



ARTIKEL

Pengaruh Kecepatan Udara dan Adsorben pada Pengeringan Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum L.*) Menggunakan *Fluidized Bed Dryer*

Risfa Nur Apriliani¹, Sarah Sahara¹, Bambang Soeswanto¹, Ninik Lintang Edi Wahyuni¹

¹Politeknik Negeri Bandung

Koresponden: E-mail: bambang.soeswanto65@gmail.com

Submitted 20 Feb 2023

Revised 18 March 2023

Published 15 Apr 2023

ABSTRAK

Cengkeh merupakan hasil perkebunan unggulan yang berkontribusi terhadap devisa negara sebagai komoditas ekspor. Kadar air cengkeh yang baik untuk disimpan maksimal 14% dan umumnya diperoleh melalui proses pengeringan. Pengeringan cengkeh menggunakan alat pengering memerlukan energi yang tinggi dan dapat merusak produk karena penggunaan suhu tinggi. Pada penelitian ini, pengeringan cengkeh dilakukan menggunakan alat *fluidized bed dryer* disertai dengan penambahan adsorben pada kolom terpisah yang bertujuan mengetahui pengaruh kecepatan pengeringan dan jenis adsorben pada proses pengeringan cengkeh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengeringan 25 gram cengkeh dengan suhu *setting* udara pengering 60°C, tanpa adsorben diperoleh kecepatan optimum-udara pengering sebesar 6,5 m/s dengan waktu pengeringan 135 menit, dan total konsumsi energi sebesar 0,542 Kwh. Penambahan adsorben pada proses pengeringan, baik silika gel maupun zeolit mampu menurunkan kadar air cengkeh hingga 14%, namun waktu pengeringan lebih panjang, yaitu 220 dan 311 menit untuk pengeringan dengan silika gel, 211 dan 244 menit untuk pengeringan dengan zeolite. Dengan demikian, kebutuhan energi pada pengeringan dengan adsorben lebih besar.

Kata Kunci adsorben; cengkeh; *fluidized bed dryer*; kecepatan udara

ABSTRACT

Indonesia is the largest clove-producing country in the world in 2021, with a the total production of 137,641.8 tons, equivalent to 73.01% of global clove production. Clove is a superior plantation product that contributes to the country's foreign exchange as an export commodity. Based on SNI 01-3392-1994, the water content of cloves that is good for storage is a maximum of 14%, which can be obtained through the drying process. Clove drying using a mechanical dryer requires high energy and can damage the product due to high temperatures. A fluidized bed dryer equipped with an adsorption system is an effort that can improve the quality of cloves at low temperatures in a short time, thereby saving energy. This study aimed to determine the effect of drying air velocity and type of adsorbent on the clove drying process using a fluidized bed dryer. The results showed that the optimum speed of drying without adsorbents to reduce the moisture content of cloves from 30% to 14% was obtained at an air velocity of 6.5 m/s with a mass of 25 grams of cloves at a set temperature of 60°C drying air for 135 minutes, with a total the energy used is 0.542 kWh. The addition of adsorbents to the clove drying process, both silica gel and zeolite, was able to reduce the moisture content by up to 14% and relative humidity (RH) of the drying air, but the drying process took longer, namely 220 and 311 mins for drying with silica gel, while with zeolite, the drying time was 211 and 244 mins

Keywords adsorbent; air velocity; cloves; *fluidized bed dryer*

1. PENDAHULUAN

Cengkeh merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan unggulan yang memberikan kontribusi terhadap devisa negara, yakni sebagai komoditas ekspor.

Berdasarkan data *Food and Agriculture Organization* (FAO), Indonesia merupakan produsen cengkeh terbesar di dunia pada tahun 2021 dengan total produksi sebesar 137,641.8 ton setara dengan 73,01% produksi cengkeh secara global.

Cengkeh banyak digunakan sebagai rempah dan bahan utama rokok kretek khas Indonesia. Manfaat cengkeh bagi kesehatan yaitu untuk mengobati sakit gigi, sebagai antibakteri dan jamur, mencegah peradangan, melawan kanker, dan untuk meningkatkan kekebalan tubuh [1].

Standar kualitas cengkeh diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri dan pasar internasional. Parameter yang menentukan mutu cengkeh yaitu kadar air. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3392-1994), syarat mutu cengkeh golongan I untuk disimpan yaitu kadar air maksimal 14%.

Cengkeh kering dengan kadar air 12%-14% ditandai dari sifat mudah patah bila ditekan. Jika kadar air lebih dari 14% maka cengkeh tersebut akan mudah terserang jamur sehingga tidak tahan lama bila disimpan [2]. Sebelum penyimpanan dilakukan sortasi kering dengan cara memisahkan cengkeh dari kotoran-kotoran dengan ditampi. Cengkeh yang sudah bersih dimasukkan ke karung dan dijahit [3].

Pengendalian mutu cengkeh dapat dilakukan dengan penanganan pasca panen, yaitu pengeringan untuk memperpanjang daya simpan. Pengeringan cengkeh dapat dilakukan secara alami ataupun secara mekanik. Pengeringan secara alami, yaitu menjemur cengkeh di bawah sinar matahari. Saat musim kemarau, lama pengeringan cengkeh berkisar 4-5 hari dan saat musim hujan pengeringan cengkeh dapat berlangsung selama 6-10 hari [4]. Pengeringan secara alami ini memiliki kekurangan, yaitu tergantung pada cuaca, mudah terkontaminasi zat lain, dan waktu pengeringan yang cukup lama. Dengan kekurangan tersebut, proses pengeringan secara mekanis dapat menjadi solusi.

Penelitian terhadap pengeringan cengkeh sudah banyak dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan Prayuda dkk, pembuatan mesin pengering cengkeh tipe *rotary* dengan sistem pemanas untuk mengeringkan cengkeh dengan kapasitas 10 kg/*batch*, temperatur pengeringan 50-55°C dan waktu proses 60 menit mampu mengeringkan cengkeh hingga kadar air 12% [5]. Penelitian yang dilakukan Simbolon dkk, yaitu pengeringan cengkeh dengan *tray dryer* berbahan bakar limbah kelapa dengan kapasitas 48 liter dan temperatur 50-55°C selama 50 menit mampu menurunkan kadar air hingga 15% [6]. Penelitian yang dilakukan Wiryanta & Adiaksa, yaitu pengeringan cengkeh menggunakan *tray dryer* dengan suhu ruang pengering 50-60°C dan *relative humidity (RH)* dipertahankan 20% dengan memvariasikan kecepatan aliran udara (1,9; 2,3; dan 2,8 m/s) menunjukkan proses paling efisien pada kecepatan aliran udara 2,3 m/s [7].

Fluidized bed dryer dapat memperluas kontak bahan dengan udara pengering. *Fluidized bed dryer* memiliki kelebihan yaitu proses pengeringan yang cepat, biaya perawatan murah, cocok untuk bahan yang sensitif suhu tinggi, efisiensi pemanasan tinggi, memudahkan dalam kontrol, dan kadar air bahan yang dihasilkan lebih seragam juga hasil pengeringannya baik. Namun kekurangannya yaitu tidak dapat mengolah bahan yang memiliki kadar air

tinggi (bahan yang lengket) dan memerlukan energi listrik yang besar karena dibutuhkan kecepatan udara yang tinggi [8].

Proses pengeringan bunga cengkeh menggunakan alat pengering membutuhkan energi yang tinggi dan dapat membuat produk yang dihasilkan rusak karena penggunaan suhu tinggi. Salah satu cara agar meningkatkan efisiensi energi serta menghindari pemakaian suhu tinggi dapat dilakukan dengan sistem adsorpsi. Adsorben yang dapat digunakan di antaranya yaitu zeolit dan silika gel. Zeolit merupakan adsorben yang baik karena memiliki luas permukaan yang sangat besar dan dapat menyerap air dengan jumlah yang cukup besar, namun memiliki massa jenis yang besar yaitu 2.200-2.440 kg/m³ sehingga memerlukan energi besar untuk terfluidisasi. Zeolit pada konsentrasi rendah melepas panas laten penyerapan yang tinggi, selain itu zeolit memiliki afinitas yang tinggi juga terhadap uap air [9]. Silika gel memiliki massa jenis 700 kg/m³ sehingga lebih ringan, namun memiliki daya serap air yang lebih rendah. Penelitian yang dilakukan untuk meninjau kinerja adsorben menunjukkan bahwasanya kinerja zeolit lebih baik pada suhu rendah dan silika gel lebih baik pada suhu tinggi dalam menurunkan kadar air [10].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, untuk memperbaiki kinerja pengeringan bunga cengkeh, diperlukan metode pengeringan mekanik–menggunakan *fluidized bed dryer*. Pada penggunaan alat *fluidized bed dryer*, terdapat kondisi optimum yang perlu diketahui seperti kecepatan optimum agar proses pengeringan berlangsung dengan singkat tanpa menurunkan mutu bunga cengkeh.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung. Penelitian pengeringan bunga cengkeh menggunakan *fluidized bed dryer* dijelaskan dalam beberapa tahapan proses yang dijelaskan sebagai berikut.

2.1 Alat

Alat yang digunakan yaitu *batch fluidized bed dryer*, anemometer, neraca analitik, wadah sampel dan adsorben, *stopwatch*, oven, ayakan, kaca arloji, wadah plastik.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu 4 kg bunga cengkeh basah, zeolit aktif 2 kg, dan silika gel 2 kg.

2.3 Prosedur

Pengeringan Awal

Pengeringan awal dari kadar air cengkeh menggunakan oven dari 70% menjadi 30% karena alat *fluidized bed dryer* tidak mampu mengangkat cengkeh dengan kadar air tertinggi.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi digunakan untuk mengetahui kadar air dan sebagai perbandingan antara berat sampel dengan berat cengkeh yang digunakan sebagai umpan pada alat

fluidized bed dryer sehingga dapat diketahui kadar air cengkeh umpan selama operasi pengeringan. Cengkeh hasil pemanasan awal/*pretreatment* ditimbang sebanyak 25 gram, kemudian dilakukan pemanasan di dalam oven, serta penimbangan setiap 10 menit. Langkah tersebut dilakukan hingga berat cengkeh konstan, kemudian dilakukan perhitungan kadar air sampel. Setelah itu dibuat kurva kalibrasi antara berat sampel dengan kadar air sampel.

Penentuan Kecepatan Minimum

Sebanyak 25 gram cengkeh diletakkan pada kolom fluidisasi. Kemudian kecepatan *blower* diatur sampai bunga cengkeh terfluidisasi. Ini adalah kecepatan fluidisasi minimum atau *Umf* (m/s).

Pengeringan Bunga Cengkeh tanpa Penambahan Adsorben

Cengkeh sebanyak 25 gram dan diletakkan pada kolom fluidisasi. Kemudian dilakukan pengeringan dengan suhu udara pengering 55°C dan kecepatannya bervariasi, yaitu 5,8; 6,5; dan 7,2 m/s.

Pengeringan Bunga Cengkeh dengan Penambahan Adsorben

Cengkeh sebanyak 25 gram dan diletakkan pada kolom fluidisasi. Kemudian dilakukan pengeringan dengan suhu udara pengering 55°C dan kecepatannya bervariasi, yaitu 5,8; 6,5; dan 7,2 m/s.

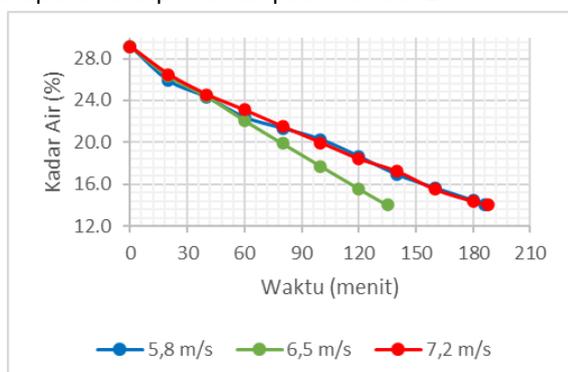
Pengeringan Bunga Cengkeh dengan Penambahan Adsorben

Pengeringan ini dilakukan dengan umpan sebanyak 25 gram dengan variasi adsorben yakni zeolit dan silika gel. Cengkeh diletakkan pada kolom fluidisasi. Adsorben ditimbang sebanyak 100 gram dan diletakkan pada kolom adsorben. Suhu udara pengering diatur pada suhu 55°C dan 60°C dengan kecepatan optimum yang diperoleh pada pengeringan tanpa adsorben.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengeringan Bunga Cengkeh Tanpa Penambahan Adsorben

Kecepatan udara pengering akan mempengaruhi waktu pengeringan. Pengaruh kecepatan udara pengeringan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 1.

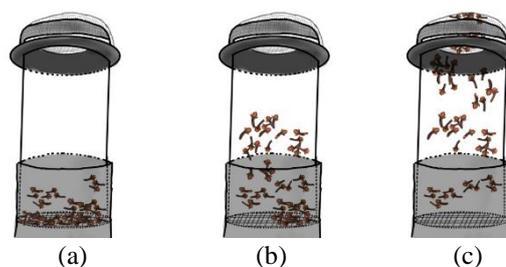


Gambar 1. Kurva Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Waktu Pada Pengeringan Tanpa Adsorben

Gambar 1 menunjukkan pengaruh kecepatan udara pengering terhadap waktu pengeringan untuk mencapai kadar air 14%. Variasi kecepatan udara yang digunakan adalah 5,8 m/s; 6,8 m/s; dan 7,2 m/s. Waktu yang paling singkat dalam menurunkan kadar air yaitu pada kecepatan 6,5 m/s, selama 135 menit dibandingkan dengan kecepatan 5,8 m/s selama 186 menit. Hal ini sesuai teori dimana semakin besar laju alir udara akan meningkatkan kemampuan udara dalam menampung dan membawa air dari permukaan bahan sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat [11]. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka semakin cepat juga massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer.

Pada kecepatan 7,2 m/s proses pengeringan berlangsung lebih lama, yaitu selama 188 menit daripada kecepatan 5,8 m/s dan 6,5 m/s. Hal tersebut disebabkan laju alir udara yang terlalu tinggi akan menyebabkan kontak udara dengan padatan bahan tidak efektif, karena jarak antar partikel bahan terlalu renggang.

Ditinjau dari fenomena fluidisasi yang terjadi pada alat *fluidized bed dryer* kecepatan 5,8 m/s; 6,5 m/s, dan 7,2 m/s dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tampilan Visual Fluidisasi Pada Kolom FBD (a) 5,8 m/s; (b) 6,5 m/s; (c) 7,2 m/s

Gambar 2 (a) untuk kecepatan 5,8 m/s terjadi fenomena fluidisasi berjenis *Minimum or Incipient Fluidization* dimana laju alir udara mencapai laju minimum yang dibutuhkan untuk proses fluidisasi. Pada kondisi ini cengkeh mulai bergerak namun masih ada beberapa cengkeh yang diam di posisinya. Jarak antara padatan terlalu berdempetan sehingga kontak antara udara pengering dan cengkeh tidak terlalu optimal sehingga waktu pengeringan cukup panjang, mencapai 186 menit.

Pada Gambar 2 (b) pada kecepatan 6,5 m/s fenomena fluidisasi yang terjadi selama pengeringan berjenis *Smooth or Homogenously* dimana pada kondisi ini, distribusi aliran udara pengering dan cengkeh dalam kolom homogen. Jarak antara cengkeh dan udara pengering beraturan sehingga kontak antara padatan dan aliran udara optimal sehingga pengeringan menjadi lebih singkat dari kecepatan yang lain, yakni selama 135 menit.

Pada Gambar 2 (c) untuk kecepatan 7,2 m/s terjadi fenomena fluidisasi *Disperse* dimana laju alir udara pengering melampaui kecepatan maksimum aliran fluida. Pada kondisi ini sebagian partikel terbawa aliran udara

sehingga terjadi *carry over* yang membuat kontak antara cengkeh dan udara pengering terlalu singkat dan tidak efektif karena jaraknya yang terlalu renggang.

3.1.1 Pengaruh suhu Udara Pengering

Set poin suhu pengeringan diatur pada 60°C namun suhu pengeringan aktual pada alat *fluidized bed dryer* tidak mencapai suhu tersebut. Pengaruh suhu udara pengering tanpa adsorben ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Penelitian Pengeringan Cengkeh Tanpa Adsorben

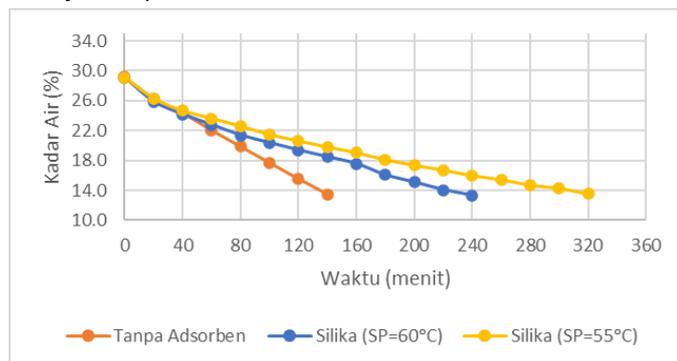
Suhu Udara Awal (°C)	Kecepatan Udara (m/s)	Kebutuhan Energi Total (KwH)	Waktu (menit)
62	5,8	0,777	186
50,8	6,5	0,542	135
55,3	7,2	1,004	188

Pada kecepatan 6,5 m/s suhu udara lebih rendah, yaitu 50,8°C dibandingkan suhu pada kecepatan 5,8 m/s dan 7,2 m/s secara berturut-turut 62°C dan 55,3°C (Tabel 1). Hal itu menunjukkan bahwa pada kecepatan 5,8 m/s dan 7,2 m/s suhu udara terlalu tinggi sehingga permukaan cengkeh mengalami *case hardening* (permukaan bahan mengeras) sehingga air yang teruapkan pada bahan sulit keluar sehingga proses pengeringannya menjadi lebih lama. Berdasarkan teori, agar tidak terjadi *case hardening* suhu pengeringan cengkeh tidak boleh melebihi 52°C bahan [12].

3.2 Pengeringan Bunga Cengkeh dengan Penambahan Adsorben

3.2.1 Pengaruh Suhu pada Pengeringan Menggunakan Silika Gel

Pada proses pengeringan dengan penambahan adsorben silika gel, set poin diatur pada suhu 60°C dan 55°C. Penurunan kadar air cengkeh selama proses pengeringan dengan menggunakan silika gel sebagai adsorben udara ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Pengaruh Suhu pada Pengeringan Menggunakan Silika Gel

Berdasarkan Gambar 3, pengeringan dengan menggunakan adsorben memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan pengeringan tanpa adsorben. Hal ini

disebabkan oleh penurunan nilai entalpi udara yang mengalami adsorpsi. Berdasarkan hasil penelitian variasi suhu set poin 60°C dan 55°C untuk pengeringan menggunakan adsorben silika gel nilai entalpi udara pada pengeringan menggunakan silika gel lebih rendah, yaitu 83 kJ/kg dan 81 kJ/kg dibandingkan nilai entalpi udara pada pengeringan tanpa adsorben, yaitu 94 kJ/kg seperti yang disajikan pada Tabel 2.

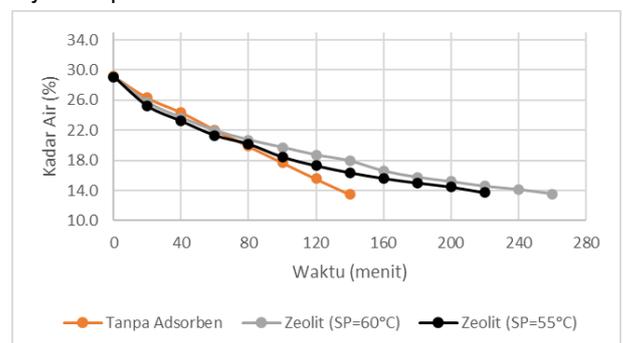
Tabel 2. Hasil Penelitian Variasi Suhu Set Poin untuk Adsorben Silika Gel

	Tanpa Adsorben	Adsorben Silika Gel (60°C)	Adsorben Silika Gel (55°C)
Td _{awl} (°C)	25,6	26	25,7
Rh _{awl} (%)	75	64	71
Td _{int} (°C)	-	34,6	29,7
Rh _{int} (%)	-	40	50
Td _{akr} (°C)	50,8	55,8	47
Rh _{akr} (%)	22	17	23
H (kJ/kgUK)	94	83	81
Waktu (menit)	135	220	311

Pada proses pengeringan tanpa adsorben energi panas yang tersedia cukup besar sehingga laju penguapan kandungan air di dalam padatan besar, dan perpindahan massa uap air dari padatan ke udara juga besar. Berdasarkan Tabel 2 semakin rendah nilai entalpi udara, maka waktu pengeringan akan semakin lama karena energi yang rendah mengakibatkan laju penguapan air di dalam bahan rendah, dan perpindahan massa air dari padatan ke udara kecil sehingga waktu pengeringan akan semakin lama.

3.2.2 Pengaruh Suhu pada Pengeringan Menggunakan Zeolit

Pada proses pengeringan dengan penambahan adsorben zeolit, set poin diatur pada suhu 60°C dan 55°C. Penurunan kadar air cengkeh dengan menggunakan zeolit ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kurva Pengaruh Suhu pada Pengeringan Menggunakan Zeolit

Berdasarkan Gambar 4 pengeringan dengan menggunakan adsorben zeolit memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan pengeringan tanpa adsorben. Hal ini dijelaskan oleh nilai entalpi yang diperoleh dari

psychrometric chart. Berdasarkan hasil penelitian variasi suhu set poin 60°C dan 55°C untuk pengeringan menggunakan adsorben zeolit nilai entalpi yang didapatkan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penelitian Variasi Suhu Set Poin untuk Adsorben Zeolit

	Adsorben		
	Tanpa Adsorben	Zeolit (60°C)	Zeolit (55°C)
Td _{awl} (°C)	25,6	25,7	27,3
Rh _{awl} (%)	75	72	70
Td _{int} (°C)	-	32,4	36,9
Rh _{int} (%)	-	50	40
Td _{akr} (°C)	50,8	55,7	62,2
Rh _{akr} (%)	22	10	10
H (kJ/kgUK)	94	88	94,5
Waktu (menit)	135	244	211

Nilai entalpi udara pada pengeringan menggunakan zeolit pada suhu 60°C lebih rendah yaitu 88 kJ/kg dibandingkan nilai entalpi udara pada pengeringan tanpa adsorben, yaitu 94 kJ/kg sehingga waktu pengeringan lebih lama. Namun pada pengeringan dengan penambahan zeolit dan suhu setting 55°C diperoleh waktu lebih lama dibandingkan dengan pengeringan tanpa adsorben. Hal ini dapat terjadi karena R_H intermediate lebih rendah (40%) sehingga suhu udara keluar dari heater lebih tinggi, yaitu 62,2°C sehingga kemungkinan terjadi *case hardening* di awal proses pengeringan. Dengan adanya case hardening, walaupun entalpi udara cukup tinggi untuk menguapkan kadar air dalam cengkeh, namun uap air tidak dapat menembus dinding sehingga waktu pengeringannya lebih lama dibandingkan dengan pengeringan tanpa adsorben.

3.3 Kebutuhan Energi pada Proses Pengeringan

Pada proses pengeringan menggunakan *fluidized bed dryer*, energi listrik diperlukan untuk menjalankan *blower* dan *heater*. Kebutuhan energi yang digunakan pada kecepatan udara pengering bervariasi ditunjukkan pada pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Energi Berdasarkan Kecepatan Udara Pengering

v (m/s)	Q _{blower} (Kwh)	Q _{total} (Kwh)	Q _{heater} (Kwh)
5,8	0,716	0,777	0,061
6,5	0,504	0,542	0,038
7,2	0,808	1,004	0,195

Berdasarkan Tabel 4, pada kecepatan udara pengering 6,5 m/s membutuhkan energi yang paling rendah, yaitu sebesar 0,542 Kwh. Sedangkan untuk kecepatan 5,8 m/s dan 7,2 m/s kebutuhan energinya berturut-turut yaitu 0,777 Kwh dan 1,004 Kwh. Dari Tabel 4.4 kebutuhan energi heater pada kecepatan 5,8 m/s dan 6,5 m/s tidak jauh berbeda, tetapi kebutuhan energi blower pada kecepatan

5,8 m/s lebih tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan waktu pengeringan pada kecepatan 5,8 m/s lebih lama daripada kecepatan di 6,5 m/s sehingga kinerja dari blower pun lebih besar. Waktu/durasi operasi pengeringan menentukan total energi yang digunakan.

Pada proses pengeringan menggunakan adsorben, kebutuhan energi yang digunakan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Energi Berdasarkan Adsorben dengan Variasi Suhu

Jenis Adsorben	Suhu (°C)	Q _{blower} (Kwh)	Q _{heater} (Kwh)	Q _{total} (Kwh)
Silika Gel	55	1,545	1,297	2,842
	60	1,078	0,850	1,928
Zeolit	55	1,041	0,893	1,934
	60	1,228	0,978	2,206

Berdasarkan Tabel 5, pengeringan menggunakan silika gel pada suhu pengeringan 55°C membutuhkan energi yang paling tinggi yaitu sebesar 2,842 Kwh. Sedangkan pada pengeringan menggunakan suhu 60°C, kebutuhan energinya sebesar 1,928 Kwh. Hal ini terjadi dikarenakan waktu pengeringan pada suhu 60°C lebih singkat dibandingkan pengeringan pada suhu 55°C sehingga kebutuhan energinya lebih rendah.

Sedangkan untuk zeolit dilihat pada Tabel 5, pengeringan pada suhu pengeringan 60°C membutuhkan energi yang paling tinggi yaitu sebesar 2,206 Kwh. Sedangkan pada pengeringan menggunakan suhu 55°C, kebutuhan energinya sebesar 1,934 Kwh. Hal ini terjadi dikarenakan waktu pengeringan pada suhu 55°C lebih singkat dibandingkan pengeringan pada suhu 60°C sehingga kebutuhan energinya lebih rendah.

Tabel 6. Kebutuhan Energi Pengeringan Cengkeh

	Suhu (°C)	Q _{blower} (Kwh)	Q _{heater} (Kwh)	Q _{total} (Kwh)
Tanpa Adsorben	60	0,504	0,038	0,542
Silika Gel	55	1,545	1,297	2,842
	60	1,078	0,850	1,928
Zeolit	55	1,041	0,893	1,934
	60	1,228	0,978	2,206

Berdasarkan Tabel 6, kebutuhan energi pada proses pengeringan menggunakan adsorben lebih besar dibandingkan pengeringan tanpa adsorben, selain dari waktu proses pengeringannya yang lebih lama hal tersebut disebabkan juga karena beban blower yang digunakan menjadi lebih besar dalam mengangkat adsorben yang digunakan dalam pengeringan cengkeh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kecepatan udara pengering optimum pada proses pengeringan cengkeh tanpa adsorben adalah 6,5 m/s.
- 2) Penambahan adsorben pada proses pengeringan bunga cengkeh, baik silika gel maupun zeolit mampu menurunkan kadar air cengkeh hingga 14%, namun pengeringan cengkeh tanpa adsorben lebih cepat dibandingkan pengeringan dengan adsorben.
- 3) Kebutuhan energi pengeringan cengkeh optimum adalah sebesar 0,542 Kwh, yaitu pada pengeringan tanpa adsorben dengan kecepatan 6,5 m/s.

5. KONTRIBUSI PENULIS

Dalam penelitian ini kontribusi penulis: BS, NLEW memahami dan mendesain penelitian, juga memberikan kontribusi metode atau model baru yang digunakan, dan RNA, SS melakukan pekerjaan di laboratorium, menganalisis data, dan juga menulis laporan. Semua penulis membaca dan menyetujui versi final naskah.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih banyak kepada pembimbing, teknisi, dan seluruh pihak-pihak yang sudah ikut serta membantu dalam penelitian dan juga kepada Politeknik Negeri Bandung yang sudah membeberikan dana dalam proses penelitian ini. Semoga penelitian ini menjadi sumber manfaat untuk pendidikan teknik kimia kedepannya.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutriyono, M. A. (2019). Teknik Budidaya Tanaman Cengkeh.
- [2] Pertanian, B. P. (2019, December 2). Panen dan Pasca Panen Cengkeh. Retrieved January 28, 2023, from Cyber Extension: <http://cybex.pertanian.go.id/artikel/85335/panen-dan-pasca-panen-cengkeh/>
- [3] Loudy, M. (2020). Kajian Aspek Penanganan Pascapanen terhadap Kapasitas dan Mutu Perontokan Cengkeh Manual. Jurusan Teknologi Pengolahan hasil Perikanan. Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
- [4] Alfitri, N., Amril, & Sidiq, R. F. (2019, Juni). Alat Pengeringan Cengkeh Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy. *Elektron Jurnal Ilmiah*, XI(1), 29-33.
- [5] Prayuda, F., Kabib, M., & Hudaya, A. Z. (2022, September). Proses Manufaktur Mesin Pengering Cengkeh Rajangan dengan Sistem Pemanas Heater. *Jurnal Crankshaft*, 5(2).

- [6] Simbolon, E., Alfredo, J., Kaligis, B. S., Pomalingo, M. F., Piri, I. D., & Kawuwung, S. V. (2022). Desain dan Pabrikasi Mesin Pengering Cengkeh Berbahan Bakar Limbah Kelapa untuk Mempercepat Proses Penjemuran Cengkeh. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 10(1), 21-28.
- [7] Wiryanta, I. K., & Adiaksa, I. M. (2020). The Effect of Fluid Flow Variation on Clove Dryer Machine With Control of Air Temperature and Relative Humidity. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [8] Trustar. (2019, June 22). Keuntungan & Kerugian dari Pengeringan Bed Fluida di Industri Farmasi. Retrieved February 2, 2023, from Trustar: <http://id.cofpack.com/info/advantages-disadvantages-of-fluid-bed-dryer-37009304.html>
- [9] Kurniasari, L. (2010, April). Potensi Zeolit Alam sebagai Adsorben Air Pada Alat Pengering. VI(1), 15-17.
- [10] Soni, P., & Gaba, V. K. (2019). Comparative Analysis of Silica-gel/Water and Zeolite/Water Pair on Adsorption Refrigeration System. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [11] Mulyono, D., & Runanda, J. C. (2013). Pengeringan Gabah Menggunakan Zeolit 3A Pada Alat Unggun Terfluidisasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, II(2), 40-45.
- [12] Baldwin, D. (2023, Februari 14). Best Temperature to Dehydrate Fruits and Vegetables. Retrieved Juni Selasa, 2023, from The Purposeful Pantry: <https://www.thepurposefulpantry.com/temperature-to-dehydrate/>