

Karakterisasi Pengeringan Lidah Buaya Menggunakan Suhu Rendah Menggunakan *Dehumidified Air Drying* Dan Evaluasi Kinerja Sistem

Ryan Ramadhan¹, Rahmat Subarkah^{1*}, P. Jannus¹

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425
E-mail address: rahmat.subarkah@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki kadar air yang sangat tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan dan memerlukan proses pengeringan untuk memperpanjang masa simpan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi proses pengeringan lidah buaya menggunakan sistem *Dehumidified Air Drying* (DAD) pada suhu rendah serta mengevaluasi kinerja sistem refrigerasi. Variasi penelitian meliputi berat bahan (30, 60, dan 90 g), jumlah tray (1, 2, dan 3 tray), serta kecepatan udara (2,30; 2,73; dan 4,13 m/s). Parameter yang diamati meliputi penurunan kelembapan relatif (RH), penurunan massa bahan, kadar air, laju pengeringan, Coefficient of Performance (COP), dan Specific Moisture Extraction Rate (SMER). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu udara pengering berada pada kisaran 41,6–52,1 °C dengan kelembapan relatif umumnya di bawah 40%, sehingga sesuai untuk pengeringan bahan pangan. Kadar air awal lidah buaya sebesar 99,2% (basis basah) berhasil diturunkan hingga 20,00–44,19% (basis basah) atau 25,00–79,17% (basis kering). Laju pengeringan berada pada kisaran 0,015–0,038 kg/jam, sedangkan nilai COP sistem refrigerasi berkisar 5,32–5,70 dengan rata-rata sekitar 5,57, yang menunjukkan kinerja sistem relatif stabil. Nilai SMER berada pada kisaran 0,0271–0,0691 kg/kWh, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memanfaatkan energi secara efisien selama proses pengeringan.

Kata-kata kunci: Lidah Buaya, *Dehumidified Air Drying*, COP, SMER

Abstract

Aloe vera has a very high moisture content, making it highly perishable and requiring an appropriate drying process to extend its shelf life. This study aimed to characterize the drying behavior of *Aloe vera* using a low-temperature *Dehumidified Air Drying* (DAD) system and to evaluate the performance of the refrigeration system. The experimental variables consisted of sample weight (30, 60, and 90 g), number of trays (1, 2, and 3 trays), and air velocity (2.30, 2.73, and 4.13 m/s). The observed parameters included relative humidity (RH) reduction, mass reduction, moisture content, drying rate, Coefficient of Performance (COP), and Specific Moisture Extraction Rate (SMER). The results showed that the drying air temperature ranged from 41.6 to 52.1 °C, while the relative humidity was generally below 40%, indicating suitable conditions for food drying. The initial moisture content of *Aloe vera* (99.2% wet basis) decreased to 20.00–44.19% (wet basis) or 25.00–79.17% (dry basis) after drying. The drying rate ranged from 0.015 to 0.038 kg/h, while the refrigeration system achieved a COP ranging from 5.32 to 5.70 with an average of approximately 5.57, indicating stable system performance. The SMER ranged from 0.0271 to 0.0691 kg/kWh, demonstrating efficient energy utilization during the drying process.

Keywords: *Aloe Vera*, *Dehumidified Air Drying*, COP, SMER

1. PENDAHULUAN

Lidah buaya (*Aloe vera*) merupakan tanaman yang telah banyak dimanfaatkan di berbagai sektor, karena mengandung berbagai senyawa bioaktif. Hal ini didukung oleh fakta bahwa lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki berbagai aktivitas biologis, antara lain sebagai anti-inflamasi, anti-jamur, dan antibakteri [1]. Meskipun demikian, lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki kadar air yang sangat tinggi, yaitu mencapai 99,3%, sedangkan sekitar 0,7% sisanya tersusun atas berbagai senyawa [2], sehingga bersifat mudah rusak (*perishable*) dan harus segera diproses setelah panen. Dari sisi ekonomi, lidah buaya (*Aloe vera*) umumnya dipasarkan dalam bentuk pelepah segar maupun produk olahan seperti makanan dan minuman, namun nilai jualnya masih relatif rendah. Kondisi tersebut mendorong pengembangan lidah buaya (*Aloe vera*) menjadi produk bubuk (*aloe vera powder*) sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk memperpanjang masa simpan sekaligus meningkatkan nilai tambah dan nilai jual produk [3].

Proses pembuatan bubuk lidah buaya umumnya dilakukan menggunakan metode *freeze drying* dan *spray drying*. Metode *freeze drying* dilakukan pada kondisi suhu dan tekanan yang sangat rendah sehingga efektif untuk mempertahankan komponen bioaktif yang mudah mengalami degradasi akibat paparan panas [2]. Sementara itu, metode *spray drying* bekerja dengan cara mengatomisasi bahan cair menjadi partikel-partikel halus yang kemudian dikontakan dengan udara panas, baik dalam konfigurasi aliran searah (*co-current*) maupun aliran berlawanan (*counter current*) [3]. Meskipun kedua metode tersebut banyak digunakan untuk menghasilkan bubuk lidah buaya dengan kualitas yang baik, penerapannya pada skala petani atau usaha kecil masih menghadapi beberapa kendala. Metode *freeze drying* memerlukan biaya investasi dan operasional yang relatif tinggi, sedangkan metode *spray drying* menggunakan suhu udara yang cukup tinggi sehingga berpotensi menyebabkan degradasi senyawa nutrisi, perubahan warna, dan penurunan kualitas produk.

Salah satu teknologi alternatif yang dapat digunakan adalah metode *Dehumidified Air Drying* (DAD). unit pengering untuk menghasilkan udara pengering dengan kelembapan rendah. Sistem ini bekerja berdasarkan siklus sistem refrigerasi yang terdiri atas komponen utama seperti kompresor, kondensor, evaporator, alat ekspansi (pipa kapiler), dan refrigeran sebagai fluida kerja [4]. Sistem ini tidak hanya mampu menurunkan kelembapan udara, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik melalui pemanfaatan panas buang dari kondensor serta kinerja optimal dari siklus refrigerasi yang digunakan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kinerja sistem menjadi penting, khususnya dalam hal konsumsi energi dan parameter performa seperti *Coefficient of Performance* (COP), yang menunjukkan rasio antara efek pendinginan dan penurunan kelembapan yang dihasilkan terhadap energi listrik yang digunakan oleh kompresor.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem dehumidifikasi merupakan teknologi yang efektif untuk proses pengeringan bahan pertanian yang peka terhadap suhu tinggi, karena mampu menghasilkan kondisi pengeringan pada suhu rendah. Pramawiguna et al. melaporkan bahwa proses pengeringan kunyit menggunakan sistem dehumidifikasi pada suhu rata-rata 40 °C dan kelembapan relatif sebesar 43% berhasil menurunkan kadar air hingga di bawah 10% dalam waktu sekitar 9–13 jam [5]. Penelitian yang dilakukan oleh Djamila et al. juga menunjukkan bahwa sistem pengering dehumidifikasi efektif digunakan untuk mengeringkan daun kelor (*moringa*). Proses pengeringan dilakukan pada suhu rata-rata 33,5 °C dengan kelembapan relatif 54,7% selama 8 jam, sehingga kadar air produk berhasil diturunkan hingga mencapai 6,4% [6].

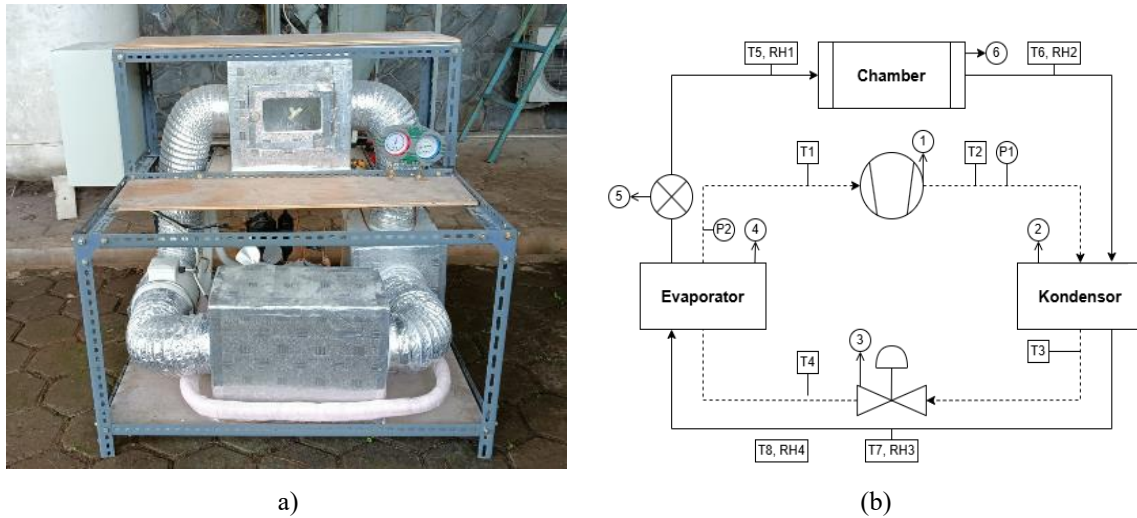
Penelitian mengenai penerapan sistem *dehumidified air drying* untuk pengeringan lidah buaya (*Aloe vera*), yang memiliki kadar air yang sangat tinggi dan kandungan senyawa bioaktif yang mudah rusak akibat pemanasan, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik pengeringan lidah buaya menggunakan suhu rendah dengan sistem *dehumidified air drying* serta mengevaluasi performa sistem.

2. METODE PENELITIAN

Peralatan

Konsep mesin pengering yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah udara yang keluar dari kondensor dialirkan menuju evaporator untuk menurunkan suhu udara sekaligus mengurangi kandungan uap airnya, sehingga udara yang masuk ke ruang pengering memiliki suhu yang tidak terlalu tinggi dengan kelembapan relatif rendah. Udara tersebut digunakan sebagai media pengering untuk menyerap air dari lidah buaya. Setelah melewati ruang pengering, udara yang telah membawa uap air disirkulasikan kembali ke sistem refrigerasi

melalui kondensor dan evaporator untuk dikondisikan kembali sebelum digunakan pada proses pengeringan berikutnya. Refrigeran yang digunakan pada sistem ini R22. Alat dan skema dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin *Dehumidified Air Drying* (b) Siklus dan Titik Ukur Sistem *Dehumidified Air Drying*

Selama proses pengujian, dilakukan pengambilan data pada setiap parameter pengamatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

1. Temperatur (T)

Temperatur yang diukur adalah temperatur refrigeran masuk kompresor (T_1), temperatur refrigeran keluar kompresor (T_2), temperatur refrigeran keluar kondensor (T_3), temperatur refrigeran masuk evaporator (T_4), temperatur udara masuk *chamber* (T_5), temperatur udara keluar *chamber* (T_6), temperatur udara antara kondensor dan evaporator (T_7), dan temperatur udara sekitar (T_8).

2. Kelembaban Udara (RH)

Kelembaban udara diukur pada titik masuk *chamber* (RH_1), keluar *chamber* (RH_2), kondensor-evaporator (RH_3), dan lingkungan (RH_4).

3. Tekanan rendah (P_1) dan tekanan tinggi (P_2)

4. Berat bahan yang akan dikeringkan (w)

5. Waktu pengeringan (t)

6. Arus listrik (I)

Spesifikasi Peralatan

Spesifikasi teknis komponen utama sistem *dehumidified air drying* yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Utama

Komponen Utama	Spesifikasi
Fan	Model: Z4-15D, centrifugal duct inline blower, power 75 W, power supply 220 V, 50 Hz, single phase, rotational speed 2450 rpm, airflow capacity 620 m ³ /h.
Kompresor	Model: QA075PAB, hermetic rotary type, refrigerant R22, cooling capacity 4,110 BTU/h (1.20 kW), power supply 220 V, 50 Hz, single phase, EER 10 BTU/Wh (≈ 2.93 W/W).
Kondensor	Air-cooled fin-and-tube type (16U), copper-coated steel tube, tube outside diameter 3/16 in (4.76 mm), tube inside diameter 4.00 mm, tube length 16.78 m, designed for R22 refrigerant.
Evaporator	Fin-and-tube type, copper tube and aluminum fin, cooling capacity 9,000 BTU/h (1 PK), approximately 550 mm $\times$ 260 mm $\times$ 45 mm, designed for R22 refrigerant.

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan menyiapkan lidah buaya segar, kemudian mengupasnya untuk memisahkan kulit dan dagingnya. Daging lidah buaya selanjutnya dicuci hingga bersih untuk menghilangkan sisa getah, kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi bubur. Bubur lidah buaya kemudian ditimbang sesuai dengan level berat bahan dan diratakan pada tray sebelum dimasukkan ke dalam *chamber* pengering. Proses pengeringan dilakukan hingga berat bahan mencapai kondisi konstan. Proses pengeringan dilakukan sesuai dengan faktor dan level penelitian. Faktor dan level yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Faktor dan Level Penelitian

No	Berat	Jumlah Tray	Kecepatan Udara
1	90 gr	1	2,30 m/s
2	90 gr	2	2,73 m/s
3	90 gr	3	4,13 m/s

Perhitungan Performa Teknis

1. Karakteristik Pengeringan

a) Penurunan Massa Bahan (g)

Penurunan massa bahan menunjukkan jumlah massa yang hilang selama proses pengeringan akibat penguapan air [7]. Nilai tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta w = w_1 - w_2 \quad (1)$$

b) Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan massa air terhadap massa total bahan basah [8]. Nilai kadar air awal dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$MC = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (2)$$

Kadar air selama pengeringan dapat dihitung menggunakan pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Kadar Air Basis Basah (%bb)

$$MC (\%bb) = \frac{w_o - w_d}{w_o} \times 100\% \quad (3)$$

Kadar Air Basis Kering (%bk)

$$MC (\%bk) = \frac{w_o - w_d}{w_d} \times 100\% \quad (4)$$

c) Laju Pengeringan (Kg/Jam)

Laju pengeringan (*drying rate*) menunjukkan jumlah air yang diuapkan dari bahan per satuan waktu selama proses pengeringan [7]. Nilainya dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$DR = \frac{w_1 - w_2}{\Delta t} \quad (5)$$

Keterangan:

w_1 = Berat awal (g)

w_2 = Berat akhir (g)

w_o = Berat bahan (g)

w_d = Berat air (g)

Δt = Waktu pengeringan (jam)

2. Kinerja Sistem

a) Kerja Kompresi (kJ/kg)

Besarnya kerja kompresi menunjukkan energi yang dibutuhkan kompresor selama proses kompresi refrigeran [9]. Nilai tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W = (h_2 - h_1) \quad (6)$$

b) Kalor yang Diserap Evaporator (kJ/kg)

Kalor yang diserap oleh evaporator merupakan energi yang digunakan untuk menyerap panas dari udara selama proses pendinginan. Besarnya kalor yang diserap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_L = (h_1 - h_4) \quad (7)$$

c) Coefficient of Performance

Nilai *Coefficient of Performance* (COP) menunjukkan tingkat kinerja sistem refrigerasi berdasarkan perbandingan antara efek refrigerasi yang dihasilkan dan kerja kompresi yang dibutuhkan [10]. Nilai COP dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$COP = \frac{Q_L}{W} \quad (8)$$

Keterangan:

h_1 = Enthalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg)

d) Konsumsi Energi Listrik (kWh)

Konsumsi energi listrik menunjukkan total energi yang digunakan sistem selama proses pengeringan untuk mengoperasikan seluruh komponen [5]. Nilainya dihitung berdasarkan tegangan, arus, dan lama waktu operasi menggunakan persamaan berikut:

$$E = V \times I \times t \quad (9)$$

e) Specific Moisture Extraction Rate (SMER)

Specific Moisture Extraction Rate (SMER) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi sistem pengeringan berdasarkan perbandingan antara jumlah air yang diuapkan dan energi yang digunakan selama proses pengeringan [5]. Nilai SMER dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SMER = \frac{m_w}{E} \quad (10)$$

Keterangan:

m_w = Massa air yang diuapkan selama pengeringan (Kg)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu Pengeringan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Operasi Sistem Refrigerasi

Kondisi operasi sistem refrigerasi dipantau selama proses pengeringan melalui pengukuran suhu pada titik-titik sistem, tekanan sisi hisap dan sisi tekan kompresor, serta arus listrik kompresor. Data tersebut digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem refrigerasi. Nilai rata-rata masing-masing parameter disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Operasi Sistem Refrigerasi

Trial	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	P_2 (Psi)	P_1 (Psi)	Arus (I)
90gr 1T 2,7 m/s	37,1	101,8	56	7,1	333	62	1,98

Trial	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	P ₂ (Psi)	P ₁ (Psi)	Arus (I)
90gr 2T 2,3 m/s	35,5	99,5	55,3	6,4	328	60	1,98
90gr 3T 4,1 m/s	38,1	102,7	56,6	5,4	335	61	2,00

Tabel 3 menyajikan nilai rata-rata parameter operasi sistem refrigerasi selama proses pengeringan untuk setiap kondisi percobaan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa temperatur, tekanan refrigeran, dan arus listrik kompresor berada pada rentang yang relatif seragam, sehingga sistem refrigerasi dapat mempertahankan kondisi operasi yang stabil selama proses pengeringan berlangsung.

Kondisi Udara Pengering

Kondisi udara pengering selama proses pengeringan diamati untuk mengetahui karakteristik udara yang digunakan sebagai media pengering. Nilai rata-rata kondisi udara pengering pada setiap percobaan disajikan pada Tabel 4.

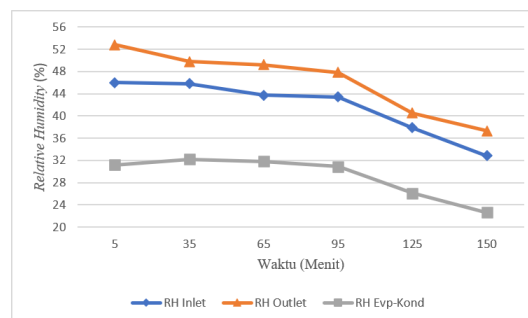
Tabel 4. Kondisi Udara Pengering

Trial	T ₅ (°C)	RH ₁ (%)	T ₆ (°C)	RH ₂ (%)	T ₇ (°C)	RH ₃ (%)	T ₈ (°C)	RH ₄ (%)
90gr 1T 2,7 m/s	43,6	38,6	42,6	41,6	47,9	32,4	29,9	69,9
90gr 2T 2,3 m/s	41,6	39,3	41,1	41,5	46	33,4	30,4	72,8
90gr 3T 4,1 m/s	44,7	38,6	43,6	42	51,9	27,4	31,2	70,8

Tabel 4 menunjukkan kondisi udara pengering selama proses pengeringan. Suhu udara masuk pengering berada pada kisaran 41,6–44,7 °C, sehingga tidak melebihi 60 °C yang sesuai untuk proses pengeringan bahan pangan karena dapat meminimalkan kerusakan akibat panas. Selain itu, kelembapan relatif udara pengering (RH₁–RH₃) umumnya berada di bawah 40%, sehingga cukup rendah untuk meningkatkan kemampuan udara dalam menyerap uap air dari bahan dan mendukung proses pengeringan.

Penurunan RH Terhadap Waktu

Perubahan kelembapan relatif (*Relative Humidity*/RH) selama proses pengeringan diamati untuk mengetahui kemampuan sistem *Dehumidified Air Drying* (DAD) dalam menghasilkan udara pengering dengan kandungan uap air yang rendah. Penurunan RH pada salah satu pengujian selama proses pengeringan ditunjukkan pada Gambar 2.

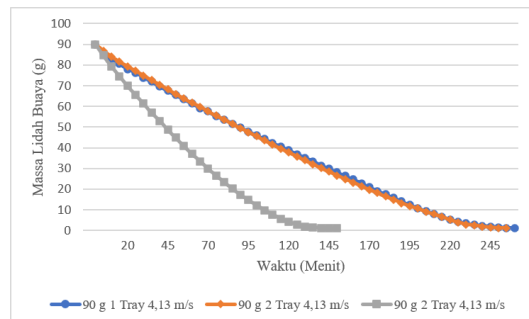


Gambar 2. Grafik Perubahan RH Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 2, nilai RH pada seluruh titik pengukuran menunjukkan kecenderungan menurun seiring bertambahnya waktu pengeringan. RH *inlet* menurun dari sekitar 46% menjadi 32,8%, sedangkan RH *outlet* menurun dari sekitar 52,8% menjadi 37,3%. Sementara itu, RH pada sistem kondensor–evaporator mengalami penurunan dari sekitar 31,2% menjadi 22,6%. Penurunan RH menunjukkan bahwa sistem DAD mampu mempertahankan udara pengering pada kondisi kelembapan yang rendah, sehingga meningkatkan kemampuan udara dalam menyerap uap air dari bahan dan mendukung proses pengeringan yang lebih efektif.

Penurunan Massa Bahan Terhadap Waktu

Penurunan massa bahan selama proses pengeringan diamati untuk mengetahui laju penguapan air dari bubur lidah buaya. Perubahan massa bahan terhadap waktu pada beberapa variasi berat bahan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Penurunan Massa Bahan Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 3, massa lidah buaya terus menurun seiring bertambahnya waktu pengeringan pada seluruh variasi berat bahan. Penurunan massa berlangsung lebih cepat pada awal proses karena kandungan air bebas masih tinggi, kemudian laju penurunannya semakin lambat mendekati akhir pengeringan. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kadar air di dalam bahan sehingga proses penguapan berlangsung lebih lambat.

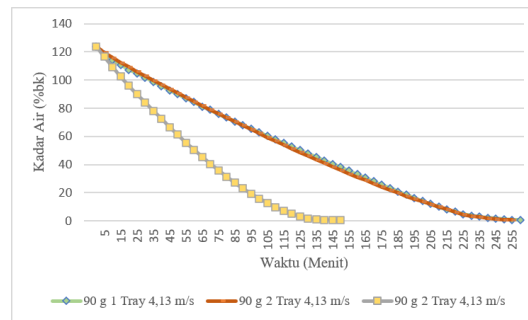
Tabel 5. Nilai Penurunan Massa Semua Uji Coba

Trial	Berat Akhir (Gram)		Penurunan Massa Bahan (Gram)		Penurunan Massa (%)	
	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
90gr 1T 2,7 m/s	1,29	1,11	88,71	88,89	98,57	98,77
90gr 2T 2,3 m/s	1,21	1,09	88,79	88,91	98,66	98,79
90gr 3T 4,1 m/s	1,12	1,04	88,88	88,96	98,76	98,84

Hasil pengukuran pada Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan mengalami penurunan massa yang sangat tinggi. Massa akhir lidah buaya berada pada kisaran 1,04–1,29 g, dengan penurunan massa sebesar 98,57–98,84% dari massa awal. Persentase penurunan massa yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar air dalam bahan berhasil dihilangkan selama proses pengeringan menggunakan sistem *Dehumidified Air Drying* (DAD).

Penurunan Kadar Air Terhadap Waktu

Kadar air merupakan salah satu parameter utama yang menentukan keberhasilan proses pengeringan. Sebelum proses pengeringan dilakukan, kadar air awal lidah buaya ditentukan menggunakan metode oven untuk mengetahui kandungan air awal bahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel dengan berat awal 90 g memiliki berat kering oven sebesar 0,72 g, yang menunjukkan kadar air awal sebesar 99,2% (basis basah). Nilai tersebut sesuai dengan karakteristik lidah buaya yang diketahui memiliki kandungan air sekitar 99%, sehingga sebagian besar massa bahan terdiri atas air. Selanjutnya, perubahan kadar air selama proses pengeringan diamati sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Penurunan Kadar Air Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 4, kadar air lidah buaya terus menurun seiring bertambahnya waktu pengeringan pada seluruh variasi berat bahan. Penurunan kadar air berlangsung lebih cepat pada tahap awal karena air bebas yang berada di permukaan bahan lebih mudah menguap. Seiring berjalannya waktu, laju penurunan kadar air menjadi lebih lambat akibat berkurangnya kandungan air di dalam bahan dan semakin kuatnya ikatan air dengan matriks bahan.

Tabel 6. Nilai Kadar Air Akhir Semua Uji Coba

Trial	Berat Akhir (Gram)		Kadar Air Akhir (%bb)		Kadar Air Akhir (%bk)	
	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
90gr 1T 2,7 m/s	1,29	1,11	44,19	35,14	79,17	54,17
90gr 2T 2,3 m/s	1,21	1,09	40,50	33,94	68,06	51,39
90gr 3T 4,1 m/s	1,12	1,04	35,71	30,77	55,56	44,44

Hasil pada Tabel 6. menunjukkan bahwa kadar air akhir lidah buaya berada pada kisaran 30,71–44,19% (basis basah) atau 44,44–79,17% (basis kering). Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh variasi kondisi pengeringan yang digunakan. Secara umum, semakin rendah kadar air akhir yang diperoleh, semakin banyak air yang berhasil diuapkan selama proses pengeringan, sehingga produk menjadi lebih stabil untuk penyimpanan.

Laju Pengeringan

Laju pengeringan menunjukkan banyaknya massa air yang diuapkan dari bahan per satuan waktu selama proses pengeringan. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas proses pengeringan pada setiap kondisi percobaan. Nilai laju pengeringan dihitung berdasarkan penurunan massa bahan terhadap waktu pengeringan dan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Laju Pengeringan Semua Uji Coba

Trial	Waktu Pengeringan (Menit)		Berat Akhir (Gram)		Laju Pengeringan (Kg/Jam)	
	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
90gr 1T 2,7 m/s	260	260	1,29	1,11	0,020	0,021
90gr 2T 2,3 m/s	255	240	1,21	1,09	0,021	0,022
90gr 3T 4,1 m/s	150	140	1,12	1,04	0,036	0,038

Berdasarkan Tabel 7, laju pengeringan yang diperoleh berada pada kisaran 0,020–0,038 kg/jam. Nilai laju pengeringan tertinggi diperoleh pada uji coba 90 g, 3 tray, kecepatan udara 4,1 m/s, yaitu sebesar 0,036–0,038 kg/jam. Secara umum, semakin besar nilai laju pengeringan, semakin efektif proses pengeringan, karena menunjukkan bahwa massa air yang diuapkan dari bahan per satuan waktu semakin besar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perpindahan panas dan massa berlangsung lebih baik sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air akhir menjadi lebih singkat.

Coefficient of Performance

Coefficient of Performance (COP) digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem refrigerasi selama proses pengeringan. Nilai *COP* diperoleh dari perbandingan antara efek refrigerasi (Q_L) dengan kerja kompresor (W). Semakin tinggi nilai *COP*, semakin efisien sistem refrigerasi dalam menghasilkan efek pendinginan terhadap energi yang digunakan. Hasil perhitungan *COP* pada setiap kondisi percobaan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *COP* Semua Uji Coba

Trial	h1 (kj/kg)	h2 (kj/kg)	h3 (kj/kg)	h4 (kj/kg)	W (kj/kg)	Q _L (kj/kg)	COP
90gr 1T 2,7 m/s	433,1	462,4	271,7	271,7	29,3	161,3	5,51
90gr 2T 2,3 m/s	432,1	460,7	270,7	270,7	28,5	161,4	5,66
90gr 3T 4,1 m/s	433,9	463,0	272,6	272,6	29,2	161,3	5,53

Berdasarkan Tabel 8, nilai *COP* sistem refrigerasi berada pada kisaran 5,51–5,66, dengan nilai rata-rata sekitar 5,56. Perbedaan nilai *COP* pada setiap percobaan relatif kecil, yang menunjukkan bahwa kinerja sistem refrigerasi cenderung stabil selama proses pengeringan. Variasi tersebut diduga dipengaruhi oleh perubahan kondisi operasi, seperti fluktuasi suhu dan kelembapan lingkungan yang memengaruhi tekanan serta temperatur refrigeran selama pengujian. Secara umum, nilai *COP* yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem refrigerasi mampu beroperasi dengan efisiensi yang baik dalam mendukung proses pengeringan menggunakan sistem *Dehumidified Air Drying* (DAD).

Specific Moisture Extraction Rate (SMER)

Specific Moisture Extraction Rate (SMER) digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi proses pengeringan. Nilai *SMER* menunjukkan jumlah massa air yang berhasil diuapkan untuk setiap satuan energi listrik yang dikonsumsi selama proses pengeringan. Semakin tinggi nilai *SMER*, semakin efisien penggunaan energi pada sistem pengering. Hasil perhitungan daya listrik, penurunan massa bahan, dan nilai *SMER* pada setiap kondisi percobaan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai *SMER* Semua Uji Coba

Trial	Daya Total (kWh)		Penurunan Massa Bahan		SMER (Kg/kWh)	
	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 2
90gr 1T 2,7 m/s	2,273	2,271	0,088	0,0889	0,039	0,039
90gr 2T 2,3 m/s	2,222	2,114	0,088	0,0889	0,040	0,042
90gr 3T 4,1 m/s	1,322	1,288	0,088	0,0890	0,067	0,069

Berdasarkan Tabel 9, nilai *SMER* yang diperoleh berada pada kisaran 0,039–0,069 kg/kWh. Nilai *SMER* tertinggi diperoleh pada perlakuan 90 g, 3 tray, dengan kecepatan udara 4,1 m/s, yaitu sebesar 0,067–0,069 kg/kWh. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut sistem mampu menguapkan massa air paling besar untuk setiap satuan energi listrik yang dikonsumsi, sehingga menghasilkan efisiensi energi pengeringan yang paling baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Perbandingan dengan Metode Lain

Untuk mengetahui perbedaan hasil yang diperoleh, penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode pengeringan lidah buaya yang berbeda. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan dengan Metode Lain

Parameter	Sugiarto et al. [2], <i>Electric Tunnel Dryer</i>	Kurniawan et al. [11], <i>Spray Dryer</i>	Agustina et al. [1], <i>Freeze Vacuum Drying + TES</i>
Metode pengeringan	<i>Electric Tunnel Dryer</i>	<i>Spray Dryer</i>	<i>Freeze Vacuum Drying + TES</i>
Suhu operasi	30–70 °C	170 °C (kondisi optimum)	Suhu beku (vakum)

Kadar air akhir	±1% (basis basah)	9,16%	Pengurangan kadar air 68%
-----------------	-------------------	-------	------------------------------

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem *Dehumidified Air Drying* (DAD) mampu menghasilkan kondisi udara pengering yang sesuai untuk pengeringan lidah buaya, dengan suhu 41,6–44,7 °C dan kelembapan relatif umumnya di bawah 40%. Selama proses pengeringan terjadi penurunan massa dan kadar air secara kontinu, di mana kadar air awal 99,2% (basis basah) berhasil diturunkan menjadi 30,71–44,19% (basis basah) dengan penurunan massa mencapai 98,57–98,84% dari massa awal. Evaluasi kinerja sistem menunjukkan proses pengeringan berlangsung dengan baik, ditandai oleh laju pengeringan sebesar 0,020–0,038 kg/jam, nilai *Coefficient of Performance* (COP) sebesar 5,51–5,66, serta *Specific Moisture Extraction Rate* (SMER) sebesar 0,039–0,069 kg/kWh. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem DAD efektif dalam mengeringkan lidah buaya dengan kinerja refrigerasi yang baik dan pemanfaatan energi yang efisien.

REFERENSI

- [1] W. Adriandy, W. Cahyati, D. Agustina, and A. Martin, "Experimental study of freeze vacuum drying with thermal energy storage for drying 2 kg aloe vera," *Proceeding SNTTM BKS-TM Indonesia*, vol. 23, no. 1, pp. 221–228, Mar. 2026, doi: 10.71452/bp8zfz47.
- [2] Sugiarto B, Suranto, Sugandini D, Yusuf AB, Fitri RA, and Murni SW, "Penetapan Heat Rate Pada Pengeringan Lidah Buaya (Aloe Vera) Menggunakan Electric Tunnel Dryer," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 19, no. 2, Feb. 2025.
- [3] E. Hartulistiwa, R. Hasbulah, and Priyana Eka, "Pengeringan Lidah Buaya (Aloe Vera) Menggunakan Oven Gelombang Mikro (Microwave Oven)," *Jurnal Keteknik Pertanian*, vol. 25, no. 2, pp. 141–146, Oct. 2011.
- [4] B. Susilo, M. B. Hermanto, A. Mujahidin, G. Djoyowasito, and R. Damayanti, "Performance of Drying Machine with Air Dehumidifying Process for Sweet Corn Seed (*Zea mays saccharata*)," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/515/1/012008.
- [5] K. Ariska Pramawiguna, I. Nengah Ardita, and I. Kadek Ervan Hadi Wiryanta, "Analisis Mesin Pengering Kunyit dengan Sistem Dehumidifikasi dan Pompa Kalor," 2022. [Online]. Available: <https://repository.pnb.ac.id>
- [6] S. Djamila *et al.*, "The Performance of a drying machine utilizing an air dehumidification process for marungga leaves and identification of marungga flour," *International Journal of Technology, Food and Agriculture*, vol. 1, no. 3, pp. 134–143, Oct. 2024, doi: 10.25047/tefa.v1i3.5606.
- [7] Nurhalida, Ansar, and Murad, "Artikel Ilmiah Karakteristik Pengeringan Pisang Sale Menggunakan Alat Pengering Hybrid Tipe Rak," 2016.
- [8] R. Subarkah, "Studi Eksperimental Karakteristik Pengeringan Ikan Teri (*Anchovia Engraulidae*)," Bandung, 2021. [Online]. Available: https://digilib.itb.ac.id/gdl/view_data/studi-eksperimental-karakteristik-pengeringan-ikan-teri-anchovia-engraulidae/teknik-mesin
- [9] Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, "Thermodynamics An Engineering Approach Fifth Edition," 2006.
- [10] Z. Djafar and W. H. Piarah, "Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigeran," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [11] R. Kurniawan, B. Prasetyo, and I. Husnul Abid, "Pembuatan Tepung Gel Lidah Buaya dengan Alat Pengering Spray Dryer," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 2016.