

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Salah satu bidang industri yang berperan besar terhadap pembangunan nasional adalah Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM). Berdasarkan data BPS 2014, UMKM merupakan sektor penyerap tenaga kerja terbesar dari total angkatan kerja yang dimiliki saat ini sebanyak 125 juta orang. Dari sisi jumlah unit usaha, sektor UMKM tercatat menguasai 99% pangsa pasar sektor usaha atau mencapai 56 juta unit usaha dan 70% diantaranya merupakan UMKM pangan.

UMKM pangan di Provinsi Jawa Barat tumbuh dengan subur. Salah satu di antaranya adalah UMKM industri makanan seperti kerupuk, keripik atau pisang sale. Masalah utama yang dihadapi oleh pengrajin kerupuk adalah ketidakstabilan produksi kerupuk yang berimbas terhadap ketidakmampuan mereka memenuhi kebutuhan pasar. Dalam produksi kerupuk, keripik atau pisang sale, tahapan yang paling mendasar terletak pada proses pengeringan. Ada dua alternatif pada tahapan ini, yaitu menggunakan bahan bakar minyak dan gas, atau memanfaatkan panas matahari. di tempat terbuka. Pemilihan teknik pengeringan tentunya mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Sebagian besar pengrajin kerupuk masih menggunakan cara pengeringan tradisional. Proses pengeringan dilakukan dengan cara menjemur bahan produk dengan bantuan energi panas matahari di tempat terbuka. Pemanfaatan panas matahari tentunya sangat potensial dalam upaya penghematan energi, mengingat Indonesia yang beriklim tropis yang memungkinkan penyinaran matahari di sepanjang tahun di seluruh wilayah Indonesia. Di samping itu, penggunaan panas matahari memberikan keuntungan dari segi finansial karena tidak diperlukan biaya pada tahapan pengeringan ini, sehingga harga produk akan lebih murah dibandingkan bila menggunakan pengeringan berbasis bahan bakar minyak atau gas. Pemilihan teknik pengeringan ini sangat bergantung pada faktor cuaca, di mana pengeringan berlangsung selama kurang lebih tiga hari disertai dengan membolak-balik kerupuk sebanyak empat sampai lima kali agar pengeringan merata, sehingga akan memperpanjang waktu produksi. Di samping itu, pengeringan di tempat terbuka memungkinkan produk terkena debu dan dihinggapi lalat sehingga kebersihan kerupuk tidak terjamin dengan baik. Masalah lain yang dihadapi oleh pengrajin kerupuk yang menggunakan pengeringan tradisional adalah diperlukan tempat yang luas pada saat menjemur produk makanan.

Dengan memperhatikan beberapa hal di atas, dirancang suatu sistem pengering bertenaga panas surya berbasis efek rumah kaca, yang hemat energi, higienis, hemat area dengan pemeliharaan yang mudah. Prinsip kerja alat pengering tenaga surya ini memanfaatkan pemanasan udara dari seng gelombang oleh panas matahari di ruang pengumpul panas. Karena udara panas relatif lebih ringan dibandingkan udara di ruang pengering, maka akan terjadi aliran udara panas dari ruang pengumpul pada menuju ke ruang pengering untuk menguapkan air pada kerupuk basah yang ditempatkan di ruang pengering. Udara pada ruang pengering mengalir ke bagian atas ruang pengering dan keluar melalui ventilasi. Di samping itu, matahari yang memanasi kerupuk basah di ruang pengering secara langsung dari plastik transparan menjadikan sistem ini seperti layaknya pemanasan yang terjadi sebagai efek rumah kaca.

Alat ini merupakan salah satu teknologi tepat guna yang diperuntukkan bagi lingkup usaha kecil menengah yang memerlukan alat pengering dalam proses produksinya, tidak terbatas hanya pada kerupuk. Karena bahannya yang murah serta proses pembuatan alat yang mudah, memungkinkan bagi masyarakat luas untuk menduplikasi alat pengering ini, sehingga program ini memiliki prospek yang cukup baik untuk

dilanjutkan. Teknologi tepat guna sistem pengering ini, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas produk serta bersifat higienis. Perancangan sistem pengering tenaga surya berbasis efek rumah kaca ini diharapkan dapat mendukung pengembangan teknologi penyiapan bahan pangan. Dengan memanfaatkan teknologi ini, konsisten proses produksi akan menjadi suatu keniscayaan dan pada gilirannya akan menunjang ketahanan pangan bagi bangsa.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan di atas, dapat dirumuskan sejumlah masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun alat pengering tenaga surya?
2. Bagaimana pengaruh bahan penutup kolektor panas dan rak pengering terhadap efisiensi pengeringan yang dihasilkan oleh alat pengering tenaga surya?

Dalam pelaksanaan penelitian ini, pembatasan masalah diberikan meliputi:

1. Alat pengering yang digunakan seluruhnya menggunakan energi radiasi panas matahari, tanpa tambahan sumber energi lainnya.

2. Proses pengujian efisiensi akan dilakukan dengan menggunakan bahan uji pisang untuk membuat pisang sale.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pengering tenaga surya yang murah, sederhana dan higienis serta menghasilkan efisiensi pengeringan yang berkisar 10 - 40%.

D. Kegunaan Penelitian

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, baik dari aspek teoritis maupun dari aspek praktis. Proses penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman teoritis mengenai proses termodinamika yang terjadi pada alat pengering. Dalam aspek praktis, alat pengering yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat kecil yang berkecimpung dalam usaha kecil yang memerlukan tahapan pengeringan dalam proses produksi, seperti kerupuk, keripik, ikan, pisang sale dan masih banyak lagi.

BAB II LANDASAN TEORITIS

A. Tinjauan Pustaka

Pembuatan pisang sale pada dasarnya dikerjakan dengan tahapan tahapan: pemilihan pisang, pemotongan pisang dan pengeringan pisang. Proses pengeringan mempunyai peran yang penting dalam pembuatan pisang sale. Jenis pisang yang biasa dijadikan sebagai bahan baku pisang sale adalah pisang Ambon.

Pisang ambon memiliki ciri-ciri warna hijau sehingga sering disebut pisang hijau, bentuknya sedikit memanjang dan cukup mudah ditemukan di pasaran. Kandungan gizi nutrisi pisang ambon dalam 100 gram di antaranya: kalori 99 kkal, protein 1.2 gr, lemak 0.2 gr, karbohidrat 26 gr, kalsium 8 mg, zat besi .5 mg, fosfor 28 mg, vitamin A 146 SI, vitamin B1 0.08 mg, vitamin C 3 mg, air 72 gr. Selain memiliki banyak kandungan gizi nutrisi pisang ambon kaya manfaatnya bagi kesehatan tubuh di antaranya Menjaga kesehatan pencernaan dan Sebagai anti nyeri dan masih banyak khasiat lainnya.

Sale pisang adalah makanan hasil olahan dari buah pisang yang disisir tipis kemudian dijemur. Tujuan penjemuran adalah untuk mengurangi kadar air buah pisang sehingga pisang sale lebih tahan lama. Pisang sale ini bisa langsung

dimakan atau digoreng dengan tepung terlebih dahulu. selain itu, saat ini sale pisang mempunyai berbagai macam rasa seperti rasa keju.

Pengeringan dengan cara konvensional selama ini dianggap paling mudah dan praktis karena sudah bisa dilakukan, biaya operasional murah, namun memiliki beberapa kelemahan, selain dibutuhkan lahan yang luas, juga terjadinya kontaminasi produk oleh debu, kotoran dan polusi udara, sehingga kurang higienis yang menyebabkan mutu menjadi rendah.

1. Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang di pindahkan dari permukaan bahan yang di keringkan oleh media pengering yang berupa panas udara yang di hasilkan oleh kolektor.

Peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan meliputi dua proses penting, yaitu:

- a. Proses pemindahan panas, yaitu yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang di alirkan akan meningkatkan suhu bahan yang lebih rendah, menyebabkan

- b. Proses pemindahan massa, yaitu suatu proses yang terjadi karena kelembaban relatif udara pengering lebih rendah dari kelembaban relatif bahan panas yang dialirkan di atas permukaan bahan akan meningkatkan uap air bahan sehingga tekanan uap air akan lebih tinggi dari tekanan uap udara ke pengering.

Pengeringan merupakan proses sederhana mengurangi kandungan air dari dalam suatu produk sampai pada tingkat tertentu, sehingga dapat mencegah pembusukan dan aman disimpan dalam jangka waktu yang lama. Kadar air produk harus dikurangi sampai hanya tersisa sekitar 5 sampai 10% untuk menonaktifkan mikroorganisme yang ada di dalam produk. Beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan diantaranya adalah luas permukaan, perbedaan suhu sekitar, kecepatan aliran udara dan tekanan udara. Kelembaban udara juga mempengaruhi kemampuan udara untuk memindahkan uap air. Secara umum, kelembaban udara adalah ukuran kandungan air di udara. Kelembaban udara dinyatakan dalam dua pengertian yang berbeda yaitu kelembaban mutlak dan kelembaban relatif. Kelembaban mutlak

adalah massa uap air per satuan massa udara kering. Tingkat kejenuhan udara dinyatakan oleh *relative humidity* (RH). Dengan kata lain, RH adalah perbandingan kelembaman udara tertentu dengan kelembaman udara jenuh pada kondisi tekanan dan temperatur yang sama. Perbandingan ini dinyatakan dalam persentasi kejenuhan 100 % RH untuk udara jenuh 0% untuk udara yang benar benar kering

Beberapa keuntungan yang didapat dari proses pengeringan antara lain: mengurangi kerusakan dan pembusukan produk, mengurangi biaya pengemasan dan kebutuhan akan pendinginan, biaya transportasi dan penyimpanan lebih murah, serta menjamin ketersediaan produk yang bersifat musiman. Disamping keuntungan di atas, proses pengeringan juga mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya terjadi perubahan warna pada produk, kandungan vitamin lebih rendah karena vitamin rentan terhadap panas, terjadi *case hardening* yaitu suatu keadaan dimana permukaan bahan mengeras (kering) sedangkan bagian dalam masih basah (belum kering), mutu lebih rendah daripada bahan pangan segar.

2. Alat Peningering Berbasis Tenaga Surya

Alat penering bertenaga surya secara umum dapat diklassifikasikan sebagai berikut:

a. Peningering Surya Pasif dan Aktif Tipe Langsung

Pada penering tipe langsung ini, panas dihasilkan karena adanya penyerapan energi matahari oleh bagian dalam ruang penering. Selain memanaskan udara, radiasi matahari juga memanaskan produk yang dikeringkan. Perbedaan antara penering surya pasif dan aktif terletak pada sirkulasi udara di dalamnya. Pada penering surya pasif tipe langsung, sirkulasi udara mengalir secara konveksi bebas, sedangkan pada penering surya aktif tipe langsung udara mengalir karena adanya *fan* atau *blower* (konveksi paksa).

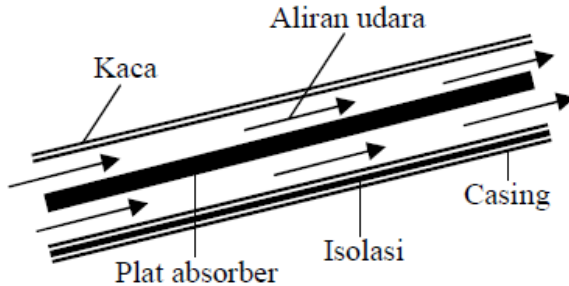
b. Peningering Surya Pasif dan Aktif Tipe Tidak Langsung

Sistem penering tipe ini terdiri dari kolektor dan ruang penering yang terpisah. Udara dari luar masuk di antara kaca dan *absorber*. Udara menjadi panas karena terjadi perpindahan panas antara *absorber* ke udara. Udara panas ini kemudian dialirkan ke dalam

ruang pengering tempat produk berada dan dikeluarkan melalui cerobong. Udara panas yang dihasilkan di kolektor dapat dialirkan dengan dua cara yaitu konveksi bebas (pasif) dan konveksi paksa (aktif) dengan menggunakan *blower*.

c. Pengering Surya Pasif dan Aktif Tipe Gabungan

Sistem pengering tipe ini merupakan kombinasi dari tipe langsung dan tidak langsung. Prinsip kerjanya hampir sama, radiasi matahari selain digunakan untuk memanaskan udara yang berada di kolektor juga digunakan untuk memanaskan produk yang berada di ruang pengering. Secara umum sebuah pengering surya terdiri atas kolektor surya yang berfungsi menyerap sinar matahari dan ruang pengering yang merupakan tempat untuk produk yang akan dikeringkan. Sebuah kolektor terdiri atas *casing*, kaca, absorber dan isolasi. Secara umum, bagian-bagian suatu kolektor ditunjukkan dalam Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Bagian-bagian kolektor alat pengering surya

3. Kolektor pada Alat Pengering Bertenaga Surya

Besarnya radiasi yang diserap oleh kolektor surya tergantung kepada beberapa hal, yaitu;

a. Tingkat isolasi dan arah kolektor surya

Isolasi yang baik akan menyebabkan energi surya yang diserap akan semakin besar. Panas yang keluar dari kolektor surya bervariasi sesuai dengan tingkat isolasi. Dan arah kolektor idealnya menghadap ke Utara atau ke Selatan, tergantung pada periode waktu (arah matahari).

b. Tingkat penyerapan permukaan absorber

Absorber merupakan bagian kolektor yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari. Material absorber

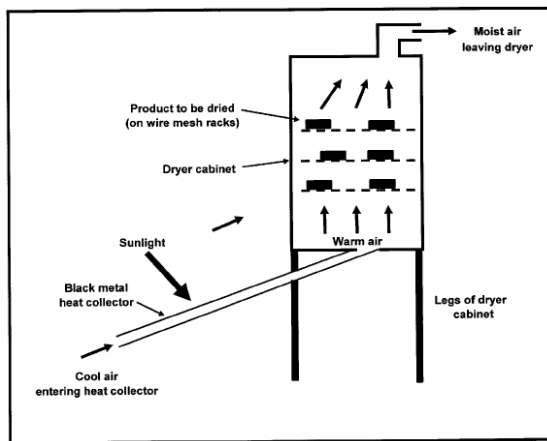
yang baik harus memenuhi kriteria berikut, yaitu mempunyai tingkat penyerapan radiasi yang baik, emisi yang rendah, konduktivitas termal yang baik dan harus stabil pada temperatur operasi kolektor. Selain itu, absorber juga harus tahan lama dan ringan.

c. Tingkat transmisi material penutup

Tingkat transmisi material penutup merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi jumlah energi surya yang dapat diserap oleh kolektor. Material penutup yang baik harus mempunyai tingkat transmisi yang tinggi untuk sinar tampak dan tingkat transmisi yang rendah untuk radiasi infra merah. Selain itu, penutup yang baik juga harus mempunyai absorptivitas termal yang rendah, stabil pada temperatur operasi, daya tahan terhadap kerusakan tinggi, daya tahan terhadap berbagai kondisi cuaca tinggi dan mempunyai harga yang murah. Kaca merupakan material penutup yang sering digunakan pada kolektor surya, karena kaca memenuhi kriteria seperti yang tersebut di atas.

Skema alat pengering berbasis tenaga surya ditunjukkan pada Gambar 2.2. Secara umum, alat pengering terdiri atas dua

komponen utama, yaitu kolektor panas (*heat collector*) dan rak pengering (*dryer cabinet*). Kolektor panas berupa bahan konduktor hitam terisolasi yang berperan sebagai penangkap radiasi panas dari matahari. Kolektor panas terhubung ke ruang pengering. Pengeringan bahan yang diletakkan dalam rak pengering terjadi karena adanya pergerakan udara panas yang lebih ringan di kolektor panas memasuki ruang pengering dan mendorong keluar udara yang lebih dingin melalui ventilasi yang ada di ruang pengering.



Gambar 2.2 Skema alat pengering berbasis tenaga surya (Mercer, 2012)

Di daerah Asia Pasifik, pengering yang sering digunakan adalah *natural circulation dryer*, *forced circulation*

dryer dan *greenhouse type dryer* (Murthy dan Ramana, 2009). Pengering tipe rumah kaca (*greenhouse type dryer*) adalah pengering yang menggunakan prinsip efek rumah kaca dalam melakukan pengeringan. Pengering ini menahan panas yang diterima karena radiasi sinar matahari di dalam ruang pengering. Pengering tipe rumah kaca sangat menguntungkan untuk daerah dengan kadar hujan pertahun yang tinggi serta memiliki kadar kelembapan udara yang tinggi pula. Karena pengeringan secara konvensional sulit dilakukan pada tipe daerah tersebut Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai kelembapan udara maka akan semakin sedikit nilai laju penguapan yang terjadi. Pengering tipe rumah kaca ini menggunakan plastik *polyethilene* sebagai penutup dari pengering. Sementara itu bagian dalam pengering ini mempunyai bentuk bertingkat. Pengering tipe rumah kaca ini menggunakan *chimney* (cerobong) sebagai tempat udara keluar. *Absorber* dari pengering ini terbuat dari dengan bahan alumunium berwarna hitam. Warna hitam berfungsi sebagai penyerap panas pada pengering, panas di dalam pengering semakin tinggi (Yayienda, dkk., 2013).

Beberapa penelitian terkait dengan pengeringan kerupuk maupun produk sejenisnya yang memiliki proses pengeringan yang mirip telah dilakukan (Hidayat dan

Purnomo, 2014). Penelitian terdahulu tentang rancangan pembuatan alat pengering bahan makanan terangkum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rangkuman Penelitian Rancangan Alat Pengering Makanan (Hidayat dan Purnomo, 2014)

No.	Tahun	Peneliti	Judul Penelitian
1.	2012	Setyanto, dkk.	Perancangan Alat Pengering Mie Ramah Lingkungan
2.	2012	Napitupulu dan Tua	Perancangan dan Pengujian Alat Pengering Kakao Dengan Tipe <i>Cabinet Dryer</i> Untuk Kapasitas 7,5 kg Per Siklus
3.	2005	Walujodjati dan Darmanto	Rancang Bangun Mesin Pengering Kerupuk untuk Industri Kecil Kerupuk
4.	2012	Anwar, dkk.	Rancang Bangun Alat Pengering Energi Surya

			Dengan Kolektor Keping Datar
5.	2012	Yuliati dan Santosa	Rancang Bangun Sistem Pengering untuk Pengrajin Kerupuk Ikan di Kenjeran
6.	2011	Napitupulu dan Atmaja	Perancangan dan Pengujian Alat Pengering Jagung dengan Tipe Cabinet Dryer untuk Kapasitas 9 kg Per Siklus
7.	2011	Uyun, dkk.	Unjuk Kerja Pengering Surya Hybrid ICDC Tipe Resirkulasi
8.	2010	Wijoyo, dkk.	Rekayasa Alat Pengering untuk Meningkatkan Produktivitas UKM Emping Mlinjo
9	2010	Tambosoe	Desain Alat Pengering ERK-hybrid yang

			Efisien Dalam Mengatasi Permasalahan Pengerinan UKM Kerupuk Tulang Ikan Tenggiri
10	2009	Syarifudin dan Purwanto	Oven Pengerin Kerupuk Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Menggunakan Pemanas Pada Industri Rumah Tangga

B. Kerangka Berpikir

a. Konsep/Variabel Terkait

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya yang di rancang, kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditunjukkan oleh efisiensi kolektor, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari produk udara yang memanasinya.

Efisiensi pengeringan dinyatakan sebagai perbandingan kalor yang di gunakan untuk penguapan kandungan air dari pisang terhadap energi radiasi yang tiba di pengering.

Kalor Q_e yang digunakan untuk pengeringan kandungan air pisang adalah:

$$Q_e = (m_b - m_k) h_{fg} \quad (2.1)$$

dengan m_b dan m_k berturut-turut adalah massa pisang sebelum dan setelah pengeringan (kg), h_{fg} merupakan entalpi penguapan pada temperatur rata-rata pisang (kJ/kg).

Energi Q_{rs} yang tiba pada alat pengering dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$Q_{rs} = A \cdot I_r \cdot t \quad (2.2)$$

dimana A adalah luas pelat kolektor (m^2), I_r adalah intensitas radiasi surya ($watt/ m^2$) dan t adalah waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan (detik).

Efisiensi pengeringan kemudian dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut

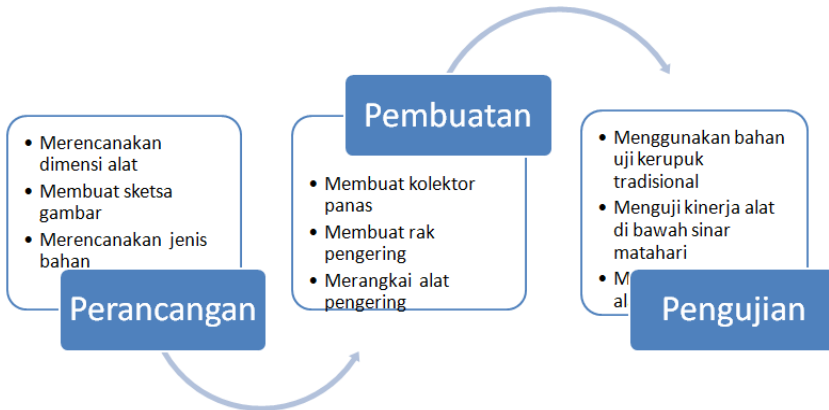
$$\eta = \left(\frac{Q_e}{Q_{rs}} \right) \cdot 100\% \quad (2.3)$$

dengan η adalah efisiensi pengeringan (%), Q_e dan Q_{rs} berturut-turut adalah energi kalor penguapan dan energi kalor radiasi (kJ).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dalam tiga tahapan utama, yaitu perancangan, pembuatan dan pengujian alat pengering berbasis tenaga surya, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

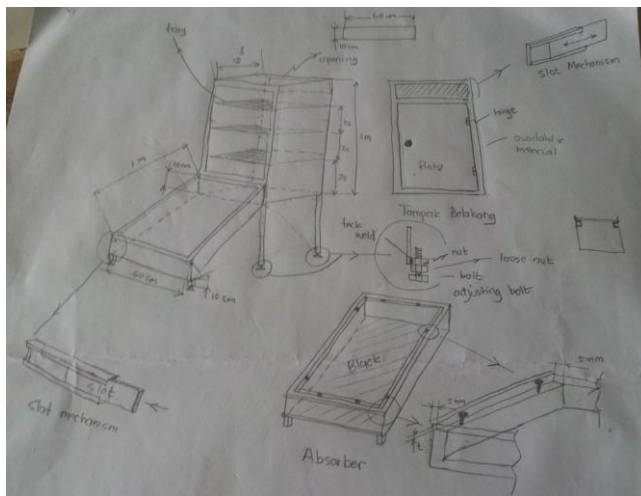


Gambar 3.1 Tahapan pelaksanaan penelitian

Untuk mengoptimalkan kapasitas dari bahan yang akan dikeringkan maka dibuat tiga tingkat. Setelah bagian kolektor dan rak pengering siap, dilakukan perangkaian dan kolektor panas dan rak pengering ditutup dengan menggunakan bahan transparan untuk memudahkan penyerapan radiasi panas. Penggunaan bahan penutup yang transparan pada rak

pengering memungkinkan terjadinya efek rumah kaca pada bahan yang dikeringkan sehingga tahapan pengeringan dapat menjadi lebih singkat lagi.

Pengujian alat pengering dilakukan secara ekperimental dengan melakukan pengamatan langsung dan pengukuran variabel-variabel terkait. Pengujian dilakukan di tempat terbuka yang terkena panas radiasi matahari, di sekitar Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Alat pengering diletakkan sedemikian rupa sehingga bagian kolektor menghadap matahari.



Gambar 3.2 Sketsa alat pengering berbasis tenaga surya

B. Sumber dan Jenis Data

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, akan dilakukan pengkajian mengenai pengaruh bahan penutup kolektor panas dan rak pengering terhadap efisiensi pengeringan yang dihasilkan oleh alat pengering tenaga surya. Untuk maksud tersebut, dalam penelitian ini akan dibuat dua jenis alat pengering tenaga surya yang berbeda, yang diberi nama *solar dryer* tipe 1 (SD 1) dan *solar dryer* tipe 2 (SD 2). Dalam proses pengujian dan penentuan efisiensi, kedua alat diletakkan berdekatan untuk menjamin bahwa intensitas radiasi matahari yang diterima oleh setiap alat besarnya sama. Sumber data diperoleh dari hasil pengukuran temperatur udara, temperatur bahan yang dikeringkan, serta massa awal dan akhir bahan. Sebagai kontrol, pengujian juga dilakukan terhadap bahan uji yang sama yang dikeringkan langsung dengan cara menghamparkan bahan uji di bawah sinar matahari langsung.

C. Teknik Pengambilan Data

Beberapa parameter yang memerlukan pengukuran secara periodik diantaranya adalah temperatur udara, temperatur bahan yang dikeringkan, massa awal dan akhir bahan, serta intensitas radiasi panas matahari. Untuk mengukur temperatur lingkungan, digunakan termometer air raksa dengan

jangkau pengukuran 0 °C – 50 °C. Temperatur kolektor dan rak pengering diukur dengan menggunakan termokopel Krisbow dengan jangkau pengukuran -20 °C – 1370 °C. Untuk mengukur perubahan massa yang terjadi, digunakan neraca digital maksimal lima kg dengan skala terkecil satu gram. Pengukuran radiasi matahari dilakukan dengan menggunakan *luxmeter*.

Pisang Ambon yang telah dipotong dua diletakan pada nampan, alat pengering SD 1 dan SD 2. Pengujian kinerja SD 1 dilakukan dengan pengamatan selama tiga hari. Dilakukan perbandingan massa pisang sebelum dan sesudah pengeringan dan pengukuran dilakukan tiga kali sehari yaitu pada pukul 08.00, pukul 12.00 dan pukul 16.00. Selain pengukuran massa pisang, dilakukan pula pengukuran temperatur, dan kelembaban di dalam ruang penyimpan SD 1 dan SD 2 serta intensitas cahaya matahari.

D. Analisis Data

Ukuran tingkat *performance* kolektor disebut juga efisiensi kolektor. Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara terhadap energi radiasi yang diterima oleh kolektor dalam waktu tertentu. Pengeringan pisang sale adalah

pengurangan sejumlah air dari irisan pisang yang telah diukur, dimana dapat diambil sebagian atau seluruhnya sehingga air di dalam pisang basah mencapai jumlah tertentu yang diinginkan. Kadar air dapat ditentukan berdasarkan basis basah dan basis kering. Basis basah adalah persen massa air yang terkandung pada komoditi dibandingkan terhadap massa seluruh massa bahan dengan menggunakan perhitungan:

$$K_a = \frac{B_a}{B_a + B_k} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan K_a adalah kadar air basis basah (%), B_a adalah massa air dalam bahan (gram), dan B_k merupakan massa bahan kering mutlak (gram).

Laju massa air yang dikeringkan menggunakan perhitungan:

$$w_a = \frac{m_a - m_k}{t} \quad (3.2)$$

dengan w_a adalah laju massa air yang dikeringkan (gram/menit), m_a merupakan massa air dalam bahan (gram), m_k adalah massa bahan produk kering (gram) dan t adalah lamanya waktu pengeringan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Umum

Pada umumnya, alat pengering tersusun atas dua komponen utama, yaitu kolektor panas dan rak pengering. Pada tahap awal perancangan, telah dirancang untuk membuat dua buah alat pengering. Satu buah alat pengering menggunakan bagian kolektor panas dari bahan seng dengan dimensi 80 cm x 60 cm dan satu buah alat pengering menggunakan cermin terkonsentrasi sebagai bagian kolektornya. Kolektor panas terbuat dari bahan seng gelombang yang dicat hitam dan bagian bawahnya dilapisi dengan bahan absorber dari *styrofoam* untuk menghindari lepasnya panas yang telah ditangkap oleh kolektor. Bagian rak pengering dibuat dengan dimensi 80 cm x 60 cm x 100 cm. Rak ini dibuat dari aluminium sebagai rangka dengan tebal aluminium 0,2 cm. Dimensi rak pengering 60 cm x 60 cm. dan kawat nyamuk sebagai landasan untuk bahan komoditi. Kawat nyamuk dipasang pada rangka aluminium dengan menggunakan paku keling. Secara komprehensif, deskripsi dari kedua alat pengering yang dimaksud terangkum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Deskripsi rancang bangun dua alat pengering (SD = *Solar Dryer*)

NO	KOMPONEN	SD 1	SD 2
1	Bahan kolektor panas	Seng gelombang	Cermin konsentrasi
2	Dimensi kolektor (cm)	80 x 60	Diameter bawah 50 cm
3	Kemiringan kolektor	40°	-
4	Penutup kolektor	Fiber datar	-
5	Kolektor dicat hitam	Iya	Tidak
7	Menggunakan <i>styrofoam</i> di bagian bawah luar kolektor panas	Iya	Tidak
6	Penutup rak pengering	Plastik	Seng
7	Dimensi rak pengering (cm ³)	80x60x60	60x60x60

B. Hasil/Temuan Penelitian

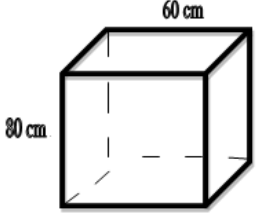
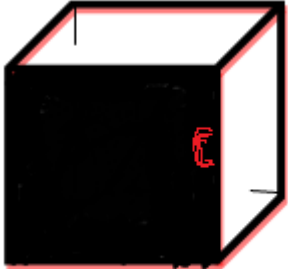
1. Rancang Bangun Alat Pengering Tipe 1 (SD 1)

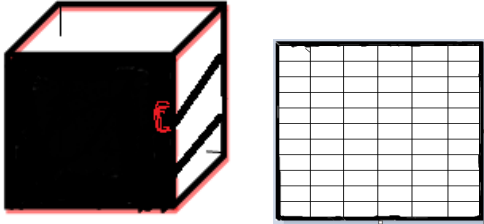

Peralatan SD 1 memiliki dimensi kolektor 80 x 60 cm. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatannya mempunyai beberapa karakteristik khusus. Pertama, pemilihan bahan dengan harga yang terjangkau. Kedua, digunakan bahan yang ringan agar peralatan dapat bersifat *mobile*. Ketiga, bahan kolektor yang dipilih mempunyai konduktivitas termal yang baik. Dengan sifat ini, diharapkan panas akan terakumulasi dengan baik di dalam peralatan dan memungkinkan proses pengeringan berlangsung dengan cepat. Kayu yang digunakan sebagai rangka merupakan bahan isolator yang baik, ringan dan terjangkau. *Fiber* datar transparan yang berfungsi sebagai sisi digunakan dengan tujuan mengoptimalkan penyerapan sinar matahari sebagai sumber energi utama. Untuk kolektor panas digunakan bahan dari seng yang dicat dengan warna hitam. Seng hitam ini merupakan konduktor (penghantar) panas yang baik. Kemudian kolektor itu di lapisi kaca agar radiasi matahari terperangkap dalam kolektor. Bagian bawah kolektor dilapisi dengan *styrofoam* dengan tujuan agar panas yang telah diserap oleh seng tersimpan lebih lama dan tidak terbuang ke lingkungan.

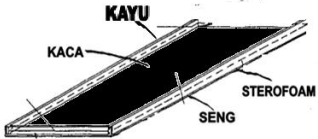
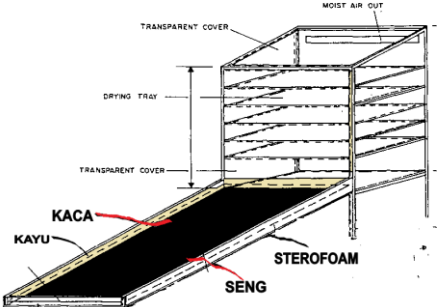
Alat pengering ini dibuat dalam bentuk rak-rak dengan tujuan agar memiliki daya tampung pengeringan yang banyak. Pada bagian pintu terdapat lubang sebagai tempat pengeluaran uap air, tujuannya agar uap air yang terbentuk saat proses pengeringan dapat segera keluar dari alat. Peralatan SD 1 ini berbentuk seperti sebuah ruangan tertutup dengan dinding transparan. Dengan tertutupnya alat ini maka dapat menghindari adanya kontaminasi yang berasal dari lingkungan di sekitarnya. Pada bagian bawah alat akan ditempatkan sebuah kolektor panas berbentuk persegi panjang yang dicat dengan warna hitam.

Pengujian dilakukan selama tiga hari berturut-turut sejak tanggal 5 Juni 2015. Selama pengujian, kondisi cuaca tidak menentu, kadang berawan, cerah, cerah berawan ataupun hujan. Hal ini berakibat dibutuhkan waktu lebih dari satu hari untuk menyelesaikan satu kali pengujian. Rancang bangun peralatan pengering SD 1 terangkum dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rancang bangun alat pengering SD 1

LANGKAH	BAGIAN ALAT	RINCIAN
Pertama		<p>Pembuatan kerangka reflektor menggunakan kayu dengan ukuran 60×80 cm sebanyak 8 buah dengan ketebalan kayu 5 cm.</p>
Kedua		<p>Penutup reflektor menggunakan bahan plat plastik. Plat plastik dipotong dengan ukuran 65×84 cm untuk sisi kiri, atas dan belakang. Untuk sisi depan, digunakan plat plastik dengan ukuran 60×45 cm. Di bagian belakang dibuat pintu</p>

		berbahan seng dengan ukuran 55×75 cm yang kemudian dicat hitam
Ketiga		Wadah penyimpanan pisang sale menggunakan kawat jaring dengan ukuran 55×45cm sebanyak untuk disusun dalam dua rak di dalam reflektor
Keempat		Plat absorber dibuat dengan menggunakan bahan dari seng dengan ukuran 60×80 cm dan ketebalan 0,3 mm. Plat kemudian dicat hitam kemudian dilapisi dengan <i>styrofoam</i> di bawah seng dan dirakit menggunakan paku agar

		<p>merekat kuat pada kerangka.</p>
<p>Kelima</p>	 <p>A cross-sectional diagram of a collector frame. It shows a wooden frame (KAYU) with a glass pane (KACA) on top. Below the glass is a layer of styrofoam (STEROFAM) insulation, and at the bottom is a zinc (SENG) lining.</p>	<p>Rangka kolektor menggunakan kayu dengan ketebalan 5cm, kemudian ditutup dengan menggunakan kaca berukuran 60x80 cm.</p>
<p>Keenam</p>	 <p>A diagram of a solar dryer assembly (SD Tipe 1). It shows a wooden frame with a transparent cover on top. Inside the frame are several drying trays. The collector frame at the bottom is labeled with KAYU (wood), KACA (glass), STEROFAM (styrofoam), and SENG (zinc). An arrow points to the top of the frame labeled 'MOIST AIR OUT'.</p>	<p>Perakitan SD Tipe 1</p>



Gambar 4.1 Alat Pengering SD 1 yang digunakan dalam mengeringkan pisang

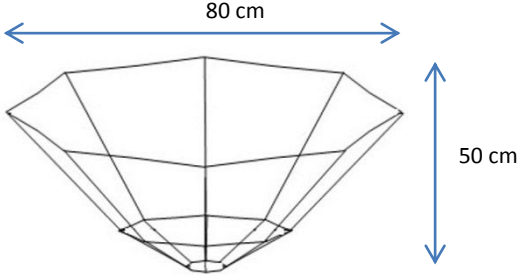
2. Rancang Bangun Alat Pengering Tipe 2 (SD 2)

SD Tipe 2 ini menggunakan prinsip radiasi benda hitam yang dikombinasi dengan pemanfaatan prinsip titik fokus untuk mengumpulkan cahaya. Berdasarkan prinsip radiasi benda hitam, energi panas maksimum akan diserap oleh benda yang berwarna hitam. Untuk mengumpulkan cahaya dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip pemantulan pada cermin datar. Supaya cahaya terkumpul pada suatu titik, maka cermin dibentuk seperti parabola

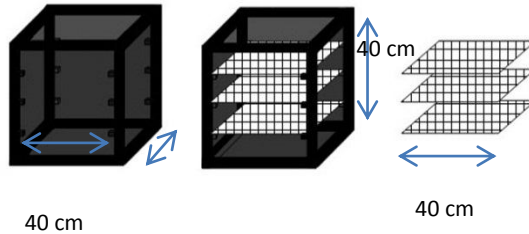
SD 2 yang dibuat menggunakan kolektor berbahan cermin dengan berbentuk parabola. Prinsip kolektor cermin adalah mengumpulkan panas matahari agar

diperoleh titik fokus cermin yang akan dipantulkan pada oven. Karena cermin yang digunakan berbentuk parabola, maka titik fokus yang dihasilkan sangat banyak. Pantulan sinar matahari secara berulang ke dalam oven akan mengakumulasikan energi panas di dalam oven. Di samping itu, pemilihan bahan oven dari seng bercat hitam akan semakin meningkatkan penyerapan panas pada oven. Tahapan dan rincian bahan yang digunakan untuk membuat SD 2 ini terangkum dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rancang bangun alat pengering SD 2

LANGKAH	BAGIAN ALAT	RINCIAN
Pertama	 <p>The diagram shows a 3D perspective view of a parabolic collector. It is a shallow, bowl-shaped structure with a diameter of 80 cm at the top and a height of 50 cm. The structure is composed of several flat, trapezoidal panels that meet at a central vertical axis. A horizontal double-headed arrow above the top edge indicates a diameter of 80 cm. A vertical double-headed arrow on the right side indicates a height of 50 cm.</p>	<p>Bagian ini adalah kolektor terbuat dari cermin datar yang dipotong dan dibentuk sedemikian rupa sehingga mirip bentuk parabola. Dimensi kolektor ini diameter atas 80 cm dan tinggi 50 cm. Kolektor ini berfungsi untuk memfokuskan cahaya matahari pada suatu titik di pusat bagian ini.</p>

Kedua

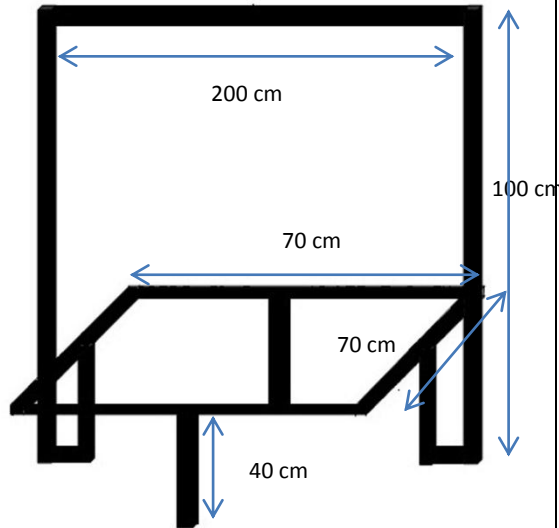


Bagian ini adalah tempat pengering. Bagian rusuk terbuat dari kayu, bagian samping(permukaan) terbuat dari seng. Serta bagian rak terbuat dari jaring kawat. Bagian permukaan di cat hitam, dengan tujuan supaya menyerap panas

Bagian rusuk berdimensi panjang 40 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm.

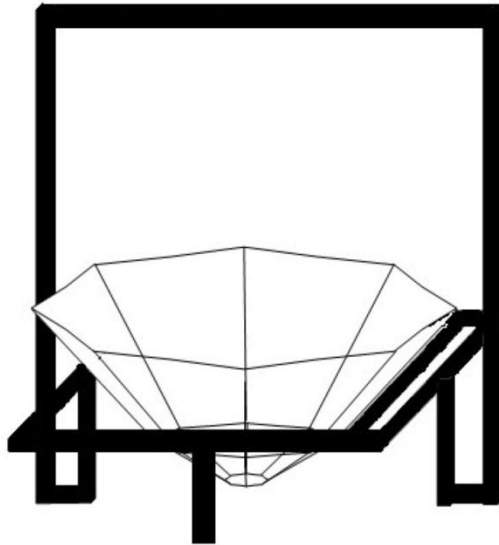
Pada bagian ini ditempatkan bahan yang akan dikeringkan.

Ketiga



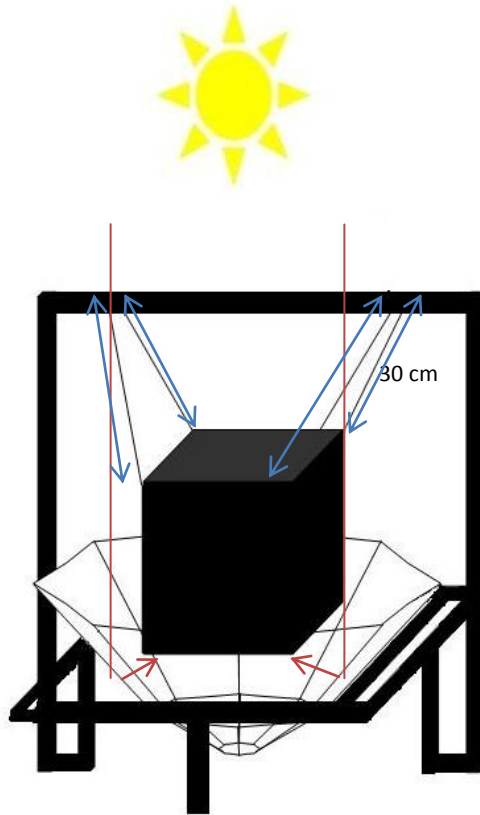
Bagian ini adalah bagian penyangga, berfungsi untuk menyangga kolektor dan tempat menggantung tempat pengering. Bagian ini terbuat dari kayu dan di cat hitam supaya menyerap panas. Dimensi untuk penyangga cermin, panjang 70 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 40 cm. Adapun dimensi untuk tiang gantungan tempat pengering panjang 200 cm dan tinggi 100 cm.

Keempat



Menyatukan bagian kolektor dengan bagian penyangga.

Kelima



Menggantungkan tempat pengering pada bagian penyangga dengan menggunakan tali tambang yang dicat hitam.



Gambar 4.2 Alat Pengering SD 2 yang berhasil dibuat

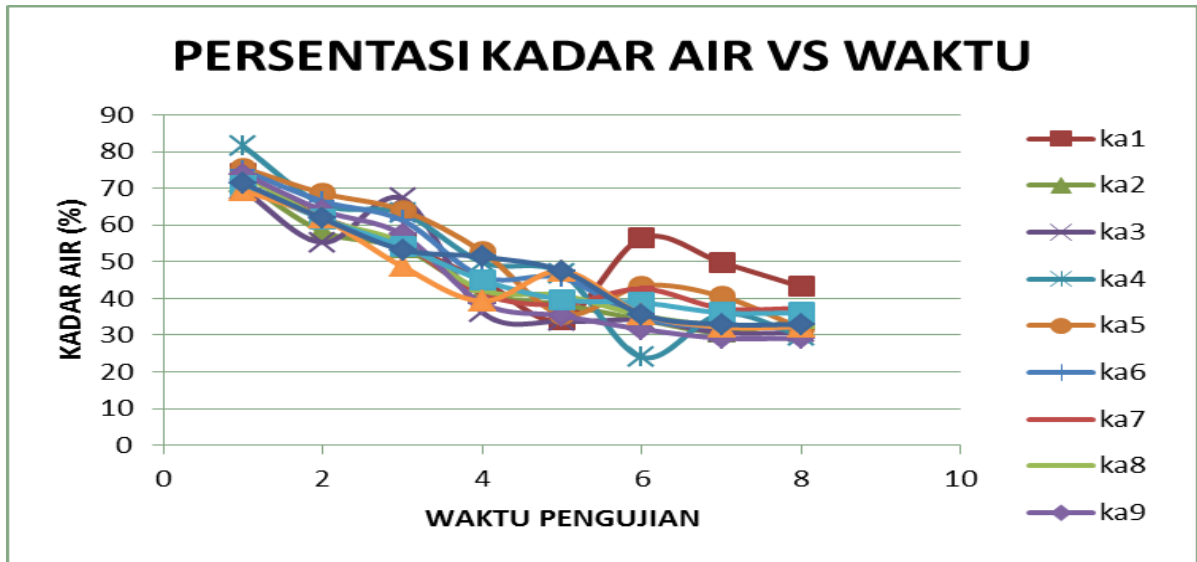
C. Pembahasan/Analisis

1. Penurunan Kadar Air Sampel Pisang

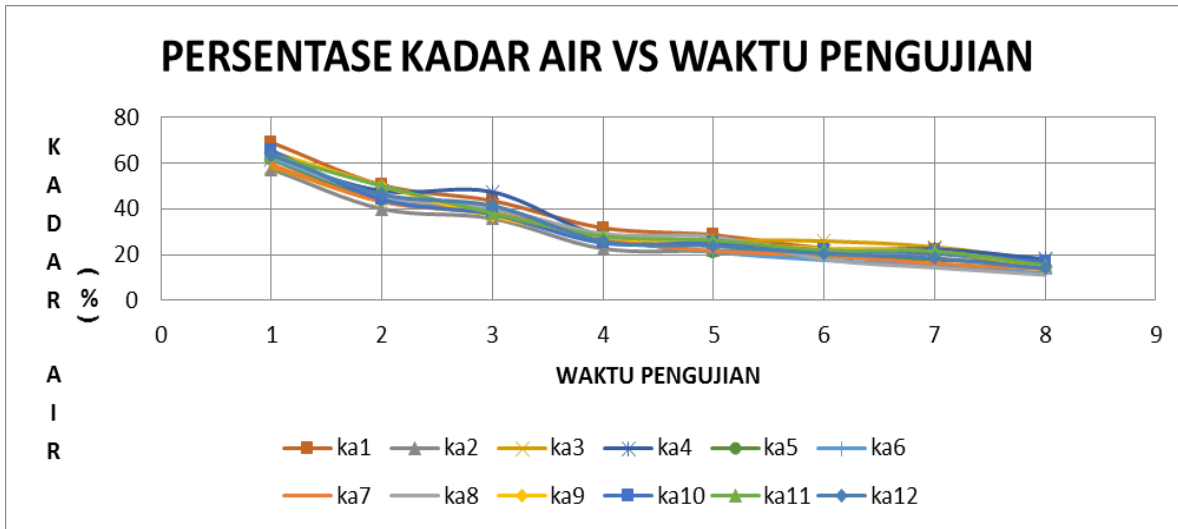
Pengujian untuk mengetahui penurunan kadar air sampel pisang dilakukan selama tiga hari berturut-turut. Gambar 4.3, 4.4, dan 4.4 berturut-turut menunjukkan grafik penurunan kadar air pada sampel pisang yang dikeringkan secara konvensional, menggunakan SD 1 dan SD 2. Secara umum, semua sampel pisang baik yang dikeringkan secara konvensional maupun menggunakan peralatan pengering SD 1 dan SD 2 menunjukkan adanya

penurunan kadar air. Secara rata-rata, sampel pisang yang dikeringkan secara konvensional mengalami penurunan kadar air dan menyisakan sekitar 50% dari kadar air sebelum dikeringkan. Untuk sampel pisang yang dikeringkan menggunakan peralatan SD 1 dan SD 2 menyisakan kadar air dalam pisang sebesar 20% dan 35% dari kadar air sebelum dikeringkan.

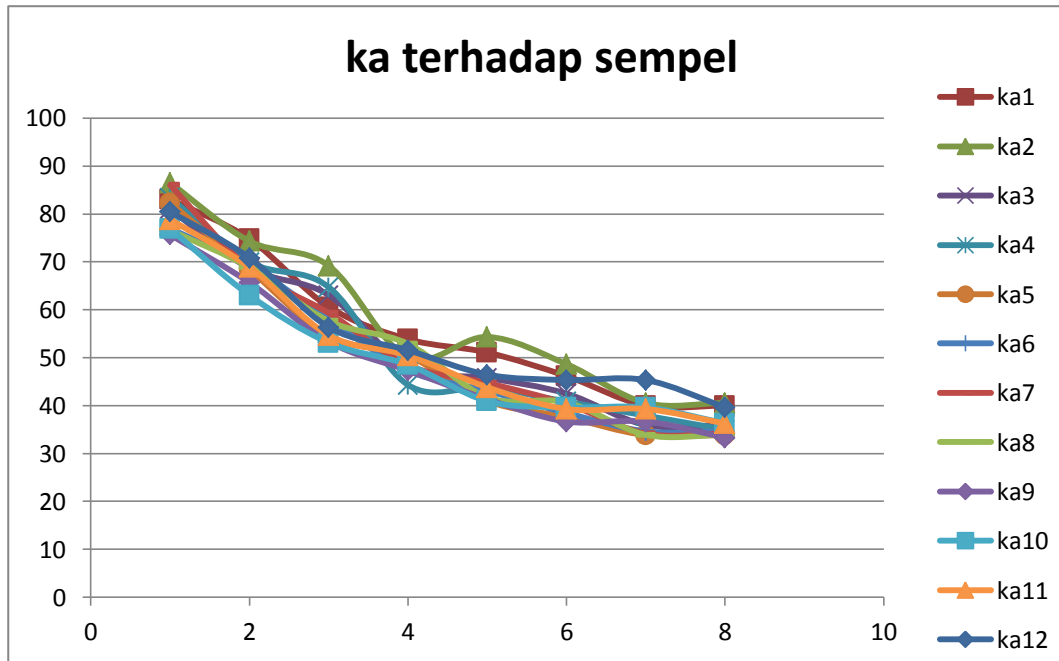
Penurunan kadar air terbesar dihasilkan oleh sampel pisang yang dikeringkan menggunakan peralatan pengering SD 1 dan sampel pisang yang dikeringkan secara konvensional mengalami penurunan kadar air yang lebih rendah dibandingkan yang menggunakan alat pengering. Hal ini dapat dipahami dari adanya aliran panas di dalam rak pengering SD 1 yang berlangsung terus-menerus karena adanya perbedaan temperatur antara udara di dalam rak pengering dan di lingkungan. Hal ini tidak terjadi pada proses pengeringan secara konvensional. Peralatan SD 2 menunjukkan hasil yang sedikit di bawah hasil SD 1 dimungkinkan karena penempatan cermin tidak tepat di titik fokus dan juga sirkulasi panas di dalam rak pengering kurang baik, sehingga uap air dari sampel pisang akan jatuh kembali ke pisang.



Gambar 4.3 Penurunan kadar air dalam sampel pisang yang dikeringkan secara konvensional



Gambar 4.4 Penurunan kadar air dalam sampel pisang yang dikeringkan dengan peralatan SD 1



Gambar 4.5 Penurunan kadar air dalam sampel pisang yang dikeringkan dengan peralatan SD 2

2. Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan menunjukkan banyaknya kalor yang diserap untuk mengeringkan bahan pada proses penguapan dibandingkan dengan kalor yang dipancarkan oleh sumber radiasi matahari. Dengan menggunakan Persamaan (2.5) dan memasukkan entalpi penguapan sebesar 2.419 kJ/kg, maka efisiensi pengeringan secara konvensional, pengeringan menggunakan alat pengering SD 1 dan pengeringan menggunakan SD 2 dapat dirangkum seperti dalam Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Perbandingan efisiensi pengeringan

Sistem Pengeringan	Q_e (kJ)	Q_{rs} (kJ)	η (%)
Konvensional	15618	131167	12
SD 1	45517	131167	35
SD 2	344901	131167	26

Berdasarkan hasil pengujian kinerja alat pengering, diperoleh efisiensi rata-rata pengeringan menggunakan alat SD1 sebesar 35% dan efisiensi pengeringan menggunakan SD 2 sebesar 26%. Efisiensi yang didapatkan dengan menggunakan kedua jenis alat pengering tersebut jauh lebih besar dibandingkan pengujian untuk sampel yang

dijemur secara konvensional, yaitu sebesar 12%. Hal ini membuktikan bahwa proses pengeringan pisang sale dengan menggunakan alat pengering berlangsung lebih cepat dibandingkan pengeringan secara konvensional. Radiasi matahari yang diserap oleh bahan hanya sedikit yang dimanfaatkan untuk menguapkan kandungan air dalam sampel pisang. Di samping itu, pengeringan secara konvensional memungkinkan bahan makanan terkontaminasi debu dan serangga sehingga menjadi kurang higienis.

Rancang bangun alat pengering juga berpengaruh terhadap efisiensi pengeringan yang dihasilkan. Luas permukaan kolektor serta pemilihan bahan sangat berperan dalam menghasilkan alat pengering dengan efisiensi pengeringan yang diharapkan.

SD 1 mempunyai permukaan kolektor berbentuk persegi dan terbuat dari bahan seng bercat hitam yang merupakan konduktor panas yang baik. Kemampuan menyerap kalor dari radiasi panas ditunjang pula oleh adanya lapisan *styrofoam* di bagian bawah kolektor sehingga panas yang diserap oleh kolektor tetap tertahan di sana dan dialirkan menuju ruang pengeringan. Di samping itu, penutup pada rak pengering menggunakan plastik

dengan transparansi yang tinggi sehingga selain mengandalkan aliran udara panas dari kolektor menuju rak pengering, proses pengeringan juga dibantu dengan adanya panas yang diteruskan ke bahan melalui penutup plastik tersebut. Semua hal yang disebutkan di atas menjadikan alat SD 1 dapat menghasilkan efisiensi pengeringan yang lebih baik dibandingkan peralatan SD 2.

Prinsip pemantulan berulang panas yang diterima oleh kolektor kaca merupakan salah satu bentuk inovasi untuk menghasilkan alat pengering dengan efisiensi tinggi. Meskipun demikian, rancang bangun alat secara detail tetap harus diperhatikan. Salah satu penyebab rendahnya efisiensi SD 2 dibandingkan SD 1 terletak pada jarak antar kolektor kaca dengan oven tempat penyimpanan bahan. Dengan jarak yang cukup jauh, maka udara panas yang dihasilkan kolektor tidak semuanya mengalir ke dalam oven, sebagian besar mengalir ke lingkungan. Di samping itu, panas yang diserap oleh oven tidak terjadi secara optimal karena oven dibuat menggunakan bahan seng tanpa adanya isolator panas di permukaan oven.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Penggunaan alat pengering *solar dryer* (SD) dapat mempercepat proses pengeringan dan lebih higienis dibandingkan pengeringan secara konvensional.
2. Rancang bangun bahan dan bentuk kolektor mempengaruhi efisiensi alat pengering berbasis tenaga surya.
3. Sampel pisang yang dikeringkan secara konvensional menyisakan kadar air sekitar 50%, sedangkan sampel pisang yang dikeringkan menggunakan peralatan SD 1 dan SD 2 menyisakan kadar air dalam pisang sebesar 20% dan 35%. dari 80% kadar air sebelum dikeringkan.
4. Efisiensi rata-rata pengeringan konvensional, pengeringan menggunakan alat SD 1 dan SD 2 berturut-turut sebesar 12%, 35% dan 26%.

B. Saran

1. Perlu kajian yang lebih lanjut mengenai pengaruh material kolektor lainnya selain seng yang dapat menghasilkan efisiensi pengeringan lebih baik.
2. Hasil penelitian ini dapat ditindaklanjuti dalam bentuk pengabdian untuk diaplikasikan pada masyarakat luas yang memerlukan alat pengering bahan makanan yang murah, sederhana, dan higienis.

DAFTAR PUSTAKA

- Burlian, F.dan Firdaus, A. (2011): Kaji Eksperimental Alat Pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box Menggunakan Konsentrator Cermin Datar, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3, 26-27 Oktober 2011, Palembang.
- Hidayat, A. H., dan Purnomo, H. (2014): Desain Pengering Kerupuk Menggunakan Metode Ergonomi Partisipatori, Prosiding Seminar Nasional IENACO.
- Ivanova, D., and Andonov, K. (2001): Analytical and experimental study of combined fruit and vegetable dryer, *Energy Conversion and Management*, Vol. 42, no. 8, pp. 975–983.
- Kusmaryanto, S., dkk. (2013): Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Usaha Kerupuk Bawang Menghadapi Permasalahan Cuasa, Usulan Program Ipteks bagi Masyarakat, Universitas Negeri Brawijaya.
- Mercer, D. G. (2012): A Basic Guide to Drying Fruits and Vegetables, -.
- Nugroho, J. dkk. (2013): Pengeringan Kerupuk Singkong Menggunakan Pengering Tipe Rak, Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi V, Lembaga Penelitian

Universitas Lampung, 19-20 November 2013,
Universitas Lampung.

O'Donoghue, J., and Fuller, R. J. (1999): Experience with the Australian version of the Hohenheim solar tunnel dryer, Proceedings of the 37th Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society (Solar '99), Victoria, Australia.

Putra, I. E., dan Hadi, P. (2013): Analisa Efisiensi Alat Pengering Tenaga Surya Tipe Terowong Berbantuan Kipas Angin pada Proses Pengeringan Biji Kopi, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 3, No. 2.

Santosa, H. dan Yuliati (2012): Pemanfaatan Energi Surya dengan Efek Rumah Kaca dalam Perancangan Sistem Pengering Kerupuk dan Ikan di Daerah Kenjeran, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST), 3 November 2012, Yogyakarta.

Yayienda, N. F. dkk. (2013): Studi Eksperimental Sistem Pengering Tenaga Matahari Tipe Rumah Kaca dengan Variasi Jarak Cermin dalam Pengering, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1.

LAMPIRAN

L1. Data Hasil Pengamatan SD 1

HARI KE – 1						
Sampel	08.00		12.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	27.7	0.0262	32.1	0.0181	30.8	0.0132
2	27.7	0.019	32.1	0.0109	30.8	0.0076
3	27.7	0.0231	32.1	0.0135	30.8	0.01
4	27.7	0.0232	32.1	0.0143	30.8	0.0111
5	27.7	0.0208	32.1	0.0128	30.8	0.0091
6	27.7	0.0227	32.1	0.0141	30.8	0.0103
7	27.7	0.0204	32.1	0.0121	30.8	0.0088
8	27.7	0.0223	32.1	0.0141	30.8	0.0101
9	27.7	0.022	32.1	0.0143	30.8	0.011

10	27.7	0.0183	32.1	0.012	30.8	0.00807
11	27.7	0.0228	32.1	0.0145	30.8	0.0114
12	27.7	0.0244	32.1	0.0155	30.8	0.0113
Rata-Rata		0.0221		0.01385		0.010164
Intensitas:	1460 W/m ²		1705 W/m ²		549 W/m ²	
HARI KE- 2						
Sampel	10.00		13.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	28.5	0.0114	30.4	0.0083	31.3	0.0075
2	28.5	0.0068	30.4	0.0043	31.3	0.0044
3	28.5	0.0087	30.4	0.0064	31.3	0.0061
4	28.5	0.011	30.4	0.0065	31.3	0.0059
5	28.5	0.0084	30.4	0.0057	31.3	0.0044

6	28.5	0.0091	30.4	0.0062	31.3	0.0048
7	28.5	0.0078	30.4	0.0055	31.3	0.0044
8	28.5	0.009	30.4	0.0065	31.3	0.0062
9	28.5	0.0081	30.4	0.0061	31.3	0.0055
10	28.5	0.0069	30.4	0.0046	31.3	0.0046
11	28.5	0.0087	30.4	0.0064	31.3	0.006
12	28.5	0.0101	30.4	0.0063	31.3	0.0058
Rata-Rata		0.008833333		0.00606667		0.005467
Intensitas:	1460 W/m ²		1705 W/m ²		549 W/m ²	
HARI KE – 3						
Sampel	10.00		13.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	39.2	0.006	36.1	0.0057	29.1	0.0039

2	39.2	0.004	36.1	0.0039	29.1	0.0027
3	39.2	0.006	36.1	0.0054	29.1	0.004
4	39.2	0.005	36.1	0.0052	29.1	0.0042
5	39.2	0.004	36.1	0.0037	29.1	0.0033
6	39.2	0.004	36.1	0.0035	29.1	0.0027
7	39.2	0.004	36.1	0.0033	29.1	0.0028
8	39.2	0.004	36.1	0.0032	29.1	0.0025
9	39.2	0.005	36.1	0.0047	29.1	0.0033
10	39.2	0.004	36.1	0.0038	29.1	0.0031
11	39.2	0.005	36.1	0.0049	29.1	0.0035
12	39.2	0.005	36.1	0.0045	29.1	0.0034
Rata-Rata		0.004666667		0.00431667		0.003283
Intensitas:	1460 W/m ²		1705 W/m ²		549 W/m ²	

L.2 Kadar air sampel pisang selama tiga hari pengamatan menggunakan SD 1

	ka1	ka2	ka3	ka4	ka5	ka6	ka7	ka8
Sampel 1	69.08397	50.38168	43.51145	31.67939	28.62595	22.90076	21.75573	14.8855
Sampel 2	57.36842	40	35.78947	22.63158	21.75789	21.05263	20.52632	14.21053
Sampel 3	58.44156	43.29004	37.66234	27.70563	26.40693	25.97403	23.37662	17.31602
Sampel 4	61.63793	47.84483	47.41379	28.01724	25.43103	21.55172	22.41379	18.10345
Sampel 5	61.53846	43.75	40.38462	27.40385	21.15385	19.23077	17.78846	15.86538
Sampel 6	62.11454	45.37445	40.08811	27.31278	21.14537	17.62115	15.4185	11.89427
Sampel 7	59.31373	43.13725	38.23529	26.96078	21.56863	19.60784	16.17647	13.72549
Sampel 8	63.2287	45.29148	40.35874	29.14798	27.80269	17.93722	14.34978	11.21076
Sampel 9	65	50	36.81818	27.72727	25	22.72727	21.36364	15
Sampel10	65.57377	44.09836	37.70492	25.13661	25.13661	21.85792	20.76503	16.93989
Sampel11	63.59649	50	38.15789	28.07018	26.31579	21.92982	21.49123	15.35088
Sampel12	63.52459	46.31148	41.39344	25.81967	23.77049	20.4918	18.44262	13.93443

L.3 Perhitungan laju pengurangan kadar air sampel dalam SD 1

Hari pertama

No	m_{awal} (kg)	m_{muflak} (kg)	t (menit)	Laju perubahan(gram/menit)
1	0.0262	0.0181	240	0.03375
2	0.019	0.0109	240	0.03375
3	0.0231	0.0135	240	0.04
4	0.0232	0.0143	240	0.03708333
5	0.0208	0.0128	240	0.03333333
6	0.0227	0.0141	240	0.03583333
7	0.0204	0.0121	240	0.03458333
8	0.0223	0.0141	240	0.03416667
9	0.022	0.0143	240	0.03208333
10	0.0183	0.0120	240	0.02625
11	0.0228	0.0145	240	0.03458333
12	0.0244	0.0155	240	0.03708333

Hari Kedua

No	$m_{\text{awal}}(\text{kg})$	$m_{\text{mutlak}}(\text{kg})$	t (menit)	Laju perubahan(gram/menit)
1	0.0114	0.0083	240	0.01291667
2	0.068	0.0043	240	0.26541667
3	0.087	0.0064	240	0.33583333
4	0.0110	0.0065	240	0.01875
5	0.084	0.0057	240	0.32625
6	0.091	0.0062	240	0.35333333
7	0.078	0.0055	240	0.30208333
8	0.090	0.0065	240	0.34791667
9	0.081	0.0061	240	0.31208333
10	0.069	0.0046	240	0.26833333
11	0.087	0.0064	240	0.33583333
12	0.0101	0.0063	240	0.01583333

Hari ketiga

No	m_{awal} (kg)	m_{mutlak} (kg)	t (menit)	Laju perubahan(gram/menit)
1	0.060	0.057	240	0.0125
2	0.040	0.039	240	0.00416667
3	0.060	0.054	240	0.025
4	0.050	0.052	240	0.00833333
5	0.040	0.037	240	0.0125
6	0.040	0.035	240	0.02083333
7	0.040	0.033	240	0.02916667
8	0.040	0.032	240	0.03333333
9	0.050	0.047	240	0.0125
10	0.040	0.038	240	0.00833333
11	0.050	0.049	240	0.00416667
12	0.050	0.045	240	0.02083333

L4. Data Hasil Pengamatan SD 2

HARI KE – 1						
Sampel	08.00		12.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	27.7	32.5	32.1	27	30	24.3
2	27.7	37	32.1	32	30	27.5
3	27.7	30.6	32.1	24.8	30	21
4	27.7	34.3	32.1	28.6	30	24
5	27.7	26.6	32.1	21.9	30	18.2
6	27.7	26	32.1	20	30	18
7	27.7	32.2	32.1	27.7	30	22.1
8	27.7	29.5	32.1	22.6	30	20.3

9	27.7	30	32.1	22.7	30	19.7
10	27.7	30.3	32.1	23.3	30	19.1
11	27.7	33.1	32.1	26.1	30	22.8
12	27.7	35.3	32.1	28.4	30	25
HARI KE – 2						
Sampel	08.00		12.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	28.5	19.7	30.4	17.5	30.4	16.6
2	28.5	25.6	30.4	18.5	30.4	20.1
3	28.5	19.3	30.4	14.7	30.4	14
4	28.5	22.2	30.4	15.2	30.4	15
5	28.5	14.5	30.4	13.4	30.4	10.9

6	28.5	15.1	30.4	12.3	30.4	11.2
7	28.5	19.1	30.4	15.6	30.4	14.4
8	28.5	17	30.4	15.6	30.4	12.3
9	28.5	16	30.4	14.2	30.4	12.4
10	28.5	16.1	30.4	14.7	30.4	12.4
11	28.5	18.1	30.4	16.7	30.4	14.5
12	28.5	19.9	30.4	18.2	30.4	16.4
HARI KE – 3						
Sampel	08.00		12.00		16.00	
	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
1	29.2	15	36.1	13	29.1	13
2	29.2	18	36.1	15	29.1	15

3	29.2	13	36.1	11	29.1	11
4	29.2	14	36.1	13	29.1	12
5	29.2	10	36.1	9	29.1	9
6	29.2	10	36.1	9	29.1	9
7	29.2	13	36.1	11	29.1	11
8	29.2	12	36.1	10	29.1	10
9	29.2	11	36.1	11	29.1	10
10	29.2	12	36.1	11	29.1	10
11	29.2	13	36.1	12	29.1	10
12	29.2	16	36.1	14	29.1	14

L.5 Kadar air sampel pisang selama tiga hari pengamatan menggunakan SD 2

	ka1	ka2	ka3	ka4	ka5	ka6	ka7	ka8
Sampel 1	83.07692	74.76923	60.61538	53.84615	51.07692	46.15384	40	40
Sampel 2	86.48648	74.32432	69.18918	50	54.32432	48.64864	40.54054	40.54054
Sampel 3	81.04575	68.627451	63.07189	48.03921	45.75163	42.48366	35.94771	35.94771
Sampel 4	83.38192	69.97084	64.72303	44.314868	43.73177	40.81632	37.90087	34.98542
Sampel 5	82.33082	68.42105	54.51127	50.37593	40.97744	37.5939	33.83458	33.83458
Sampel 6	76.92307	69.2307692	58.0769231	47.3076923	43.0769231	38.4615385	34.6153846	34.61538
Sampel 7	86.02484	68.6335404	59.3167702	48.447205	44.7204969	40.3726708	34.1614907	34.16149
Sampel 8	76.61016	68.8135593	57.6271186	52.8813559	41.6949153	40.6779661	33.8983051	33.89830
Sampel 9	75.66666	65.6666667	53.3333333	47.3333333	41.3333333	36.6666667	36.6666667	33.33333
Sampel10	76.89768	63.0363036	53.1353135	48.5148515	40.9240924	39.6039604	36.3036304	33.00330
Sampel11	78.85196	68.8821752	54.6827795	50.4531722	43.8066465	39.2749245	36.2537764	30.21148
Sampel12	80.45325	70.8215297	56.3739377	51.5580737	46.4589235	45.325779	39.6600567	39.66005

L. 6 Pengujian dengan Pengeringan Konvensional

HARI KE – 1					
08.00		12.00		16.00	
T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
27.7	0.0301	32.1	0.0223	30.8	0.0187
27.7	0.0292	32.1	0.021	30.8	0.017
27.7	0.0293	32.1	0.0204	30.8	0.0162
27.7	0.0335	32.1	0.0273	30.8	0.022
27.7	0.0345	32.1	0.0261	30.8	0.0237
27.7	0.0403	32.1	0.0302	30.8	0.0268
27.7	0.0375	32.1	0.0287	30.8	0.0229
27.7	0.0367	32.1	0.0271	30.8	0.0227
27.7	0.0411	32.1	0.0304	30.8	0.0263

27.7	0.036	32.1	0.0255	30.8	0.0222
27.7	0.0341	32.1	0.0237	30.8	0.0197
27.7	0.0364	32.1	0.026	30.8	0.0225
0.034891667			0.025725		0.021725
1183 W/m ²		1461 W/m ²		741 W/m ²	
HARI KE – 2					
08.00		12.00		16.00	
T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
28.5	0.0165	30.4	0.0135	31.3	0.0103
28.5	0.0157	30.4	0.0121	31.3	0.0112
28.5	0.0197	30.4	0.0106	31.3	0.0099
28.5	0.0212	30.4	0.0167	31.3	0.0157
28.5	0.0221	30.4	0.0182	31.3	0.0123

28.5	0.0247	30.4	0.0185	31.3	0.0184
28.5	0.0208	30.4	0.0155	31.3	0.0144
28.5	0.0203	30.4	0.0155	31.3	0.015
28.5	0.0236	30.4	0.0159	31.3	0.0145
28.5	0.0195	30.4	0.0162	31.3	0.0143
28.5	0.0166	30.4	0.0134	31.3	0.0124
28.5	0.0194	30.4	0.0187	31.3	0.0173
0.020008333			0.0154		0.013808
1222 W/m ²		1302 W/m ²		837 W/m ²	
HARI KE – 3					
08.00		12.00		16.00	
T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)	T (°C)	m (kg)
39.2	0.017	36.1	0.015	29.1	0.013

39.2	0.01	36.1	0.009	29.1	0.01
39.2	0.01	36.1	0.009	29.1	0.009
39.2	0.013	36.1	0.012	29.1	0.01
39.2	0.015	36.1	0.014	29.1	0.011
39.2	0.014	36.1	0.013	29.1	0.013
39.2	0.016	36.1	0.014	29.1	0.014
39.2	0.013	36.1	0.012	29.1	0.012
39.2	0.013	36.1	0.012	29.1	0.012
39.2	0.014	36.1	0.013	29.1	0.013
39.2	0.012	36.1	0.011	29.1	0.011
39.2	0.013	36.1	0.012	29.1	0.012
0.013333333			0.01216667		0.011667
1460 W/m ²		1705 W/m ²		549 W/m ²	

L7 Kadar air sampel pisang dalam pengeringan konvensional

	ka1	ka2	ka3	ka4	ka5	ka6	ka7	ka8
Sampel 1	74.08638	62.12625	54.81728	44.8505	34.21927	56.47841	49.83389	43.18937
Sampel 2	71.91781	58.21918	53.76712	41.43836	38.35616	34.24658	30.82192	34.24658
Sampel 3	69.62457	55.2901	67.23549	36.17747	33.7884	34.12969	30.71672	30.71672
Sampel 4	81.49254	65.67164	63.28358	49.85075	46.86567	38.80597	35.8209	29.85075
Sampel 5	75.65217	68.69565	64.05797	52.75362	35.65217	43.47826	40.57971	31.88406
Sampel 6	74.93797	66.50124	61.29032	45.90571	45.65757	34.73945	32.25806	32.25806
Sampel 7	76.53333	61.06667	55.46667	41.33333	38.4	42.66667	37.33333	37.33333
Sampel 8	73.84196	61.85286	55.31335	42.23433	40.87193	35.42234	32.69755	32.69755
Sampel 9	73.96594	63.99027	57.42092	38.68613	35.27981	31.63017	29.19708	29.19708
Sampel10	70.83333	61.66667	54.16667	45	39.72222	38.88889	36.11111	36.11111
Sampel11	69.50147	57.77126	48.68035	39.29619	36.36364	35.19062	32.25806	32.25806
Sampel12	71.42857	61.81319	53.2967	51.37363	47.52747	35.71429	32.96703	32.96703

L.8 Foto-foto kegiatan penelitian



a.



b.

Gambar L.1 Sampel uji dengan pengeringan konvensional: a. Sebelum dikeringkan, b. Setelah dikeringkan selama tiga hari



Gambar L. 2 Proses pembuatan *Solar Dryer* Tipe I (SD 1)



Gambar L. 3 Pengujian SD 1



Gambar L.4 Proses pembuatan *Solar Dryer* Tipe 2 (SD 2)



Gambar L. 5 Proses pengujian efisiensi alat dalam Solar Project Matakuliah Termodinamika