

DEHUMIDIFIKASI UDARA TERTUTUP MENGUNAKAN DESSICCANT SILICA GEL

*Febrian Nur Asa¹, Bambang Yuniyanto², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: asasiks22@gmail.com

ABSTRAK

Pengeringan udara merupakan suatu sistem yang kita gunakan untuk banyak keperluan dalam kehidupan sehari-hari. Pengering udara/*dehumidifier* merupakan sistem yang berfungsi untuk memisahkan uap air pada udara sekitar untuk menjadikannya udara kering. Udara lembab dapat menimbulkan efek negatif pada manusia dan lingkungan sekitar antara lain adalah dapat terjadinya infeksi pada saluran pernapasan, tumbuhnya jamur pada ruangan lembab, terjadinya pengkaratan pada mesin dan peralatan pada ruangan lembab, dan banyak lagi. Sistem *sorbent dehumidifier* tertutup yang merupakan salah satu jenis *desiccant dehumidifier* dimana bekerja dengan menggunakan material *desiccant silica gel* dalam proses penyerapan uap air. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah dengan menggunakan beragam variasi *setting* pada dehumidifier sistem tertutup untuk mengetahui tingkat penyerapan yang efektif pada sistem ini. Dari pengujian yang dilakukan, didapat hasil dimana suhu pemanasan berpengaruh pada kelembaban udara awal, pada suhu 40°C kelembaban udaranya lebih rendah daripada pada suhu 30°C. Kecepatan udara dan ketebalan material desiccant berpengaruh terhadap tingkat penyerapan air dalam udara.

Kata Kunci : *dehumidifier; desiccant; silica gel; sistem tertutup; sorbent*

ABSTRACT

Air drying is a system that we use for many purposes in our daily lives. Air dryers/*dehumidifiers* are systems designed to remove water vapor from the surrounding air to make it dry. Humid air can have negative effects on humans and the surrounding environment, including respiratory infections, mold growth in damp rooms, corrosion of machinery and equipment in humid environments, and more. Closed sorbent dehumidifier systems, which are a type of desiccant dehumidifier, work by using silica gel desiccant material in the water vapor absorption process. The method used in this study is to use various settings on the closed system dehumidifier to determine the effective absorption rate in this system. From the testing conducted, it was found that the heating temperature affects the initial air humidity, with the air humidity being lower at 40°C than at 30°C. Air velocity and desiccant material thickness affect the level of water absorption in the air.

Keyword : *closed system; dehumidifier; desiccant; silica gel; sorbent*

1. PENDAHULUAN

Udara yang terlalu kering atau terlalu lembab memiliki dampak yang kurang baik. Untuk udara terlalu lembab dapat menyebabkan tumbuhnya bakteri terlalu cepat dan dapat menyebabkan korosi pada alat-alat yang terbuat dari logam. Untuk udara yang terlalu kering dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada mata dan kulit. (G.W. Brundett, 2013)

Kelembaban udara dalam ruangan mempunyai dampak penting terhadap kenyamanan termal manusia, kesehatan fisik, dan produksi industri. Tingkat kelembaban yang tinggi dapat menurunkan kualitas udara dalam ruangan, menyebabkan tumbuhnya jamur yang menyebabkan ketidaknyamanan pernapasan dan alergi, dan berkontribusi terhadap kerusakan bahan bangunan. Oleh karena itu, dehumidifikasi udara telah menjadi bagian penting dari sistem Pemanasan, Ventilasi, dan Pendingin Udara. Dehumidifikasi udara dapat dilakukan terutama dengan dua metode: *Condensing dehumidification* dan *desiccant dehumidification*. Dalam dehumidifikasi kondensasi, udara didinginkan di bawah titik embunnya dan uap air dikondensasikan keluar dari udara. Berkat pemasangan dan pengoperasiannya yang mudah, dehumidifikasi kondensasi telah menjadi metode dehumidifikasi paling populer. Dalam dehumidifikasi desikan, material desikan, baik dalam bentuk padat atau cair, menyerap kelembaban dari udara (Ge dan Wang, 2020).

Prinsip *sorbent* dehumidifikasi dengan cara melewatkan udara lembab tersebut pada sebuah media penyerap kelembaban udara (*sorbent*). Proses ini disebut proses sorpsi. Proses sorpsi dibedakan menjadi dua macam, yaitu, adsorpsi dan absorpsi. Disebut adsorpsi jika ion yang terserap tertahan dipermukaan *sorbent*. Sedangkan Absorpsi ion yang terserap masuk ke dalam partikel *sorbent*. Material untuk proses adsorpsi disebut *adsorbent*, sedangkan material untuk proses absorpsi disebut dengan *absorbent* (Zaini dan Sami, 2015). Contoh *adsorbent* adalah silica gel, zeolite aktif, dan karbon aktif, dan contoh untuk *absorbent* seperti *Lithium Chloride*, *Calcium Chloride*, dan *Ethylene Glycols*.

Silica gel sendiri merupakan adsorbent yang sering digunakan dalam proses adsorbs. Hal ini dikarenakan mudahnya silica untuk diproduksi dan sifat permukaan (struktur geometri dan sifat kimia pada permukaan) yang mudah dimodifikasi (Fahmiati, dkk., 2006). Silica gel secara umum selain digunakan sebagai desikan, digunakan juga sebagai, pengisi pada kolom kromatografi dan juga sebagai isolator (Hindryawati dan Alimuddin, 2010). Silica gel sering digunakan karena memiliki daya adsorbsi kelembaban yang tinggi dan juga suhu untuk regenerasinya tidak terlalu tinggi, sehingga mudah digunakan (Yao, Yang, dan Liu, 2014)

Dalam artikel ini dilaporkan pengujian terhadap kelembaban udara dalam ruangan tertutup dengan menggunakan desiccant silica gel. Variabel yang digunakan dalam pengujian ini adalah variasi pada suhu, kecepatan angin, dan ketebalan desiccant pada ruang pengering udara. Dengan variabel berikut diharapkan dapat ditemukan pengaturan terbaik untuk dehumidifikasi menggunakan desikan silica gel.

2. OBJEK PENELITIAN

2.1. Dehumidifikasi Sistem Tertutup

Pengeringan udara dengan sistem tertutup dilakukan untuk menguji tingkat penyerapan air pada udara di dalam sistem tertutup tanpa adanya udara luar yang masuk, sehingga, idealnya, kelembaban udara selalu turun hingga air dalam udara tidak dapat terserap lagi oleh material desiccant.

Dengan menggunakan *silica gel* sebagai desiccant dehumidifikasi sistem tertutup, kelembaban udara dicari dengan berbagai variasi, yaitu suhu pemanasan, kecepatan udara, dan ketebalan material desiccant dalam ruang pengering. Setelah kelembaban udara didapat hingga kelembaban tidak dapat berkurang lagi, data diolah menjadi rasio kelembaban, dengan persamaan berikut :

$$W = 0,62198 \times \frac{P_w}{P - P_w} \times \phi$$

Dimana:

- W : Rasio Kelembaban (kg/kg)
- P_w : Tekanan pada Uap Air (Pa)
- P : Atmospheric Pressure (Pa)
- ϕ : Relative Humidity (%)

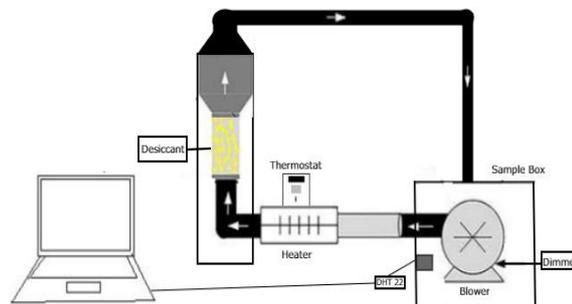
2.2. Silica Gel

Silika gel adalah bahan kimia inert dan tidak beracun yang terdiri dari silikon dioksida amorf. Ia mempunyai jaringan internal pori-pori mikroskopis yang saling berhubungan, menghasilkan luas permukaan tipikal 700-800 meter persegi per gram (Weintraub, 2002). Tingkat adsorpsi kelembaban di udara menggunakan silica gel dipengaruhi seberapa tinggi relative humidity udara sekitar, dimana semakin tinggi relative humidity nya, semakin tinggi pula tingkat adsorpsi kelembabannya (Liu, dkk., 2023)

Pengujian yang dilakukan menggunakan desiccant silica gel produksi Nantong OhE Chemicals Co. LTD. dengan moisture content sebesar 2-2,5%

2.3. Skema Alat

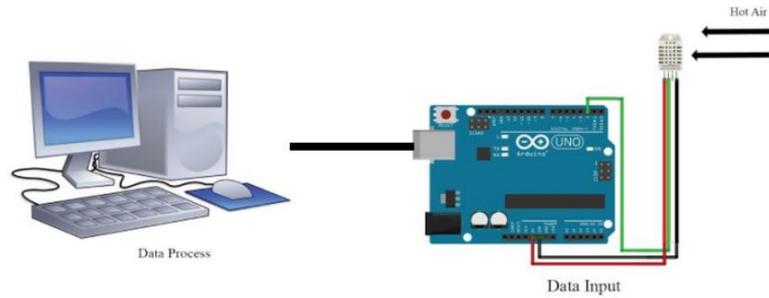
Pengujian *desiccant silica gel* pada sistem dehumidifier tertutup dilakukan pada Laboratorium Termofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro dengan skema alat pengujian. Dehumidifier yang digunakan terdiri dari beberapa komponen yang berfungsi sebagai sistem pengeringan untuk menguji kemampuan *silica gel* dalam menyerap air pada udara di ruangan tertutup.



Gambar 1. Skema Alat Pengujian Dehumidifier Tertutup

Program yang digunakan dalam akuisisi data pengujian dilakukan menggunakan arduino uno dengan bahasa C yang di program untuk mengambil sampel sensor setiap 1 detik hingga kelembaban yang terbaca tidak berubah lagi, dimana total sampel yang didapat untuk setiap pengujian rata-rata sejumlah 400 sampel yang nantinya akan di proses menjadi grafik humiditas-waktu dan temperatur-waktu.

Sensor DHT22 sendiri merupakan sensor digital kelembaban dan suhu relatif. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara disekitarnya dan keluar sinyal pada pin data. DHT22 diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik, dinilai dari respon proses akuisisi data yang cepat dan ukurannya yang minimalis.



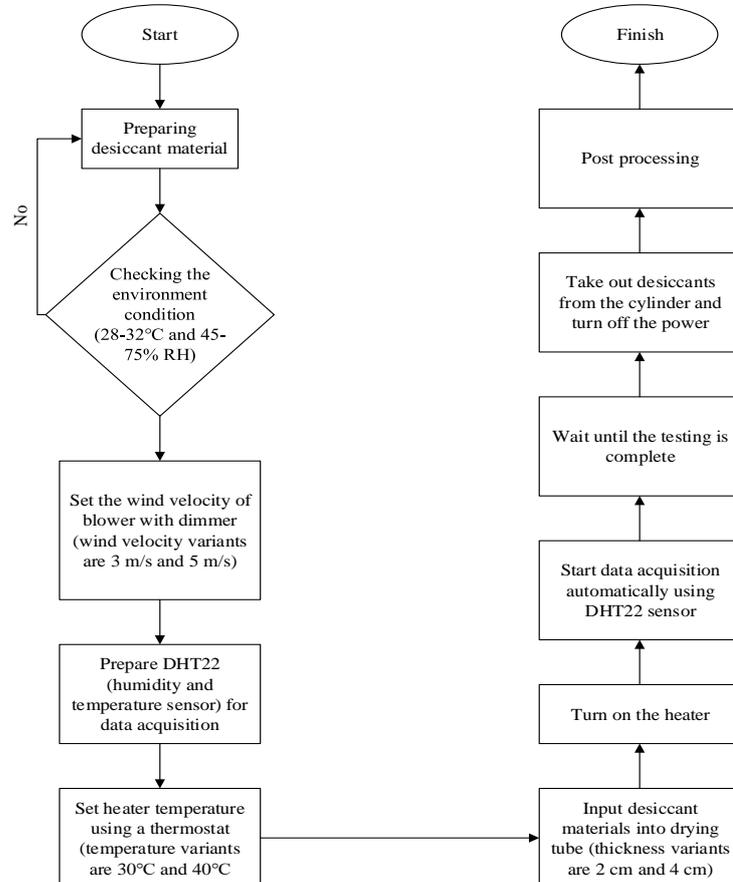
Gambar 2. Skematik Sensor DHT 22

2.4. Prosedur Pengujian

Pada *heater* terdapat *thermostat* yang merupakan salah satu sensor suhu yang berfungsi untuk mengatur suhu *heater* yang akan dialiri oleh udara dari *blower* sehingga udara tersebut memiliki suhu yang diinginkan ketika melewati *desiccant* yang akan diuji. Berikut merupakan prosedur untuk setup sensor *thermostat* sebelum dilakukan pengujian :

- Pertama, sambungkan kabel listrik pada thermostat,
- Setelah thermostat menyala, langkah berikutnya adalah mengatur suhu sesuai kebutuhan,
- Tekan dan tahan tombol up pada thermostat hingga layar berkedip.
- Atur suhu mati sesuai kebutuhan (30°C)
- Selanjutnya mengatur suhu nyala dengan menekan dan tahan tombol down hingga berkedip,
- Atur suhu nyala sesuai kebutuhan (29,5°C)
- Lakukan pengambilan data,
- Ulangi prosedur b hingga g dengan aturan suhu 40°C.

Selanjutnya dilakukan pengujian pengambilan data untuk material silica gel dengan tahap-tahap yang sudah disediakan, hal ini bertujuan untuk mengurangi error yang dipengaruhi oleh lingkungan sekitar serta kondisi alat yang tidak dalam kondisi optimal.

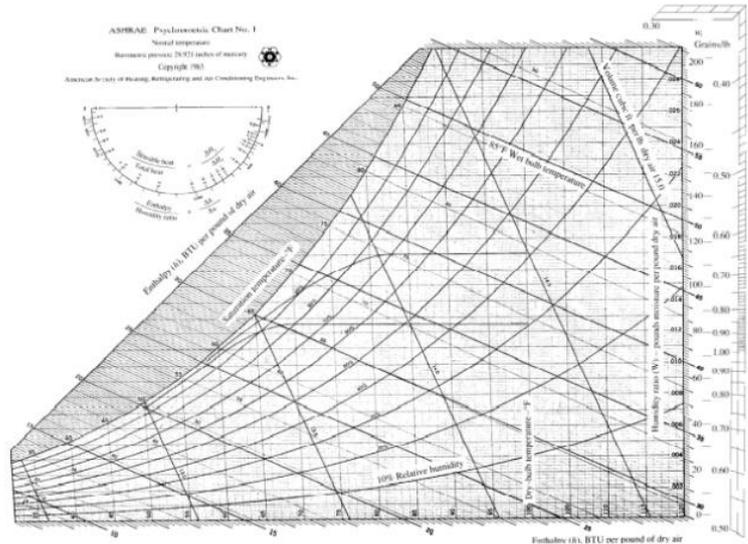


Gambar 3. Diagram Alir Prosedur Pengujian *Desiccant Silica Gel*

2.5. Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengujian, untuk mendapatkan hasil yang diinginkan diperlukan melakukan post processing. Pada tahap ini dilakukan pemrosesan data, dimana data mentah yang diambil dengan sensor diolah menjadi bentuk kontur grafik agar mudah dipahami.

Diagram psikometrik adalah alat untuk memahami hubungan dari berbagai parameter udara dan relative humidity. Diagram ini memungkinkan desainer atau operator mengondisikan udara sesuai yang dibutuhkan atau diinginkan (Hyndman, 2020). Dengan menggunakan diagram psikometrik dapat ditentukan *humidity ratio* dari *relative humidity*.



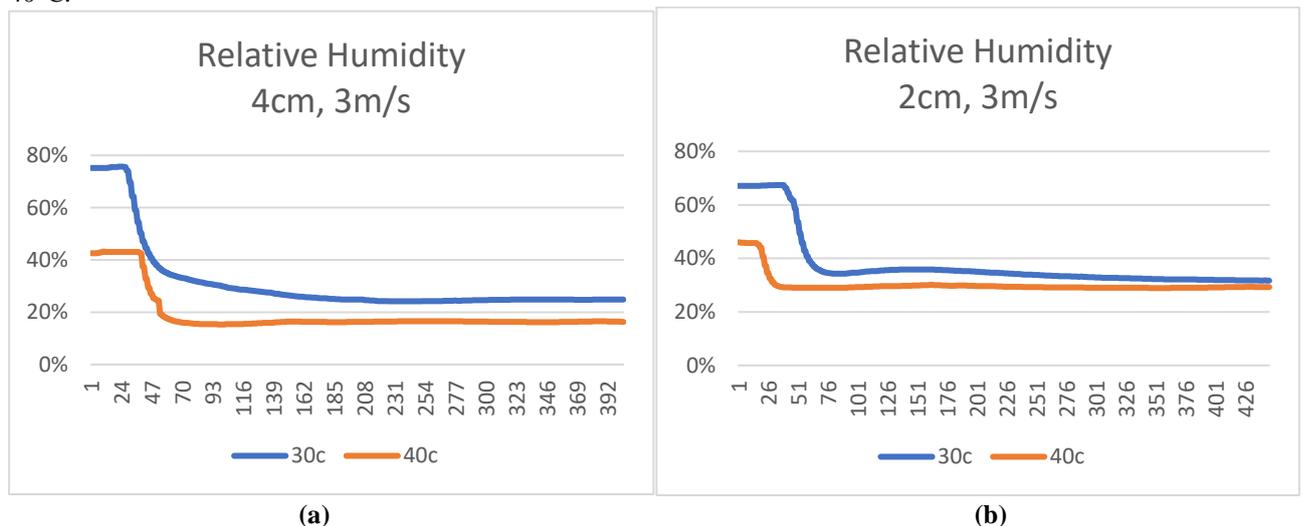
Gambar 6. Diagram Psikometrik [4]

Untuk mempermudah proses kalkulasi *humidity ratio*, digunakan *Add-In Excel PSYCH.XLA*. *Add-In Excel* ini merupakan plugin atau fungsi yang dapat menghitung kandungan pada udara lembab di aplikasi. Dengan fungsi ini, *humidity ratio* dapat mudah dihitung dari *relative humidity*, suhu, dan tekanan atmosfer.

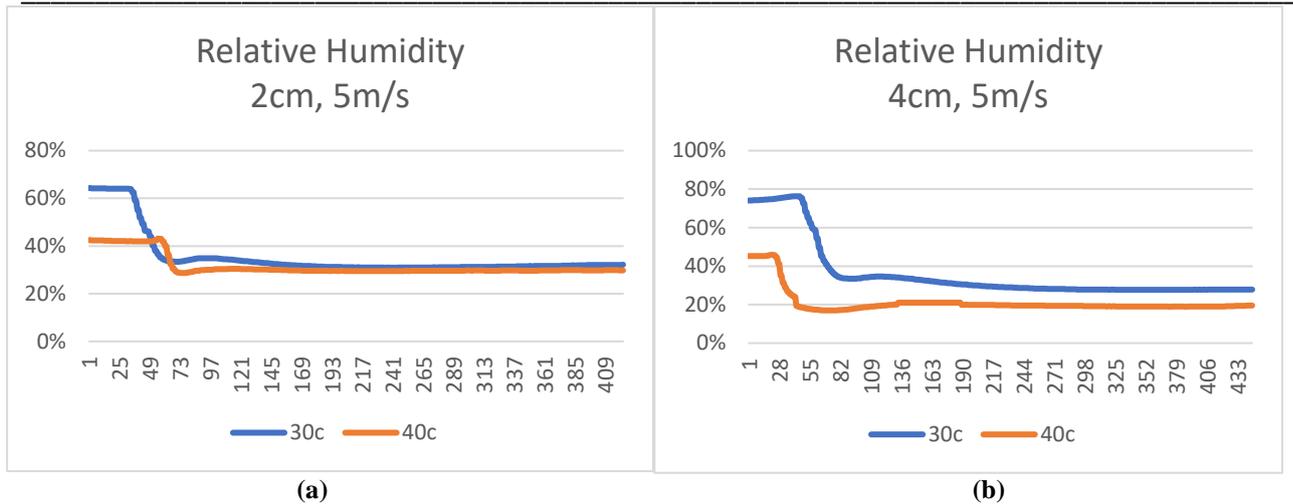
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil dari data perbandingan *relative humidity* terhadap waktu pada *silica gel* dengan suhu 30°C dan 40°C.

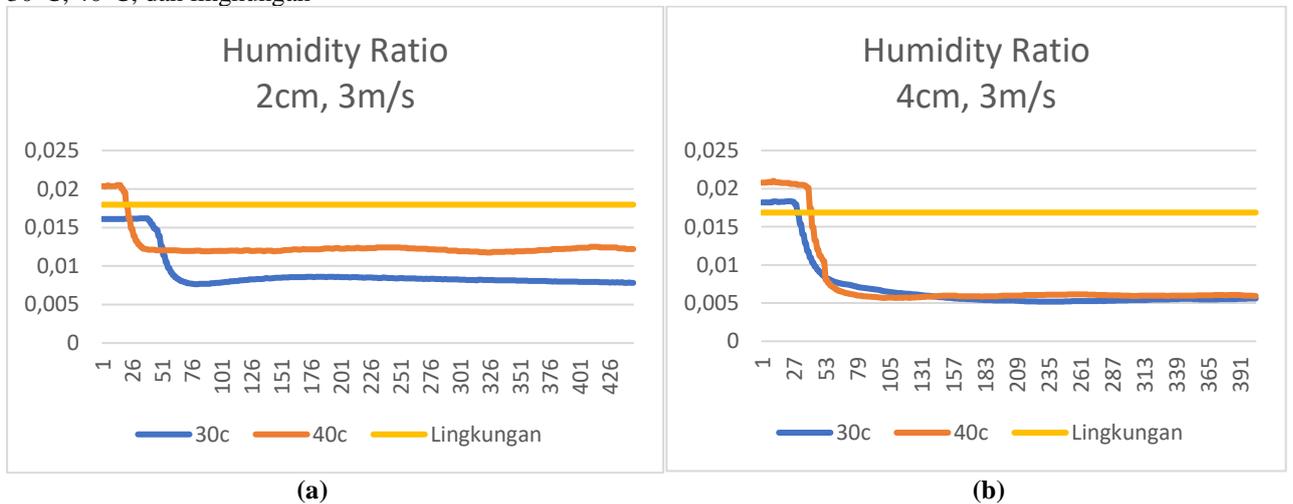


Gambar 7. Relative Humidity pada Variasi Kecepatan 3 m/s dengan ketebalan (a) 4 cm dan (b) 2 cm.

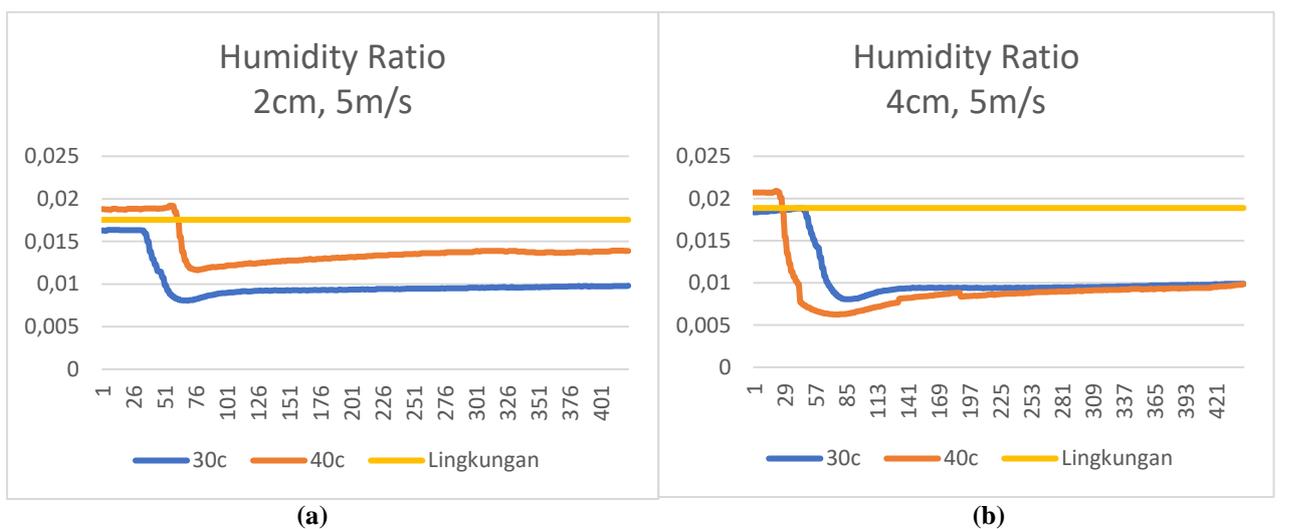


Gambar 8. Relative Humidity pada Variasi Kecepatan 5 m/s dengan ketebalan (a) 2 cm dan (b) 4 cm.

Berikut adalah adalah hasil dari data perbandingan *humidity ratio* terhadap waktu pada *silica gel* dengan suhu 30°C, 40°C, dan lingkungan



Gambar 9. Humidity Ratio pada Variasi Kecepatan 3 m/s dengan ketebalan (a) 2 cm dan (b) 4 cm.



Gambar 10. Humidity Ratio pada Variasi Kecepatan 5 m/s dengan ketebalan (a) 4 cm dan (b) 2 cm.

Dari data yang diperoleh, dapat dilihat variasi suhu menentukan relative humidity awal, dimana pada suhu 40°C, relative humidity lebih rendah daripada pada suhu 30°C. Ini dikarenakan suhu dapat mempengaruhi kelembaban udara, semakin tinggi suhu semakin rendah juga kelembaban (Edar dan Wahyuni, 2021)

Berikut ini adalah tabel tingkat penyerapan air pada *desiccant silica gel* dilihat dari variasi antara suhu, kecepatan udara, dan ketebalan desiccant sehingga dapat diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Selisih Rasio Humidity Antara Lingkungan dengan Hasil Pengujian (kg air/kg udara)

Selisih Rasio Humidity	3 m/s		5 m/s	
	2 cm	4 cm	2 cm	4 cm
30°C	0,010137	0,011248	0,00774	0,008997
40°C	0,005749	0,010928	0,005459	0,009024

Tabel 2. Tingkat Penyerapan Air dari Udara

Tingkat Penyerapan Air	3 m/s		5 m/s	
	2 cm	4 cm	2 cm	4 cm
30°C	56,4%	66,7%	44,1%	47,7%
40°C	32,0%	64,8%	31,1%	47,8%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, beberapa kesimpulan dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Sistem dehumidifikasi udara tertutup bekerja dengan baik dalam mengurangi kelembaban pada udara menggunakan desiccant silica gel.
2. Suhu pemanasan berpengaruh pada kelembaban udara awal, semakin tinggi suhu, semakin rendah kelembaban awalnya.
3. Kecepatan udara dan ketebalan desiccant berpengaruh pada tingkat penyerapan air dalam udara. Dikarenakan pada suhu tinggi kelembaban udara sudah rendah, penyerapan air pada suhu 40°C lebih rendah daripada pada suhu 30°C.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brundrett, G.W., "Handbook of Dehumidification Technology", Butterworths: London, 2013
- [2] Ge, Fenghuang dan Wang, Cong, *Exergy analysis of dehumidification systems: A comparison between the condensing dehumidification and the desiccant wheel dehumidification*, Elsevier : *Energy Conversion and Management*, Vol. 224. 113343. 2020
- [3] Fahmiati, Nuryono, dan Narsito, Termodinamika Adsorpsi Cd(II), Ni(II), dan Mg(II) pada Silika Gel Termodifikasi 3-Merkapto-1,2,4-Triazol, *Indonesian Journal of Chemistry*, Vol. 6 (1): 52-55. 2006.
- [4] Hindryawati, N dan Alimuddin, Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH), *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol. 7. (2). 1693-5616. 2010
- [5] Edar, Ahmad Nadhil dan Wahyuni, Arinda, Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi, *Jurnal Arsitektur, Kota, dan Pemukiman*, 2502-4892. 2021.
- [6] Weintraub, S., *Demystifying Silica Gel, Object Specialty Group Postprints*. Vol. 9. 2002
- [7] Yao, Y., Yang, K., Liu, S., *Study on the Performance of Silica Gel dehumidification system with ultrasonic-assisted regeneration*, *Elsevier Energy*. Vol. 66. 799-809. 2014
- [8] Liu, Y., Zheng, P., Wu, H., Zhang, Y., *Preparation and Dynamic Moisture Adsorption of fiber belt/silica Aerogel composites with ultra-low adsorption rate*, *Elsevier Construction and Building Materials*. Vol. 363. 129825. 2023
- [9] Zaini, H., Sami, M., Penyisihan Pb(II) dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Sistem Kolom dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah, *Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)*. 8-14. 2015
- [10] Hyndman, B., "Clinical Engineering Handbook (Second Edition)", Elsevier, 2020