

KINETIKA DAN EFEKTIFITAS PENGERINGAN LAPIS TIPIS ASAM GELUGUR (*Garcinia atroviridis*) MENGGUNAKAN PENGERING SURYA TIPE *EVACUATED TUBE*

Thin Layer Drying Kinetics of Asam Gelugur (Garcinia atroviridis) by Using Evacuated Tube Collector Solar Dryer

Sari Farah Dina¹, Marisa Naufa¹, Harry P. Limbong¹,
Edwin H. Sipahutar¹ Zupri A.I. Tanjung²

¹Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan, Jl. Sisingamangaraja No. 24 Medan

²PS Teknik Mesin - Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan, Jl. Gedung Arca No. 52 Medan

e-mail : sfdina1@kemenperin.go.id

ABSTRAK

Asam gelugur (*Garcinia atroviridis*) merupakan tumbuhan yang telah menjadi populer karena nilai ekonomis dan medisnya sebagai bahan kosmetik dan farmasi. Oleh karenanya untuk menjaga dan meningkatkan nilai-nilai tersebut, biasanya setelah dipanen asam gelugur harus segera dikeringkan secara tepat. Studi ini mempelajari kinetika pengeringan asam gelugur menggunakan pengering surya jenis kolektor tabung vakum baik secara konveksi paksa maupun alamiah (kecepatan udara 0 m/det, 3 m/det, 3,5 m/det dan 4 m/det). Pengeringan dilakukan dari kadar air awal 90,6% hingga mencapai 10 – 12% dengan waktu pengeringan berlangsung dari jam 09:00 sampai dengan jam 16:30. Selama pengeringan berlangsung, data penurunan berat asam gelugur, intensitas radiasi matahari dan temperatur diukur dan dicatat. Penurunan berat asam gelugur selama pengeringan dinyatakan dalam rasio kadar air (MR) yang dicocokkan pada empat model matematika yang berbeda. Koefisien determinasi (R^2) dan parameter statistik lainnya, seperti pengurangan chi-square (χ^2), root mean square error (RMSE) dan mean bias error (MBE) digunakan untuk menentukan model yang paling cocok. Hasil percobaan menunjukkan bahwa laju pengeringan berbanding lurus dengan intensitas radiasi matahari dan kecepatan udara pada ruang pengering. Pengeringan paling cepat dihasilkan pada kondisi kecepatan udara 3,5 m/det dengan waktu pengeringan 5,5 jam yakni dari jam 11:00 sampai dengan jam 16:30. Hasil pencocokan model matematika pengeringan asam gelugur yang paling mendekati adalah model Wang & Singh sesuai persamaan $MR = 1 - 0,0035.t + 0,000002.t^2$, dengan nilai koefisien regresi 0,9999 dan nilai RMSE dan MBE berturut-turut 0,0074, dan 0,0006. Waktu pengeringan 5,5 jam lebih efisien dibandingkan pengeringan dengan menggunakan pengering surya tipe kolektor pelat datar sistem konveksi paksa yang digerakkan oleh tenaga fotovoltaiik yang membutuhkan waktu selama 11 jam.

Kata kunci: asam gelugur, pengering surya, konveksi paksa dan alami, model kinetika

ABSTRACT

Asam gelugur (Garcinia atroviridis) is a fruit that has become popular due to its economic and medical value as cosmetic and pharmaceutical ingredients. So that to maintain and increase these values, it usually must be dried properly. In this work, the drying kinetics of asam gelugur using vacuum tube collector type solar dryers either by forced or natural convection (air velocity 0 m / sec, 3 m / sec, 3.5 m / sec and 4 m / sec) has been done. Drying was conducted from the initial moisture content of 90.6% to reach 10-12% with the drying time from 09:00 to 16:30. During drying, data on the decrease in the weight of asam gelugur, solar radiation and temperature were measured and recorded. The decrease in the weight of asam gelugur during drying was expressed in the ratio of water content (MR) which was matched to four different mathematical models. The coefficient of determination (R^2) and other statistical parameters, such as chi-square reduction (χ^2), root mean square error (RMSE) and mean bias error (MBE) are used to determine the most suitable model. The experimental results show that the drying rate is directly proportional to the intensity of solar radiation and air velocity in the drying chamber. The fastest drying results in air velocity conditions of 3.5 m/sec with a drying time of 5.5 hours, from 11:00 to 16:30. The matching results of the mathematical model of drying gelugur acid which is closest to the Wang & Singh model according to the equation $MR = 1 - 0.0035.t + 0.000002.t^2$, with coefficient of regression (R^2) is 0.9999, RMSE and MBE value respectively of 0.0074 and 0.0006.

Keywords: asam gelugur, solar drying, forced and natural convection, kinetics model.

PENDAHULUAN

Asam gelugur (*Garcinia atroviridis*) merupakan salah satu tanaman yang banyak di budidayakan di Indonesia, diantaranya adalah di propinsi Sumatera Utara. Selain populer sebagai konten masakan, asam gelugur juga dimanfaatkan untuk keperluan medis dan kosmetika [Mackeen dkk, 2000; Elfita dkk, 2009]. Asam gelugur diketahui mengandung asam buah seperti asam sitrat, asam tartarat, asam malat dan asam askorbat yang memiliki akitivitas antioksidan [Antony C, & Dweck, 2000]. Meskipun belum ada hasil klinis mengenai manfaat asam gelugur, namun dari generasi ke generasi telah digunakan untuk mengobati sakit telinga, iritasi tenggorokan, batuk, ketombe dan gastralgia yang terkait dengan kehamilan. Asam gelugur juga telah dikaitkan seperti anti-inflamasi dan anti-jerawat. [Tisdale dkk, 2003].

Pada tahun 2010 harga asam gelugur kering sebelum diekspor sangat mahal berkisar antara Rp.60.000 - Rp. 70.000 per kg. Ekspor terbesar asam gelugur kering yang berasal dari Sumatera Utara adalah ke India dan Bangladesh. Kalangan pengracik asam gelugur di Air Hitam, Kecamatan Gebang, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara mengungkapkan bahwa sejak tahun 2016 hingga sekarang, harga jual asam gelugur kering menurun hingga Rp.13.000-Rp. 14.000/kg [Misnadi, Levardy, 2018, 2019].

Salah seorang pengusaha asam gelugur kering di Sumatera Utara (komunikasi pribadi) menyatakan bahwa saat ini India dan Bangladesh telah menghentikan import asam gelugur kering dari Indonesia. Hal ini disebabkan karena kualitas asam gelugur kering dari Indonesia yang berwarna hitam, sedangkan warna yang mereka inginkan adalah berwarna coklat kekuningan. Diketahui bahwa metode pengeringan

yang dilakukan selama ini adalah metode penjemuran menggunakan panas sinar matahari. Namun proses pengeringan yang lama menyebabkan perubahan warna asam gelugur menjadi hitam.

Perlu dilakukan perbaikan metode pengeringan asam gelugur untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik. Beberapa penelitian untuk mengeringkan asam gelugur telah dilakukan diantaranya pengeringan asam glugur (*Garcinia atroviridis*) telah dilakukan skala laboratorium menggunakan panas buang kondensor dari pengkondisi udara (AC split) telah dilakukan untuk mengeringkan asam gelugur selama 12 jam [Mahlia, 2012]. Pengeringan selama 11 jam menggunakan pengering surya tipe kolektor pelat datar sistem konveksi paksa yang digerakkan oleh tenaga fotovoltaik telah dilakukan. Dari hasil uji coba kadar air asam gelugur berhasil diturunkan dari 90 % menjadi 4,4% [Zulkiflie, 2018].

Salah satu jenis pengering surya yang dapat dikembangkan adalah jenis kolektor tabung vakum (KTV). Pengeringan wortel, apel dan aprikot menggunakan KTV telah dilakukan untuk mendapatkan kajian analisa kinerja termodinamika (Lamnatou dkk, 2012). Pengeringan cabai menggunakan pengering surya tipe kolektor KTV telah mampu mempersingkat waktu pengeringan dibandingkan dengan penjemuran langsung (Sundari dkk, 2013). Pengering dengan tipe ini diketahui lebih efisien dibanding pelat datar dikarenakan dapat menurunkan tingkat kehilangan panas akibat konveksi ke lingkungan. Oleh karenanya pengering surya tipe KTV dapat menghasilkan udara yang akan dikirim ke ruang pengering memiliki suhu lebih tinggi dibanding suhu udara hasil pemanasan dari kolektor pelat datar [Venkatesan dkk, 2014].

Rancang bangun pengering kolektor tabung vakum untuk

mengeringkan hasil pertanian telah dilakukan [Dina dkk, 2018] Pengering tipe ini dioperasikan secara konveksi paksa dengan suhu ruang pengering 35 – 78 °C [Dina dkk, 2018].

Pada penelitian ini telah dilakukan pengeringan asam gelugur menggunakan pengering surya tipe KTV dengan sistem konveksi paksa yang memvariasikan kecepatan udara 0 – 4 m/det yang diukur dengan Anemometer. Pengeringan lapis tipis asam gelugur dilakukan dari kadar air awal 90,60% menjadi sekitar 10 – 12% pada akhir pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan profil penurunan berat, model kinetika pengeringan, konsumsi energi pengeringan asam gelugur.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Buah dari marga tumbuhan-tumbuhan atau suku Clusiaceae *Garcinia* jenis asam gelugur (*Garcinia atrovirdis*) yang digunakan berasal dari kabupaten Deli Serdang provinsi Sumatera Utara, yang diiris-iris dengan tebal 2 mm dan dihamparkan diatas rak kasa secara lapis tipis (Gambar 1).



Gambar 1. Asam Gelugur (*Garcinia atrovirdis*)



Gambar 2. Pengering Surya Tipe Kolektor Tabung Vakum (*Evacuated Tube Collector*)

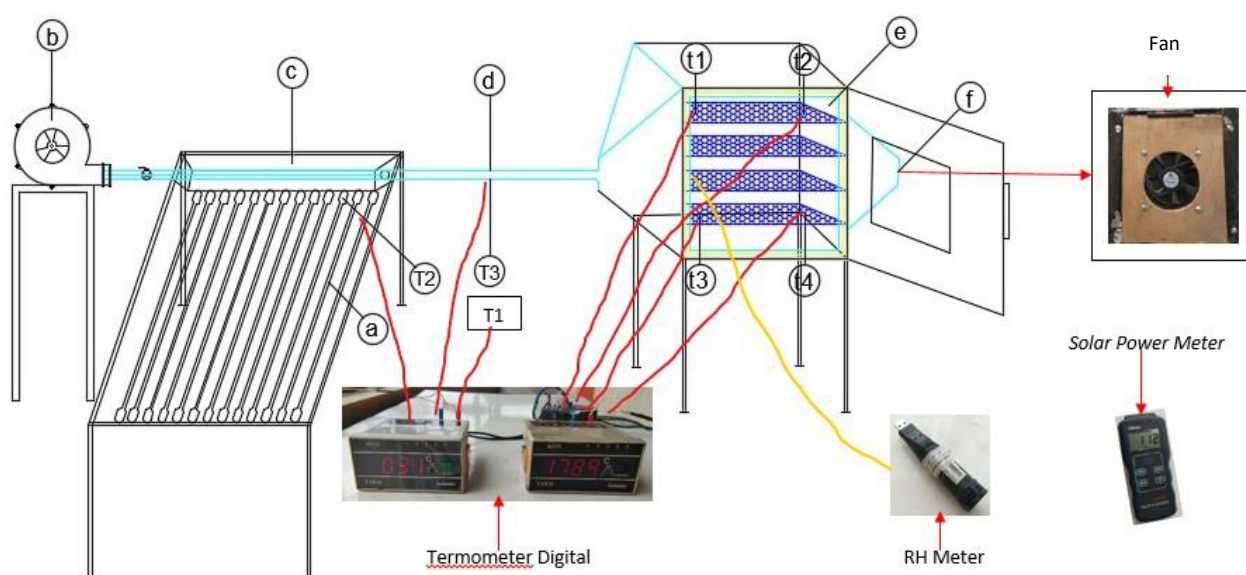
Prosedur Percobaan

Pengeringan buah asam gelugur dilakukan pada alat pengering tenaga surya tipe kolektor tabung vakum yang berlangsung secara konveksi alamiah dan paksa dengan memvariasikan kecepatan udara 0%, 3 m/det, 3,5 m/det, 3,5 m/det dan 4 m/det. Waktu pengeringan berlangsung dari jam 09:00-16:30 WIB, dengan kolektor tabung vakum diatur tepat menghadap arah Timur dan Barat. Sebelum asam gelugur yang akan dikeringkan di letakkan didalam ruang pengering, blower dengan kecepatan putar tanpa beban 3000/3600 Rpm pole dihidupkan untuk mengalirkan udara dari kolektor tabung vakum ke manifold lalu didistribusikan ke ruang pengering agar udara di dalam ruang pengering stabil. Pada metode konveksi paksa, *fan* (kipas) pada ruang pengering dihidupkan untuk membuang uap air yang ada di dalam ruang pengering ke lingkungan. Pengeringan dilakukan pada pagi hari dan siang hari. Pengeringan dihentikan bila kadar air sampel asam gelugur sudah sekitar 10 - 12%.

Selama pengeringan berlangsung, intensitas radiasi diukur menggunakan *solar power meter*, temperatur lingkungan, udara, kolektor dan manifold diukur menggunakan termokopel yang terhubung dengan temperatur data logger, humiditas relatif dan temperatur didalam ruang pengering diukur menggunakan *RH-T smart sensor* (Gambar 3). Alat ukur yang digunakan sudah terkalibrasi.

Blower digunakan untuk mengalirkan udara menuju ruang pengering. Jenis

blower yang digunakan adalah blower keong sumura 2 inch, spesifikasi mempunyai daya listrik 150 Watt, diameter output 2 inch, kecepatan tanpa beban 3 000/3600 Rpm pole, AMP 1.0 Voltage 220 V. Fan dipasang pada ruang pengering untuk menarik uap air keluar adalah berupa kipas kecil yang biasa digunakan pada sistem pendingin unit pemroses komputer (CPU) dengan pengatur kecepatan menggunakan *dimmer*.



Gambar 3. Set-up pengumpulan data selama pengeringan

Keterangan :

- a. Kolektor tabung vakum
- b. Blower
- c. Manifold
- d. Pipa transmisi
- e. Ruang pengering
- f. Fan
- T1 temperatur lingkungan
- T2 temperatur kolektor
- T3 temperatur manifold
- t1 temperatur rak-1 pada oven (depan)
- t2 temperatur rak-1 pada oven (belakang)
- t3 : temperatur rak-4 pada oven (depan)
- t4 : temperatur rak-4 pada oven (belakang)

Uji Performa Pengeringan Asam Gelugur

a. Profil laju pengeringan

Kadar air di ukur dengan menggunakan metode gravimetri. Laju pengeringan (*drying rate*) selanjutnya dinyatakan sebagai DR dinyatakan sebagai jumlah air yang diuapkan pada waktu tertentu dengan persamaan sebagai berikut:

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

dimana M_t dan M_{t+dt} berturut-turut adalah kadar air pada waktu t dan kadar air pada waktu $t + dt$.

b. Penentuan kelembaban rasio (MR)

Karakteristik pengeringan asam gelugur dapat di tampilkan dalam bentuk kurva penurunan *moisture ratio* (MR) terhadap waktu pengeringan. Rasio kadar air (MR) dinyatakan sebagai variabel fungsi yang berkaitan dengan kadar air awal (M_i), kadar air setimbang (M_e) dan kadar air pada waktu aktual (M_t) seperti disajikan pada persamaan (2). Namun untuk pengeringan yang memerlukan waktu panjang maka nilai MR disederhanakan menjadi $MR = M_t/M_i$ karena nilai M_e relatif kecil dibanding M_t atau M_i [Clement dkk, 2009].

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_i - M_e)} \dots\dots\dots(2)$$

C. Profil kurva pengeringan

Pencocokan kurva dilakukan untuk mendapatkan model terbaik untuk menggambarkan profil kurva pengeringan cabai merah menggunakan metode pengeringan pompa kalor dan gelombang mikro. Analisa regresi linier dan non linier diselesaikan menggunakan bantuan program Excell 2016. Kriteria utama yang digunakan untuk memilih model terbaik adalah dengan menetapkan nilai tertinggi dari koefisien determinasi (R^2) serta nilai terendah dari akar kesalahan rata-rata kuadrat (RMSE) dan kesalahan bias rata-rata (MBE).

Parameter statistik dihitung menggunakan persamaan berikut [Clement dkk, 2009]:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MRE_{exp,i} MRE_{pred,i})^2 \right]^{1/2} \dots(3)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pred,i} - MR_{exp,i}) \dots(4)$$

dimana $MR_{perc, i}$, $MR_{pred,i}$ dan N berturut-turut adalah nilai MR yang diperoleh dari percobaan, nilai MR dari hasil simulasi (prediksi) dan jumlah data.

Tabel 1. Model matematis yang dipilih untuk pencocokan kurva pengeringan asam gelugur

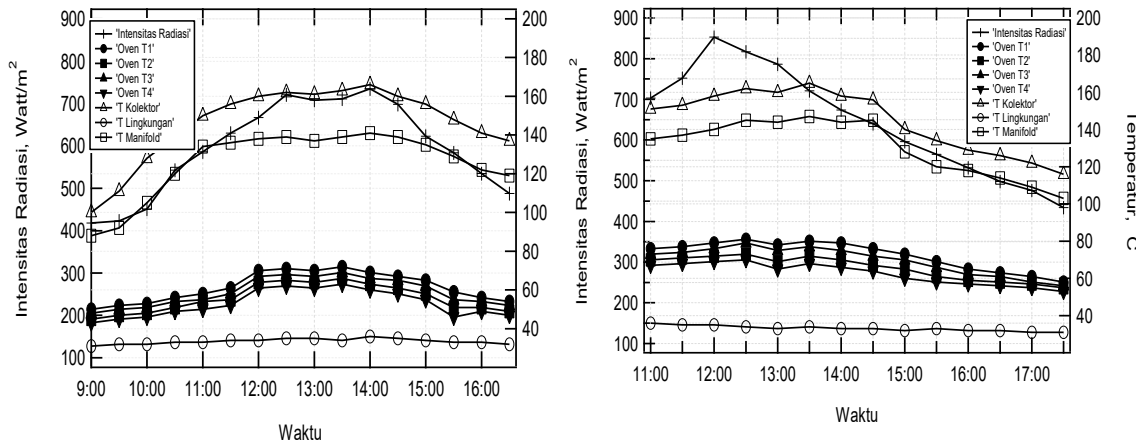
No	Persamaan Model	Nama
1	$MR = \exp(-kt)$	Newton
2	$MR = a \exp(-kt)$	Henderson & Pabis
3	$MR = \exp(-kt^n)$	Page
4	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang and Singh

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Profil Temperatur dan Intensitas Radiasi terhadap Waktu Pengeringan

Proses pengeringan asam gelugur pada penelitian ini dilakukan pada pagi

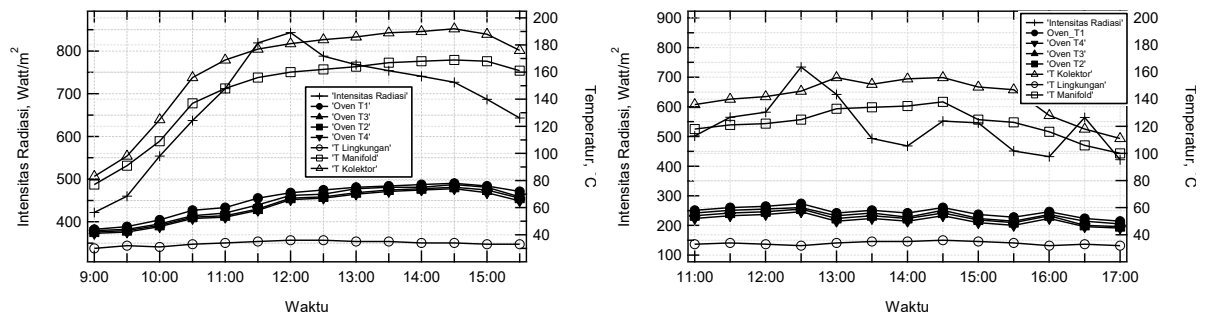
dan siang hari. Dari pengukuran intensitas radiasi matahari, temperatur kolektor, manifold, dan ruang pengering diperoleh profil temperatur dan intensitas radiasi terhadap waktu pengeringan seperti disajikan pada Gambar 4, 5, 6 dan 7.



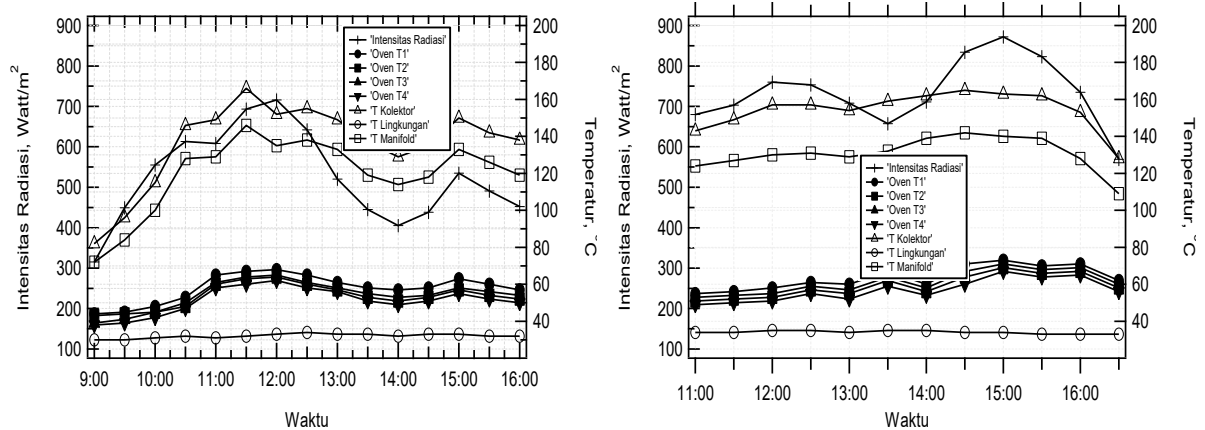
Gambar 4. Profil Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu Pengeringan pada Konveksi Alamiah

Secara keseluruhan, selama pengujian berlangsung temperatur lingkungan berada pada kisaran 30 – 36 ° C. Temperatur kolektor dan didalam ruang pengering, baik pada konveksi alamiah maupun konveksi paksa sangat tergantung pada intensitas radiasi. Semakin tinggi intensitas radiasi maka

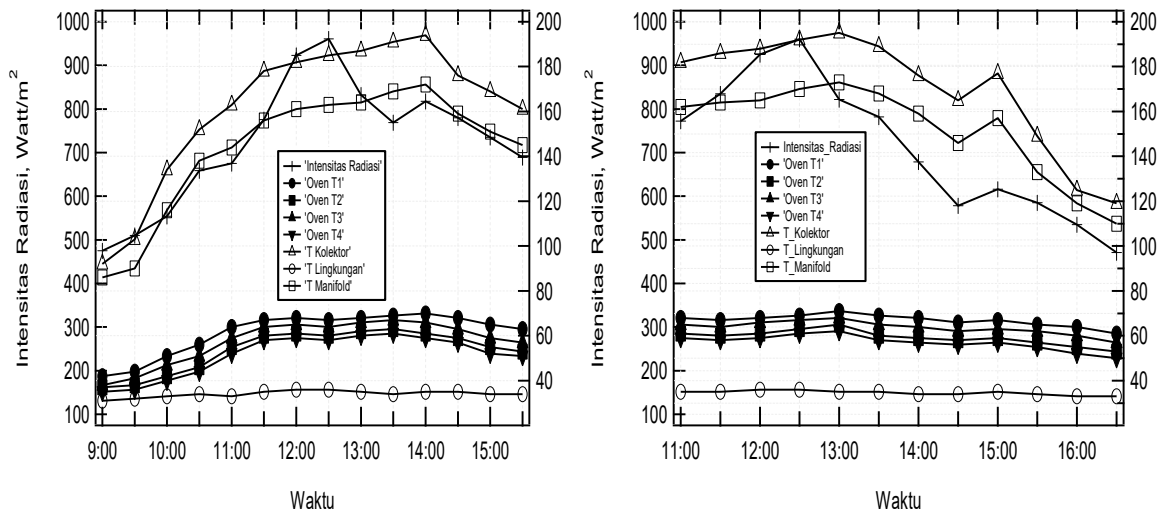
semakin besar konversinya menjadi energi termal yang diterima absorber/kolektor. Namun temperatur rata-rata pada pengeringan siang hari (jam 11:00 – 16:30) adalah lebih tinggi dibanding pengeringan yang dimulai pagi hari (jam 09:00 – 15:30). Intensitas radiasi berada pada rentang 315 – 960 Watt/m², maksimal terukur 960 Watt/m².



Gambar 5. Profil Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu Pengeringan pada Konveksi Paksa (kecepatan udara 3,0 m/det)



Gambar 6. Profil Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu Pengeringan pada Konveksi Paksa (kecepatan 3,5 m/det)

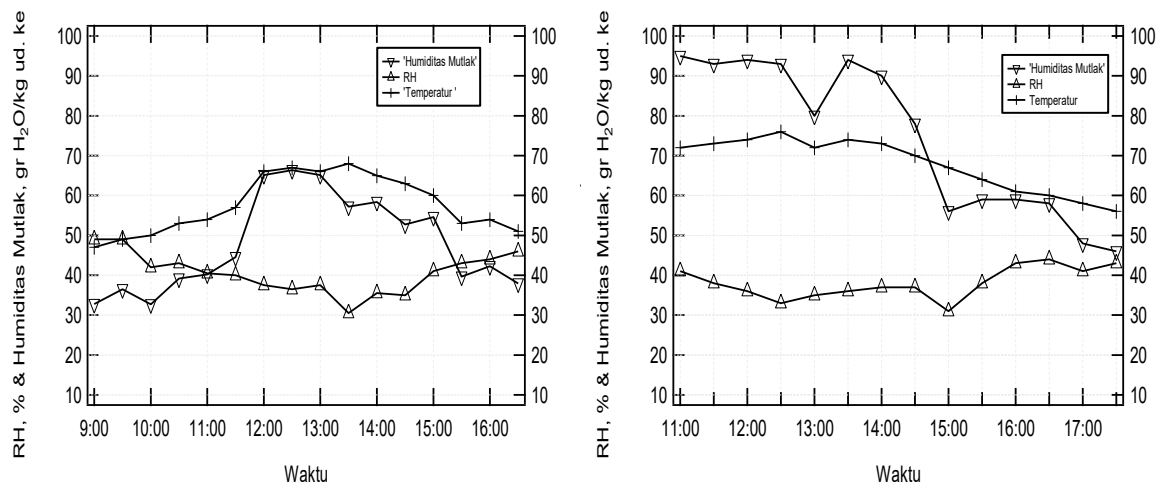


Gambar 7. Profil Temperatur dan Intensitas Terhadap Waktu Pengeringan pada Konveksi Paksa (kecepatan 4,0 m/det)

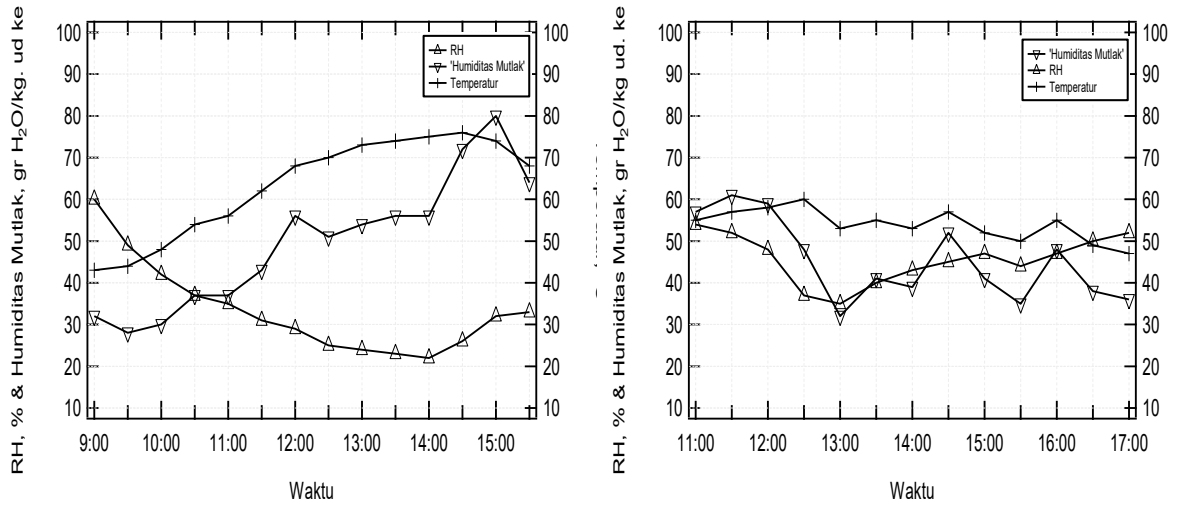
b. Profil temperatur, kelembaban relatif dan kelembaban mutlak didalam ruang pengering.

Dengan asumsi bahwa distribusi suhu dan kelembaban adalah seragam, hasil pengukuran selama proses pengeringan berlangsung baik pada konveksi alamiah maupun paksa serta pengeringan dimulai pada dari pagi hari maupun dimulai pada siang hari dapat dilihat pada Gambar 8, 9, 10 dan 11. Temperatur dan humiditas relatif didalam

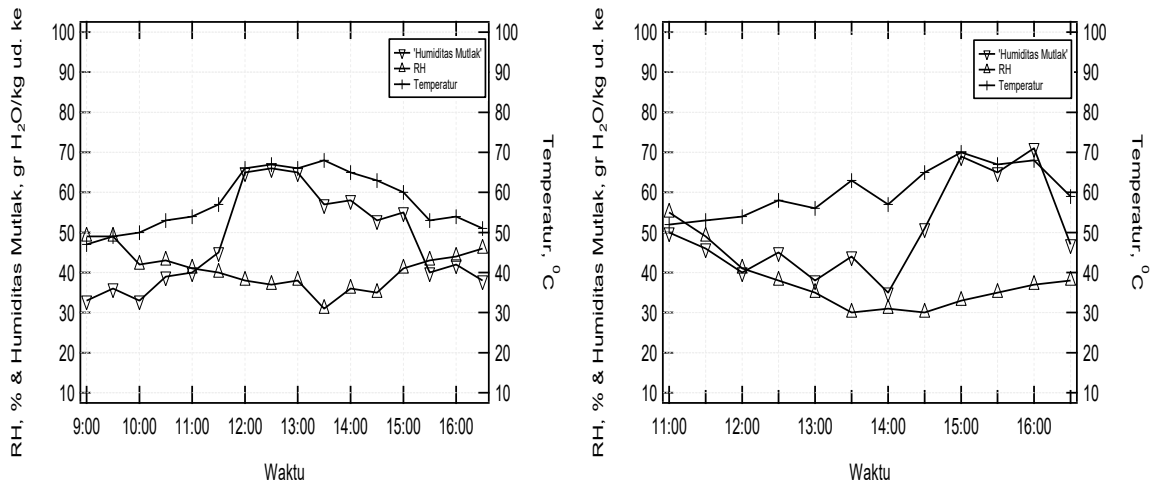
ruang pengering menunjukkan pola yang berbanding terbalik. Humiditas mutlak rill merupakan sifat termodinamika udara yang menggambarkan kondisi kemampuan udara pengering menerima proses perpindahan massa uap air yang dilepaskan dari asam gelugur selama proses pengeringan berlangsung. Nilai humiditas mutlak diperoleh dari pembacaan langsung grafik psikometrik atau dari perhitungan sifat termodinamika udara.



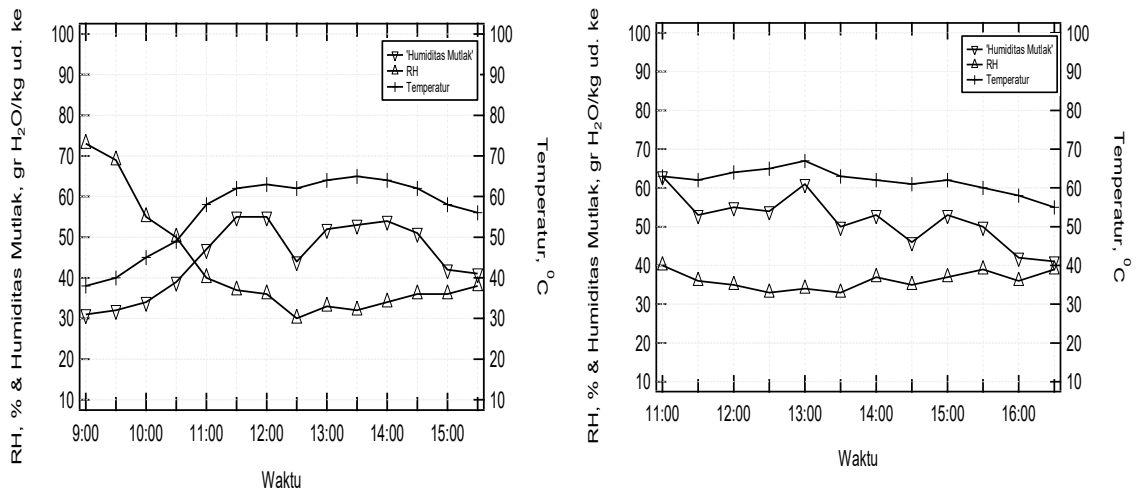
Gambar 8. Profil Temperatur, Humiditas Relatif dan Humiditas Mutlak Didalam Ruang Pengering (konveksi alamiah)



Gambar 9. Profil Temperatur, Humiditas Relatif dan Humiditas Mutlak Didalam Ruang Pengering (Konveksi Paksa 3,0 m/det)



Gambar 10. Profil Temperatur, Humiditas Relatif dan Humiditas Mutlak Didalam Ruang Pengering (Konveksi Paksa 3,5 m/det)



Gambar 11. Profil Temperatur, Humiditas Relatif dan Humiditas Mutlak Didalam Ruang Pengering (Konveksi Paksa 4,0 m/det)

Dari Gambar 8,9,10 dan 11 terlihat humiditas mutlak memberikan pola naik dan turun dengan rentang antara 30-70 % selama waktu pengeringan yang menunjukkan adanya proses sirkulasi udara pengering. Hal ini juga analog dengan mekanisme proses pengeringan yang merupakan proses perpindahan panas dan perpindahan massa yang berlangsung secara simultan.

Ketika tekanan uap air didalam asam gelugur lebih tinggi dibanding pada *interface* permukaan asam gelugur dan udara, maka uap air akan berpindah dari permukaan asam gelugur ke udara menyebabkan suhu asam gelugur menurun dan selanjutnya proses perpindahan panas diperlukan untuk menaikkan kembali suhu keping asam gelugur sehingga uap air berdiffusi ke permukaan. Pada saat yang bersamaan adanya konveksi paksa, menyebabkan udara yang sudah jenuh dengan uap air, digantikan dengan udara kering yang sudah dipanaskan dan seterusnya kembali proses perpindahan massa uap air berlangsung kembali hingga berat air didalam keping asam gelugur mencapai keseimbangan.

c. *Profil laju pengeringan*

Laju pengeringan untuk masing-masing perlakuan dihitung menggunakan persamaan 1). Hasil penimbangan berat dan lama pengeringan berlangsung menghasilkan laju pengeringan untuk kondisi pengeringan dimulai pagi hari (jam 09:00 – 15:30) maupun dimulai siang hari (jam 11:00 – 16:30) serta varisasi kecepatan udara (konveksi alamiah dan konveksi paksa) disajikan pada Tabel 2.

Dari perhitungan laju pengeringan (Tabel 2.) pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel yang dilakukan adalah mempengaruhi proses penguapan air dari asam gelugur yakni intensitas radiasi, sistem konveksi udara (alamiah dan paksa) maupun kecepatan udara. Namun kecepatan udara pada

percobaan ini tidak signifikan mempengaruhi laju pengeringan.

Pengeringan pada siang hari (jam 11:00 – 16:30) memberikan laju pengeringan lebih tinggi dibanding pengeringan yang dimulai pagi hari (jam 09:00 – 15:30). Sebagaimana diketahui sifat udara pada pagi hari memiliki kelembaban tinggi dan suhu relatif lebih rendah dibanding siang hari. Hal ini menyebabkan uap air lebih sulit berpindah dari permukaan asam ke udara dikarenakan tekanan parsial uap air diudara lebih tinggi dibanding di permukaan kepingan asam gelugur.

Konveksi paksa memberikan peluang sirkulasi udara yang lebih besar untuk menangkap uap air didalam ruang pengering dan ketika sudah jenuh kemudian menggantikannya dengan yang baru secara kontinu. Dengan demikian pengeringan pada siang hari memberikan waktu pengeringan lebih singkat dan semakin besar kecepatan udara maka semakin singkat waktu pengeringan yang dicapai

d. *Profil dan pemodelan kurva pengeringan*

Model kinetika yang digunakan adalah model persamaan empirik yang dibangun menggunakan data hasil percobaan berupa laju penurunan berat sebagai fungsi waktu.

Penurunan kadar air yang diperoleh selama percobaan pengeringan dikonversikan dalam bentuk hubungan rasio kadar air (MR) terhadap waktu pengeringan menggunakan persamaan 2).

Asumsi utama yang digunakan adalah temperatur dan kadar air didalam asam gelugur. Oleh sebab itu laju penurunan kadar air didalam buah asam gelugur adalah kasus 1 dimensi dinyatakan dalam bilangan kadar air tanpa dimensi (*Moisture Ratio*, MR). Profil laju pengeringan hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 12. Dari profil tersebut,

diperoleh bahwa pada MR secara terus menerus berkurang sejalan dengan waktu

pengeringan dan tidak terlihat adanya periode laju pengeringan konstan.

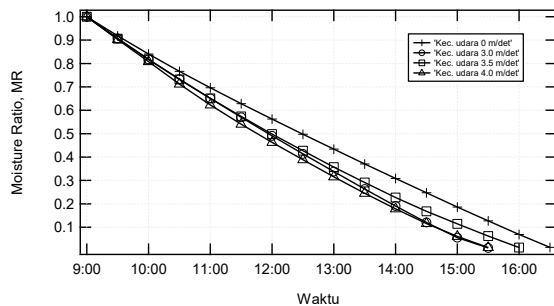
Tabel 2. Hasil laju pengeringan asam gelugur pada berbagai kondisi pengeringan

No	Waktu pengeringan	Kecepatan Udara, m/det	Berat awal, gram	Berat akhir, gram	Lama pengeringan, jam	Laju Pengeringan, kg/jam
1	09:00 – 15:30	0	2000	213	7,5	0,238
2		3,0		209	6,5	0,276
3		3,5		211	7,0	0,256
4		4,0		212	6,5	0,275
5	11:00 – 16:30	0		212	6,5	0,275
6		3,0		211	6,0	0,298
7		3,5		213	5,5	0,325
8		4,0		211	5,5	0,325

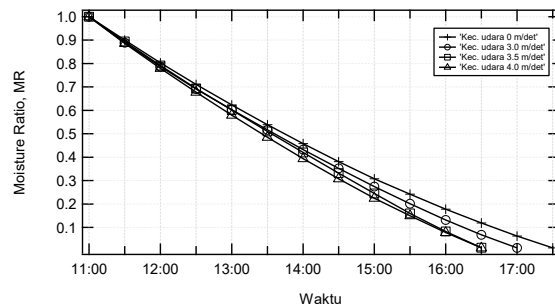
Profil penurunan kadar air (MR) pada pengeringan siang hari lebih singkat dibanding pengeringan pagi hari. Dari gambar 12 dapat disimpulkan bahwa kondisi terbaik ditinjau dari waktu pengeringan adalah kondisi pengeringan siang hari (jam 11:00 – 16:30) dengan

kecepatan udara 3,5 m/det dan intensitas matahari optimal yaitu sekitar 900 Watt/m².

Selanjutnya, untuk menetapkan model matematis pengeringan asam gelugur pada penelitian ini digunakan profil untuk kondisi pengeringan siang hari dengan kecepatan udara 3,5 m/det.



a). Pengeringan pagi hari



b). Pengeringan siang hari

Gambar 12. Profil Moisture Ratio terhadap Waktu Pengeringan

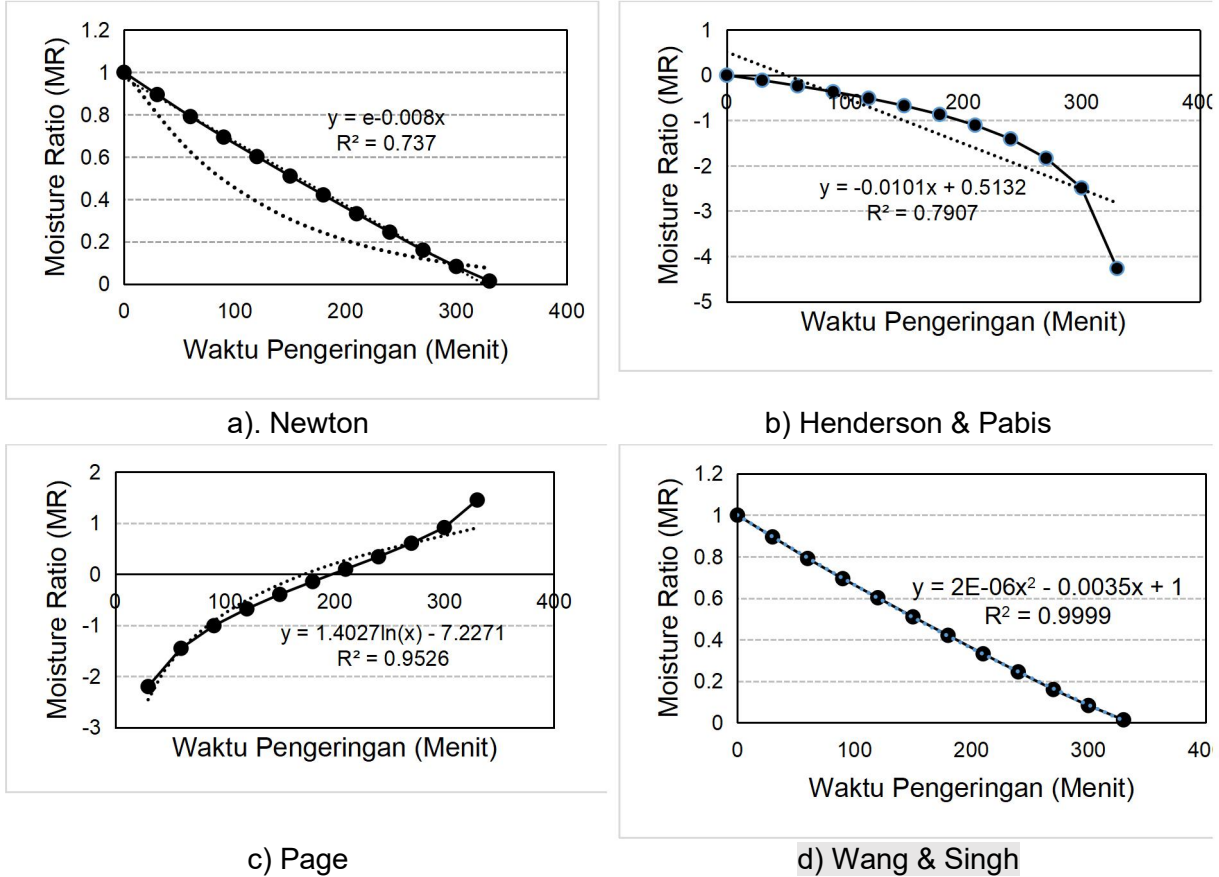
Dari data penurunan kadar air yang diperoleh selama percobaan pengeringan dikonversikan dalam bentuk hubungan rasio kadar air (MR) terhadap waktu pengeringan, seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Selanjutnya dilakukan perhitungan pencocokan kurva untuk keempat model pengeringan yang diberikan pada Tabel 3. Untuk menetapkan nilai konstanta dan koefisien model persamaan kinetika k, n, a dan b pada masing-masing model, maka

penyelesaiannya adalah dengan menggunakan bantuan analisis regresi yang terdapat pada program Excel.

Hasil pendekatan menggunakan analisis statistik, menggambarkan bahwa koefisien determinasi yang tinggi ($R^2 > 0,95$) ditemukan untuk model Page dan Wang & Singh (Clement A. D., at. al, 2009), baik untuk pengeringan pompa kalor maupun gelombang mikro. Namun model Wang & Singh memiliki koefisien determinasi tinggi ($R^2 > 0,99$) serta nilai

MBE dan RMSE terendah. Oleh karena itu secara keseluruhan, model Wang & Singh dapat diasumsikan untuk mewakili perilaku pengeringan asam gelugur menggunakan pengering surya tipe kolektor tabung

vakum. Persamaan matematis yang dihasilkan dari pendekatan ini adalah $MR = 1 - 0.0035.t + 0.000002.t^2$ dengan nilai koefisien regresi (R^2) = 0,9999, RMSE = 0,0074 dan MBE = 0,0006.



Gambar 13. Hasil Pencocokan Kurva Pengeringan pada kecepatan udara 3,5 m/det

Tabel 3. Nilai konstanta pengeringan dan koefisien matematika yang dihitung melalui metode regresi

Konstanta	Pendekatan Model Kinetika			
	Newton	Hederson & Pabis	Page	Wang & Singh
k	0,008	0,0101	0,0007	-
a	-	1,6706	-	-0,0035
b	-	-	-	0,000002
n	-	-	1,4027	-
R ²	0,7370	0,7907	0,9526	0,9999
RMSE	0,0205	0,5385	0,2128	0,0074
MBE	0,1432	0,2900	0,0435	0,0006

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengeringan terhadap 2000 gram asam gelugur (*Garcinia atroviridis*) menggunakan pengering surya tipe kolektor tabung vakum secara konveksi konveksi paksa dan alamiah dapat disimpulkan bahwa intensitas radiasi dan kelembaban udara mempengaruhi laju pengeringan. Pengeringan yang dimulai siang hari (jam 11:00 – 16:30) lebih cepat menguapkan air dibandingkan pengeringan yang dimulai pada pagi hari (jam 09:00 – 15:30). Laju pengeringan paling singkat (5,5 jam) dicapai pada pengeringan sistem konveksi paksa untuk variasi kecepatan udara 3,5 m/det. Hasil pencocokan kurva untuk variasi terpilih (kecepatan udara 3,5 m/det) diperoleh model Wang & Singh dengan persamaan: $MR = 1 - 0,0034t + 0,000002t^2$, dengan nilai koefisien regresi (R^2) tertinggi = 0,9999, nilai RMSE dan MBE terendah berturut-turut 0,0074 dan 0,0006. Waktu pengeringan 5,5 jam lebih efisien dibandingkan pengeringan dengan menggunakan pengering surya tipe kolektor pelat datar sistem konveksi paksa yang digerakkan oleh tenaga fotovoltaik yang membutuhkan waktu selama 11 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Riset dan standardisasi Industri Medan yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, Adel.A., Zakaria, Zaiton., Othman, Faizah dan morat, Paden. (2010). *Effect Of Gracinia Atroviridis on Oxidative Stress and Athetosclerotic Changes in Experimental Guniea Pigs*. American Journal Of Pharmacology and Toxicology % (2): 65-70.
- Antony C, & Dweck FLS FRSC FRSH. (2000). *A review of Asam Gelugor (Garcinia atroviridis) Griff. ex T. anders*. Dweck Data
- Arun Mujumdar and Chung Lim Law. (2009). *Drying Technology : Trends and Applications in Postharvest Processing Food and Bioprocess Technology*.3,843-852.
- Clement A. D., Assidjo N. E., Kouame P., Yao K.B., (2009), *Mathematical Modelling of Sun Drying Kinetics of Thin Layer Cocoa (Theobroma Cacao) Beans*, Journal of Applied Sciences Research, 5 (9): 1110 – 1116, 2009.
- Dina S.F., Siti Masriani R. Azwardi, Edwin H. Sipahutar, (2018), Rancang Bangun dan Uji Coba Pengering Surya Tipe Kolektor Tabung Vakum (*Evacuated Tube Collector*), Jurnal Dinamika Penelitian Industri, p- ISSN 2088-8996, e-ISSN 2477-4456, Vol. 29, No.1 hal: 74 – 83.
- Elfita, E., Muharni, M., Latief, M., Darwati, D., Widiyantoro, A., Supriyatna, S., Bahti, H.H., Dachriyanus, D., Cos, P., Maes. L., Foubert, K., Apers, S. and Pieters, L. (2009), *Antiplasmodial and other constituents from four Indonesian Garcinia spp*. Phytochemistry 70 (7): 907-912.
- Henderson S.M and R.L Perry. (1976). *Agricultural Process Engineering*.AVI Publishing Company, Ins.Westport,Connecticut.
- Lamnatou C., Papanicolaou E., Belessiotis V., Kyriakis N, (2012), *Experimental Investigation and Thermodynamic Performance Analysis of a Solar Dryer Using an Evacuated-Tube Air Collector*, *Applied Energy*, vol 94: 232-243.
- Mackeen, M.M., Ali, A.M., Lajis, N.H., Kawazu, K., Hassan, Z., Amran, M., Habsah, M., Mooi, L.Y., Mohamed, S.M., (2000), *Antimicrobial, antioxidant, antitumour-promoting and cytotoxic activities of different plant part extracts of Garcinia atroviridis Griff. ex T. Anders*, Journal of Ethnopharmacology 72 (3): 395-402.
- Mahlia, T.M.I, L.W. Cheng, L.C.S. Salikka, C.L. Lim, M.H. Hasan and U. Hamdani, (2012), *Drying Garcina atroviridis using waste heat from condenser of split room air conditioner*, International Journal of

- Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 7, No. 2: 171 – 176.
- Misnoadi, (06 Juni 2018). *Asam Gelugur Cuma Rp 1.200/Kg, Petani Tak Semangat*. http://www.medanbisnisdaily.com/news/online/read/2018/06/06/39641/asam_gelugur_cuma_rp_1_200_kg_petani_tak_semangat/
- Sundari Umayal A.R., Neelamegam P., Subramanian C.V., (2013), *Performance of Evacuated Tube Collector Solar Dryer with and without Heat Sources*, *Iranica Journal of Energy & Environment* 4 (4): 336-342.
- Tisdale, Eric J.; Kochman, David A. and Theodorakis, (2003), *Emmanuel A.: Total synthesis of atrovirdin*. *Tetrahedron Letters* 44: 3281–3284 Pergamon.
- Venkatesan N, Arjunan T.V., (2014), *An Experimental Investigation and Performance Analysis of a Solar Drying of Bitter Gourd Using an Evacuated-Tube Air Collector*, *International Journal of Chem. Tech. Research*, Vol. 6, No. 14: 5510-5518.
- Zulkiflie Idris, M. Hafidz Hj. Ruslan, M. Yusof Hj. Othman, Zahari I, Kamaruzzaman S., (2018), *Drying of Asam Gelugur (Garcinia atrovirdis) Using Solar Drying System*, *Jurnal Teknologi*, Vol.: 80, No. 5:129-133. <https://doi.org/10.11113/jt.v80.12352>