknik pertanian. Fakultas teknologi pertanian. UB.
- Rohani. 2006. *Rancang Bangun Sistem Pengering Cabai Merah Secara Elektrik*. Library Universitas Negeri Semarang.
- Rubatzky, Vincent E. 1999. *Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi Jilid 3*. ITB. Bandung.
- Rukmana, Rahmad Ir. 1996. *Seri Budi Daya Cabai Hibrida Sistem Mulsa Plastic*. Kanisius. Yogyakarta.
- Suharto. 1991. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Melton Putra. Jakarta.
- Susilo Bambang dan Bambang D.A. 2002. *Mesin Pengering Tipe Rak Dalam Catalog Mesin Pengolahan Hasil Pertanian "Open House"*. MP-Fair tahun 2002. Universitas Brawijaya.
- Sutopo. 2005. *Pengantar Fisika Kuantum*. UM Press.
- Taib, G Said, W. 1988. *Operasi Pengering Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Melton putra. Jakarta.