

PENGERINGAN UDARA DENGAN SISTEM DRYER FLUIDIZED MENGGUNAKAN MATERIAL DESICCANT SILICA GEL

*Eka Setya Budi¹, 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: ekasetyabudi@students.undip.ac.id

Abstrak

Pengeringan udara/dehumidifikasi merupakan proses menghilangkan kelembaban atau uap air di udara. Kandungan uap air yang tinggi di udara dapat menimbulkan sejumlah masalah seperti yang ditimbulkan ketika uap air tinggi atau lembab salah satunya adalah dapat menurunkan kemampuan fisik tubuh dan dapat menyebabkan kelelahan terlalu dini pada aktivitas seseorang sehingga dilakukan pengeringan udara. Udara orang Indonesia pribumi yang memakai pakaian harian biasa, batas nyaman optimal adalah 28°C dan kelembaban relatif 70% atau 25,8°C temperatur efektif, dan batas bawah adalah 24°C dan kelembaban udara relatif 80% atau 22,8°C temperatur efektif. Pengeringan udara yang dilakukan menggunakan desiccant dengan system fluidized bed dryer. Ada 2 jenis desiccant yang dapat digunakan, yaitu desiccant cair dan padat. Salah satu desiccant padat sendiri yang paling umum yaitu sillica gel yang akan digunakan dalam pengujian ini, dikarenakan selain sillica gel yang mudah dicari, juga strukturnya sangat berpori dan permukaan dalamnya per satuan volume sangat tinggi, kira-kira 250 m²/cm³. Sillica gel menyerap uap air dari udara dikarenakan perbedaan tekanan uap dan mampu menyerap uap air sampai 20-30% dari berat keringnya. Untuk fluidized bed dryer secara luas digunakan di berbagai industri karena cocok untuk skala yang besar, biaya konstruksi yang rendah, pengoperasian yang mudah, dan efisiensi termal yang tinggi. Dalam pengeringan udara untuk dapat melihat hasil menggunakan arduino uno dan sensor DHT22 yang terhubung dengan computer, kemudian data yang dihasilkan diolah melalui proses akuisi data. Didapatkan nilai pengujian penurunan rasio kelembaban hasil penurunan yang terbaik terjadi pada variasi kecepatan udara 3m/s pada temperature udara 40°C dengan ketebalan material silica gel 4 cm, yaitu sebesar 0.00495 kg/kg.

Kata kunci: data akuisisi; dehumidifikasi; desiccant; fluidized dryer; sillica gel

Abstract

Air drying/dehumidification is a process of removing moisture or moisture in the air. High water vapor content in the air can cause a number of problems such as those caused when high moisture or humidity, one of which is that it can reduce the body's physical abilities and can cause fatigue too early in one's activities so that air drying is carried out. For native Indonesians who wear ordinary daily clothes, the optimal comfortable limit is 28°C and 70% relative humidity or 25.8°C effective temperature, and the lower limit is 24°C and 80% relative humidity or 22.8°C effective temperature. Air drying was carried out using a desiccant with a fluidized bed dryer system. There are 2 types of desiccant that can be used, namely liquid and solid desiccant. One of the most common self-solid desiccants, namely silica gel, will be used in this test, because apart from being easy to find, silica gel also has a very porous structure and a very high internal surface per unit volume, approximately 250 m²/cm³. Sillica gel absorbs water vapor from the air due to differences in vapor pressure and is able to absorb water vapor up to 20-30% of its dry weight. Fluidized bed dryers are widely used in various industries due to their large scale, low construction costs, easy operation, and high thermal efficiency. In air drying to be able to see the results using Arduino Uno and a DHT22 sensor connected to a computer, then the resulting data is processed through a data acquisition process. It was found that the test value for decreasing the humidity ratio resulted in the best reduction occurring at a variation of air speed of 3m/s at an air temperature of 40°C with a thickness of 4 cm silica gel material, which was 0.00495 kg/kg

Keywords: data acquisition; dehumidification; desiccant; fluidized dryer; silica gel

1. Pendahuluan

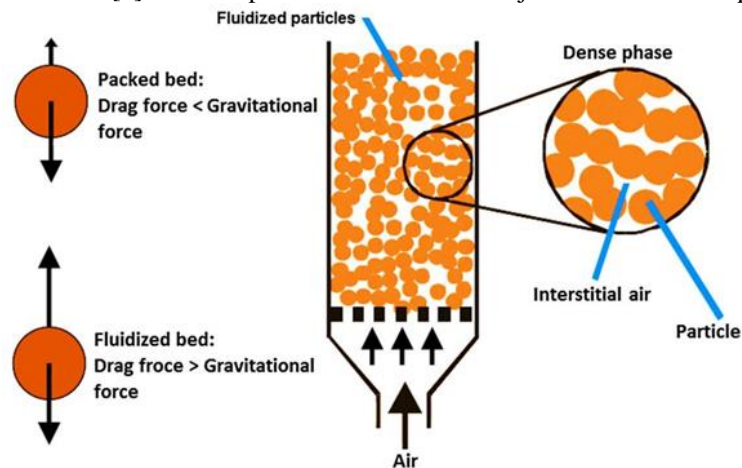
Pengeringan udara / dehumidifikasi merupakan proses menghilangkan kelembaban atau uap air di udara. Kandungan uap air yang tinggi di udara dapat menimbulkan sejumlah masalah [1]. Masalah yang ditimbulkan ketika uap air tinggi atau lembab salah satunya adalah dapat menurunkan kemampuan fisik tubuh dan dapat menyebabkan kelelahan terlalu dini pada aktivitas seseorang sehingga dilakukan pengeringan udara [2]. Udara orang Indonesia pribumi yang memakai pakaian harian biasa, batas nyaman optimal adalah 28°C dan kelembaban relatif 70% atau $25,8^{\circ}\text{C}$ temperatur efektif, dan batas bawah adalah 24°C dan kelembaban udara relatif 80% atau $22,8^{\circ}\text{C}$ temperatur efektif [3]. Dalam pertunanan benang, udara panas dalam ruangan yang merubah nilai suhu dan kelembaban standar pada pabrik pertunanan berubah, mengakibatkan terjadinya banyak benang yang putus. Nilai standar yang digunakan di dalam perusahaan untuk ruang pertunanan adalah suhu 29°C dan RH 60% [4]. Pada pertambangan, temperatur yang diperbolehkan oleh Keputusan Menteri dan Energi No. 555.K/M.PE/1995 yaitu berkisar antara 18°C - 24°C dan kelembaban relatif 85% [5]. Dalam melakukan proses pengeringan udara, terdapat tiga jenis metode menghilangkan kelembaban dari udara yaitu refrigerant dryer, desiccant dryer, dan membrane dryer digunakan dalam pengering udara.

Manfaat pengering udara dapat digunakan untuk pengeringan pada produk, alat pneumatik, alat pendingin dengan desiccant, dan alat pengontrol kelembaban pada ruangan. Pengering udara juga dapat digunakan di beberapa bidang seperti konstruksi, pertambangan, militer, medis, telekomunikasi, kelautan, pembangkit listrik, otomotif dan robotika [6].

Selain jenis pengering udara di atas, ada juga jenis pengering udara yang lain seperti fluidized bed dryer yang memiliki prinsip kerja memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang dilewatkan menembus hamparan bahan sehingga hamparan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida. Kunggulan pengering ini cocok untuk skala besar dan mudah dalam pengoperasiannya, namun memerlukan energi listrik besar jika semakin besar kecepatannya [7].

Secara umum, fluida dalam bentuk gas dialirkan menggunakan blower ataupun kompresor. Ketika sekumpulan partikel padat atau bed digerakan dengan skema ini, maka terjadilah fenomena fluidized bed, dimana sekumpulan partikel padat dapat bergerak dan memiliki karakteristik seperti sebuah fluida [8].

Fenomena fluidized bed tidak serta merta terjadi saat fluida dialirkan secara vertikal terhadap bed. Bed tetap dalam keadaan stasioner pada kecepatan fluida yang rendah, sehingga disebut packed atau fixed bed. Partikel padat dalam bed akan mengalami ekspansi atau memisah satu sama lain saat kecepatan fluida dinaikkan secara bertahap. Kecepatan fluida akan mencapai titik dimana gaya drag yang dikenakan oleh fluida pada partikel padat diseimbangkan dengan berat total partikel padat tersebut. Pada titik inilah partikel padat mulai mengapung berkat aliran fluida yang mengarah ke atas, dan disebut titik fluidisasi minimum [9]. Ilustrasi perubahan fixed bed menjadi fluidized bed dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Fenomena Fixed Bed menjadi Fluidized Bed [10]

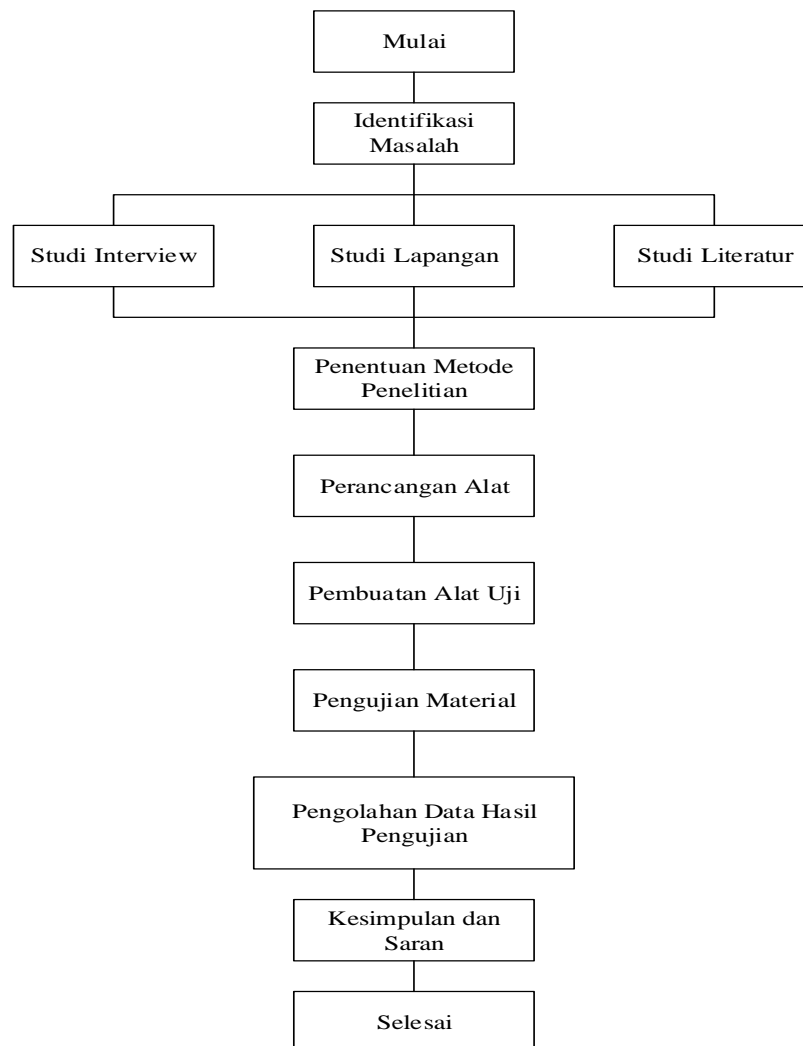
Dengan memperhatikan beberapa hal di atas, maka dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat menghasilkan udara kering. Karena pentingnya udara kering pada kehidupan manusia dan mahalnya alat penunjang maka agar dapat menghasilkan alat dengan biaya rendah dan pengoperasian yang mudah, maka dirancang sistem pengering udara / dehumidifier menggunakan desiccant dengan sistem fluidized bed dryer. Ada 2 jenis desiccant yang dapat digunakan, yaitu desiccant cair dan padat. Desiccant padat yang digunakan dalam pengeringan biasanya merupakan senyawa kimia, seperti polimer sintetik, silika gel, titanium silikat, zeolit alami atau sintesis, carbon aktif, alumina aktif, dll. Salah satu desiccant padat sendiri yang paling umum yaitu silica gel yang akan digunakan dalam pengujian ini, dikarenakan selain silica gel yang mudah dicari, juga strukturnya sangat berpori dan permukaannya dalamnya per satuan volume sangat tinggi, kira-kira $250 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ [11] Dan juga dapat dilihat ketika sudah tidak aktif maka akan berubah warna dari biru menjadi warna pink. Silica gel menyerap uap air dari udara dikarenakan perbedaan tekanan uap dan mampu menyerap uap air sampai 20-30% dari berat keringnya [12].

2. Metode Penelitian

Berikut merupakan urutan metode penelitian yang dilakukan.

2.1. Diagram Alir Penelitian

Langkah awal penelitian ini adalah identifikasi masalah untuk topik yang dibahas dalam penelitian tugas akhir. Kemudian dilakukan studi interview, studi lapangan, dan studi literatur untuk mencari referensi terkait pengeringan udara, jenis pengering udara *fluidized bed dryer*, material desiccant, desiccant silica gel, kelembaban relatif, dan rasio kelembaban. Kemudian dilakukan metode yang akan dilakukan dalam penelitian. Kemudian dilakukan perancangan alat dengan diawali dengan pembelian bahan, dengan pertimbangan nilai ekonomis harga dan kebutuhan fungsi pada alat. Langkah selanjutnya Kemudian dilakukan pembuatan alat uji yaitu dengan pembuatan bagian utama bed untuk material, penempatan sensor arduino dan DHT22, penempatan *finned heater*, penempatan *termostat*, dan penempatan *dimmer* pada blower. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian yang kemudian data hasil pengujian dilakukan proses pengolahan data. Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dari hasil pengujian dan penarikan saran terhadap pengujian yang telah dilakukan. Penelitian dalam tugas akhir ini diilustrasikan dalam diagram alir pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2. Kriteria Perancangan

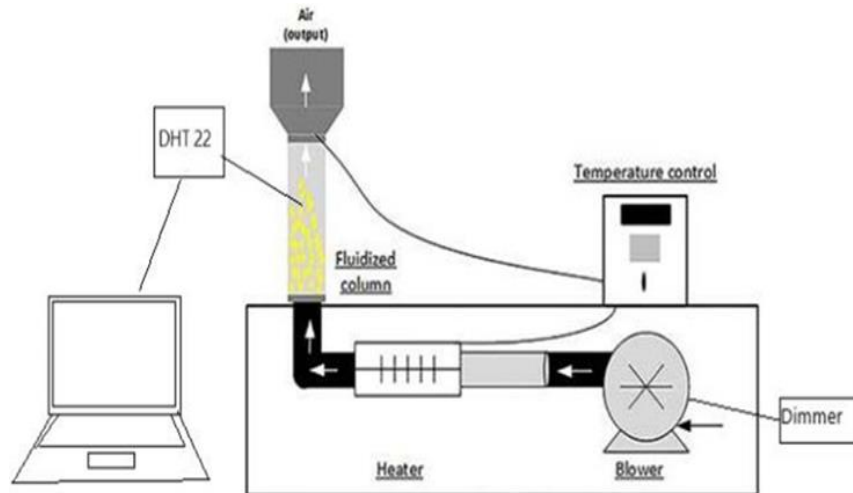
Alat yang dirancang harus memenuhi kriteria pada penelitian yang diberikan sebagai berikut :

1. Mampu memberikan aliran udara yang stabil dari blower hingga tabung ventilasi.
2. Mampu menahan tekanan yang diberikan oleh material tanpa adanya kebocoran.
3. Alat dapat bekerja tanpa mempengaruhi hasil uji.
4. Aliran udara yang masuk dapat mencapai 5m/s variasi kecepatan dan dapat mendorong material dengan massa hingga 1kg
5. Dapat menerima daya panas hingga 50°C.

2.3 Skema Alat dan Prosedur Pengujian

2.3.1 Skema Alat Pengujian

Penelitian mengenai pengeringan udara menggunakan material desiccant silica gel dengan sistem fluidized bed dryer dilakukan pada Laboratorium Termofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Skema alat pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Pengujian Desiccant Sillica Gel Dengan Sistem Fluidized Dryer

Alat yang digunakan *dryer fluidize*. Penjelasan mengenai alat dryer fluidize ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi alat pengering

<i>Fluidized Bed Dryer</i>	
Blower	Tegangan 220/240 V, arus listrik 0,14, dan tekanan 600 Pa.
Heater	Daya 150 Watt, Tegangan 220 V, Cycle 50 Hz, Flow rate 192 m ³ /h.
Sensor DHT 22	Daya 3,3 – 6 Volt DC, Rentang deteksi kelembaban: 0-100% RH (akurasi $\pm 2\%$ RH), Rentang deteksi suhu: $-40^{\circ} \sim +80^{\circ}$
Thermostat	Tegangan AC 220 V, Max kontrol AC 220 V~1500 W, Suhu -50°C s/d 110°C
Arduino Uno	Mikrokontroler Atmega328, 14 digital, 16 MHz osilator kristal, USB, Tegangan AC-DC.
Berat	± 5 Kg
Konektivitas	Wi-Fi, Kabel USB, SD Card
Material	Carbon Aktif

2.3.2 Prosedur Pengujian

Pada tugas akhir ini, 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. Tahap-tahap prosedur pengujian material, yaitu:

1. Pertama, siapkan material desiccant yang akan dilakukan pengujian
2. Selanjutnya, lakukan pengecekan kondisi lingkungan (28°C - 32°C dan 55 – 65% RH). Jika kondisi lingkungan belum sesuai dengan kondisi tertera maka tunggu dan lakukan pengecekan ulang. Jika kondisi lingkungan sudah berada pada kondisi lingkungan normal, maka pengujian bisa dilanjutkan.
3. Siapkan blower dan atur kecepatannya menggunakan dimmer pada kecepatan udara 3m/s
4. Siapkan sensor DHT22 untuk pengambilan data
5. Atur suhu heaternya pada suhu 30°C menggunakan thermostat
6. Masukkan desiccant silica gel dengan ketebalan 2 cm ke dalam tabung penyimpanan material desiccant
7. Nyalakan heaternya
8. Mulai pengambilan data otomatis dengan sensor DHT22 selama 30 menit
9. Keluarkan desiccant dari tabung penyimpanan material desiccant

10. Melakukan post procecing
11. Kemudian lakukan kembali langkah diatas untuk setiap pengujian pada variasi kecepatan udara blower 5m/s, variasi suhu 40°C, dan variasi ketebalam material desiccant 4cm dengan mengganti settingan pada dimmer, thermostat, dan ketebalan materialnya tergantung pada variasi pengujian yang akan dilakukan.

2.3.3 Data Akuisisi

Proses akuisi data merupakan proses pengumpulan data awal yang selanjutnya akan diubah ke data akhir setelah melalui beberapa tahapan analisis data dan persiapan data, yang nantinya data akhir akan digunakan dalam proses pemodelan yang akan menghasilkan suatu model [13], seperti model yang akan digunakan dalam pengujian pengeringan udara yang dilakukan dalam tugas akhir ini. Tujuan utama dari penggunaan data akuisisi yakni untuk mempercepat proses pengumpulan data, efisiensi pengambilan data serta mempermudah dan mempercepat proses pengambilan data.

1. Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Arduino Uno dapat di hubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB, listrik dengan AC to DC connector atau baterai untuk menjalankannya

2. Sensor Suhu dan Kelembaban DHT 22

DHT22 adalah sensor yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban kapasitif digital yang berisi senyawa yang telah dikalibrasi dengan keluaran sinyal digital. DHT22 memiliki sensor kelembapan, sensor suhu dengan ketelitian yang tinggi serta tersambung dengan 8 bit Microcontroller. Produk memiliki kulaitas yang baik, respon yang cepat, kemampuan Anti-jamming, serta biaya yang tinggi. Setiap sensor memiliki akurasi kalibrasi yang sangat tinggi pada kalibrasi ruang. mekaismenya, koefisien kalibrasi tersimpan di microcontroller, lalu tiap ketukannya sensor memanggil nilai koefisien. Dengan tampilan muka tunggal, sistem terintegrasi dengan cepat dan mudah. Ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, jarak transimi sinyal mencapai 20 meter, membuat sensor ini menjadi pilihan yang terbaik untuk berbagai hal dan bahkan pada penggunaan tertentu.

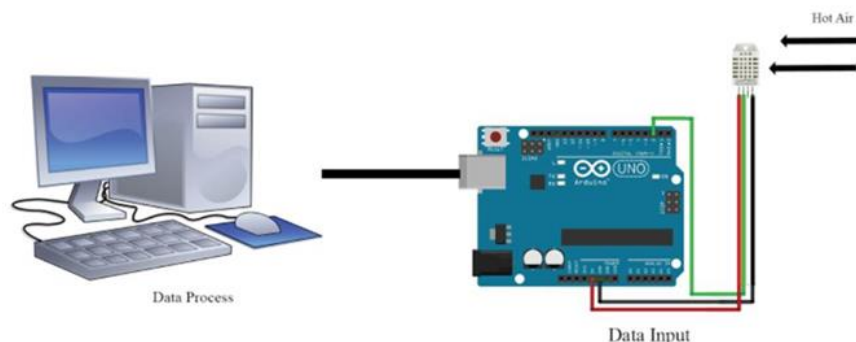


Gambar 4. Sensor suhu dan kelembaban DHT22 (AM2302)

Program dalam akuisisi data pengujian dilakukan menggunakan arduino uno dengan bahasa C yang di program untuk mengambil sampel sensor setiap 10 detik selama 30 menit, dimana total sampel yang didapat untuk setiap pengujian sejumlah 180 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.

Skematik sensor DHT22 yang digunakan pada proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skematik sensor DHT22

2.3.4 Post Processing

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

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini telah dilakukan dengan alat uji fluidized bed dryer menggunakan material desiccant sillica gel. Pengujian dilakukan pada malam hari agar kondisi RH pada saat pengujian selalu stabil sehingga penyimpangan data dapat diminimalisir. Variabel yang diteliti dalam pengujian ini adalah rasio kelembaban (humidity ratio) setelah melewati desiccant bed selama 30 menit dengan variasi kecepatan udara, temperatur udara, dan ketebalan material. Setting variasi yang digunakan pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Setting yang digunakan pada pengujian

No.	Variasi Kecepatan	Material Sillica Gel dengan suhu	Ketinggian material pengujian
1	3 m/s	30°C	2 cm
2	3 m/s	40°C	2 cm
3	3 m/s	30°C	4 cm
4	3 m/s	40°C	4 cm
5	5 m/s	30°C	2 cm
6	5 m/s	40°C	2 cm
7	5 m/s	30°C	4 cm
8	5 m/s	40°C	4 cm

3.1 Hasil Pengujian Sillica Gel dengan Fluidized Bed Dryer

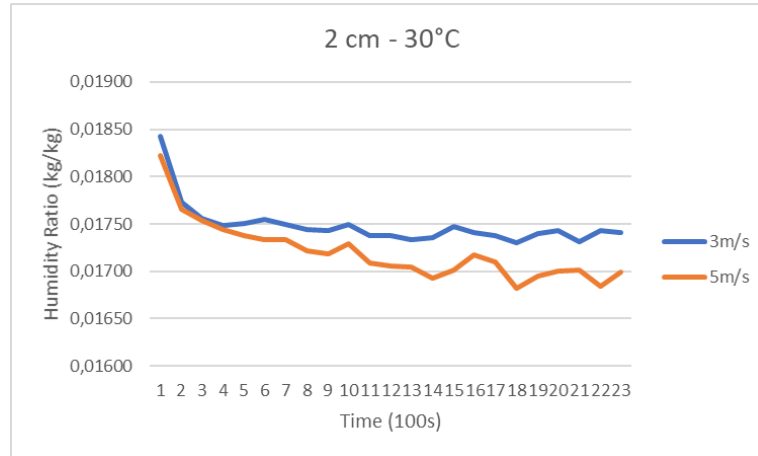
Tabel 3. Hasil Humidity Ratio Sillica Gel

3m/s								5m/s							
2cm				4cm				2cm				4cm			
30c		40c		30c		40c		30c		40c		30		40	
Ø	T	Ø	T	Ø	T	Ø	T	Ø	T	Ø	T	Ø	T	Ø	T
0,01842	29,5	0,02172	29,55	0,02092	30,7	0,02276	30	0,01822	29,85	0,02106	28,95	0,02092	30,7	0,02164	29
0,01773	28,55	0,02289	31,8	0,01839	28,3	0,02202	31	0,01766	28,4	0,02320	31,8	0,01711	27,1	0,02202	31
0,01755	28,15	0,02497	34,05	0,01861	27,7	0,02230	32	0,01754	28,6	0,02595	34,85	0,01773	26,9	0,02230	32
0,01749	28,05	0,02432	35	0,01855	27,8	0,02207	33,25	0,01744	28,9	0,02586	35,65	0,01778	27,1	0,02137	32,7
0,01750	28,1	0,02461	36,1	0,01845	27,6	0,02187	34	0,01737	29,15	0,02591	37,6	0,01823	27,4	0,02028	32,7
0,01755	28,25	0,02374	36,7	0,01835	27,6	0,02154	35,05	0,01734	29,4	0,02497	38,1	0,01824	27,5	0,02142	34,95
0,01749	28,35	0,02360	37,5	0,01817	27,65	0,02132	35,7	0,01733	29,55	0,02427	39,2	0,01822	27,7	0,02119	35,6
0,01744	28,45	0,02279	37,95	0,01850	28	0,02084	36,55	0,01721	29,75	0,02408	40,35	0,01839	27,9	0,02020	36
0,01744	28,6	0,02248	38,55	0,01842	28,1	0,02058	37,1	0,01718	29,85	0,02342	40,75	0,01820	27,9	0,01958	36
0,01749	28,8	0,02193	38,95	0,01826	28,05	0,01992	37,7	0,01729	30	0,02322	41,8	0,01843	28,2	0,01916	37
0,01738	28,9	0,02130	39,15	0,01803	28,25	0,01992	38,2	0,01708	30	0,02300	42,25	0,01820	28,4	0,01981	38,1
0,01737	29,05	0,02131	39,7	0,01797	28,4	0,01959	38,75	0,01705	30,05	0,02224	42,55	0,01786	28,3	0,01941	38,5
0,01733	29,15	0,02048	39,85	0,01793	28,5	0,01973	39,45	0,01705	30,1	0,02182	43	0,01793	28,5	0,01924	39
0,01736	29,3	0,02070	40,45	0,01783	28,6	0,01912	39,85	0,01693	30,15	0,02212	43,55	0,01783	28,6	0,01927	40
0,01747	29,5	0,02074	41,2	0,01781	28,75	0,01898	40,3	0,01701	30,2	0,02081	43,4	0,01755	28,5	0,01980	41,5
0,01741	29,6	0,02083	41,6	0,01776	28,95	0,01865	40,65	0,01717	30,35	0,02020	43	0,01750	28,7	0,01896	41
0,01737	29,8	0,02050	41,95	0,01748	29,1	0,01871	41,1	0,01710	30,35	0,02054	44	0,01717	28,8	0,01912	41,5
0,01730	29,9	0,01966	41,35	0,01745	29,15	0,01853	41,35	0,01682	30,3	0,01974	43,1	0,01709	28,8	0,01842	41,25
0,01740	30	0,01917	41,55	0,01731	29,35	0,01831	41,65	0,01695	30,35	0,01970	44	0,01686	28,9	0,01822	41,8
0,01743	30,15	0,01943	41,75	0,01710	29,5	0,01805	41,85	0,01701	30,45	0,01956	43,2	0,01660	29	0,01793	42
0,01732	30,2	0,01916	42,05	0,01693	29,6	0,01808	42,15	0,01701	30,5	0,01964	43,8	0,01643	29,1	0,01798	42,05
0,01743	30,3	0,01901	41,9	0,01689	29,75	0,01801	42,35	0,01684	30,5	0,01951	43,9	0,01635	29,2	0,01768	41,9
0,01741	30,4	0,01895	42,4	0,01624	29,5	0,01781	42,75	0,01699	30,65	0,01843	44	0,01610	29,6	0,01769	43

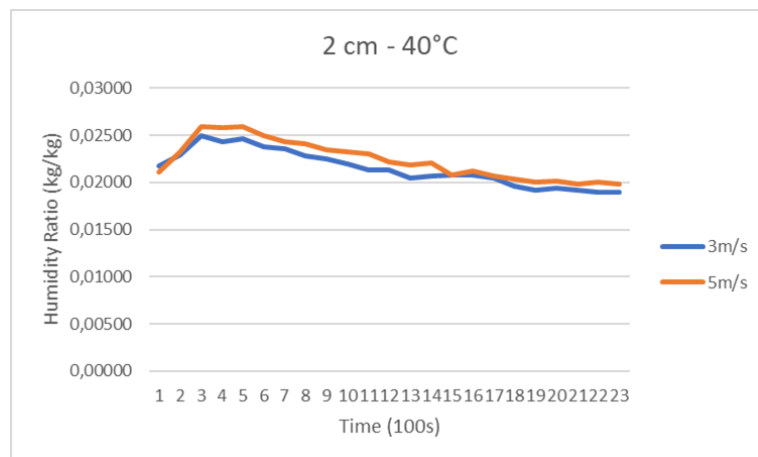
Dari Tabel 3 dapat dilihat nilai dari material uji kelembaban meliputi nilai rasio kelembaban (\emptyset kg/kg) dan temperatur (T). Dari hasil pengambilan data, dapat digambarkan grafik pada setiap variasi ketebalan material, kecepatan udara pengering, dan suhu yang dibutuhkan paada setiap pengujiannya.

1. Humidity Ratio terhadap Ketebalan

Hasil pengujian menggunakan sillica gel dengan ketebalan 2 cm, didapatkan rasio kelembaban yang ditampilkan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 6. Humidity Ratio Pada Sillica Gel 2 cm dengan Variasi Suhu 30°C

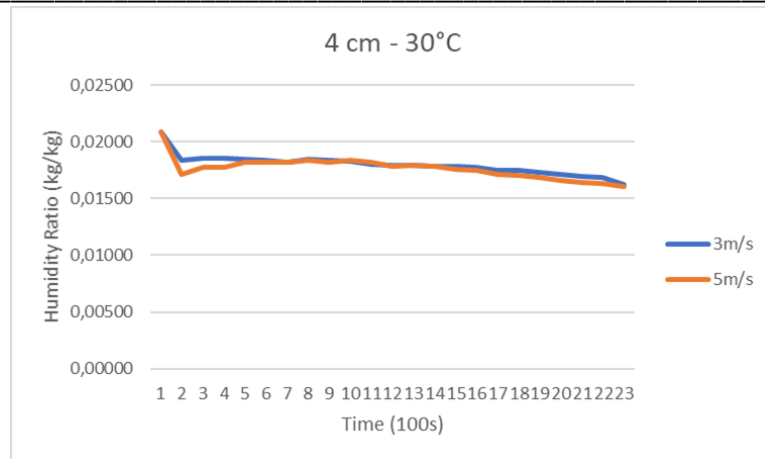


Gambar 7. Humidity Ratio Pada Sillica Gel 2 cm dengan Variasi Suhu 40°C

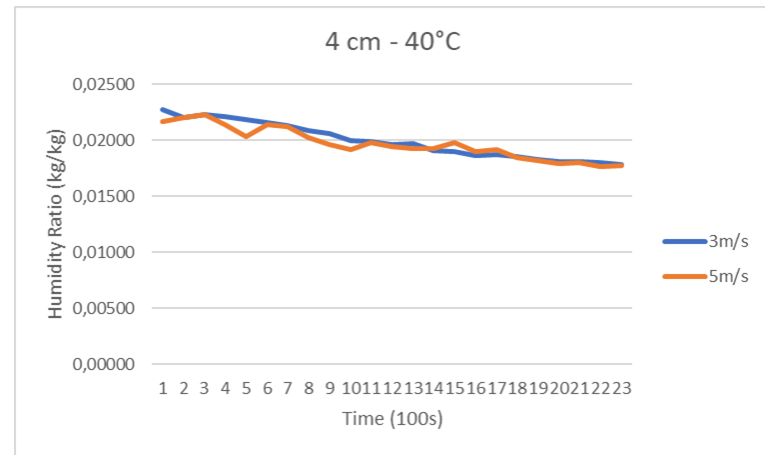
Pada Gambar 6 dan 7 terdapat 2 grafik untuk *humidity ratio* terhadap ketebalan desiccant 2 cm. Pada variasi terhadap ketebalan material pengering 2cm menggunakan suhu 30°C dan 40°C pada kecepatan blower 3m/s dan 5m/s. Untuk kedua grafik tersebut mempunyai nilai penurunan kelembaban ratio yang paling rendah yaitu variasi kecepatan 3m/s dengan menggunakan suhu 40°C sebesar 0,00277kg/kg.

2. Humidity Ratio terhadap Ketebalan 4cm

Hasil pengujian menggunakan sillica gel dengan ketebalan 4 cm, didapatkan rasio kelembaban yang ditampilkan dalam bentuk grafik berikut.



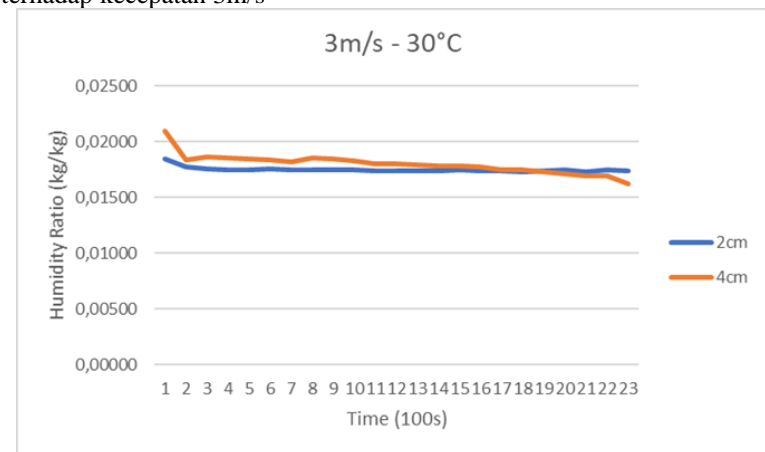
Gambar 8. Humidity Ratio Pada Sillica Gel 4 cm dengan Variasi Suhu 30°C



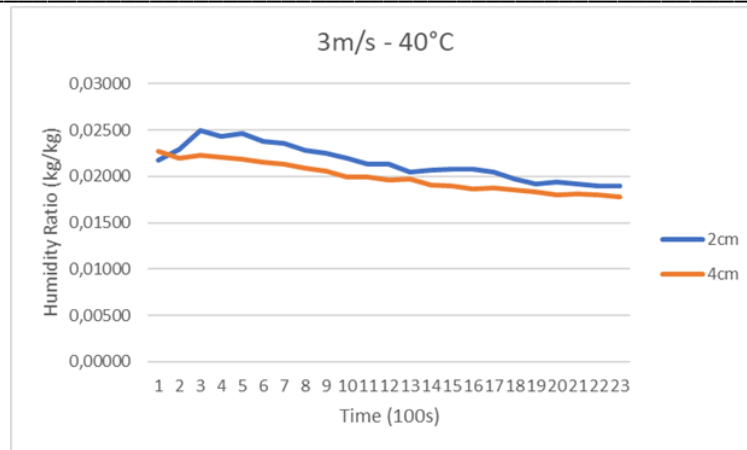
Gambar 9. Humidity Ratio Pada Sillica Gel 4 cm dengan Variasi Suhu 40°C

Pada gambar 8 dan 9 terdapat 2 grafik untuk *humidity ratio* terhadap ketebalan desiccant 4 cm. Pada variasi terhadap ketebalan material pengering 4 cm menggunakan suhu 30°C dan 40°C pada kecepatan blower 3m/s dan 5m/s. Untuk kedua grafik tersebut mempunyai nilai penurunan kelembaban ratio yang paling rendah adalah grafik 3 m/s dengan ketebalan 4cm dengan suhu 40°C dengan penurunan 0,00495 kg/kg.

3. *Humidity Ratio* terhadap kecepatan 3m/s



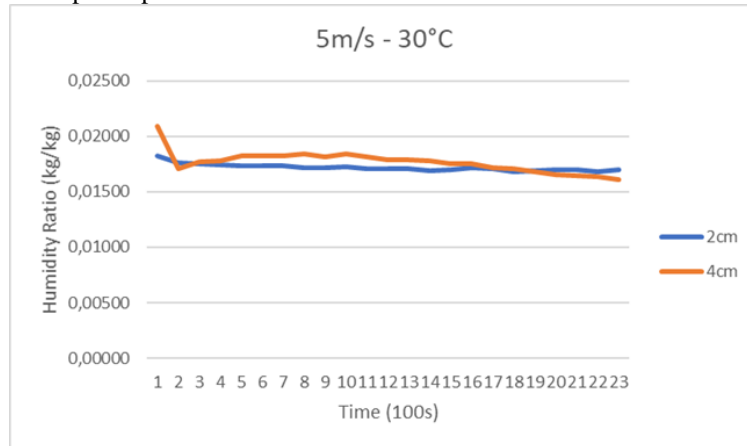
Gambar 10. Humidity Ratio Pada Kecepatan Udara 3m/s dan Suhu 30°C



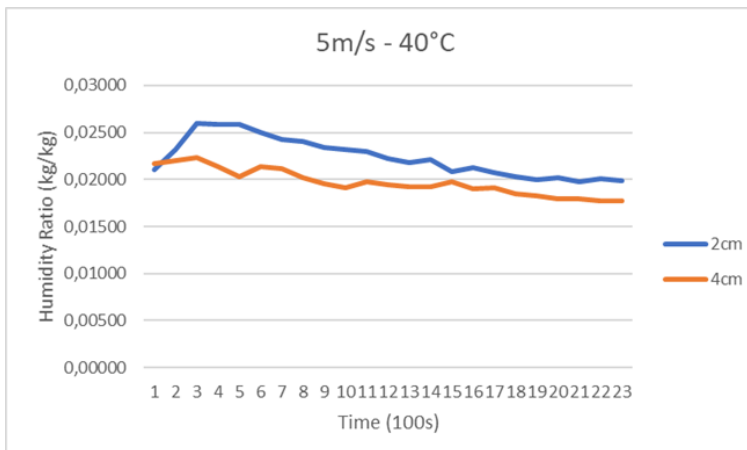
Gambar 11. Humidity Ratio Pada Kecepatan Udara 3m/s dan Suhu 40°C

Pada gambar 10 dan 11 terdapat 2 grafik untuk *humidity ratio* terhadap kecepatan udara 3m/s. Pada variasi terhadap kecepatan 3m/s menggunakan suhu 30°C dan 40°C pada ketebalan material 2 cm dan 4 cm. Untuk kedua grafik tersebut mempunyai nilai penurunan kelembaban rasio yang paling rendah adalah grafik 3 m/s dengan ketebalan 4 cm pada suhu 40°C dengan penurunan 0,00277 kg/kg. Tetapi pada pengujian awal grafik menggambarkan pada material ini terdapat kenaikan humidity ratio 0,004 kg/kg.

4. *Humidity Ratio* terhadap kecepatan 5m/s



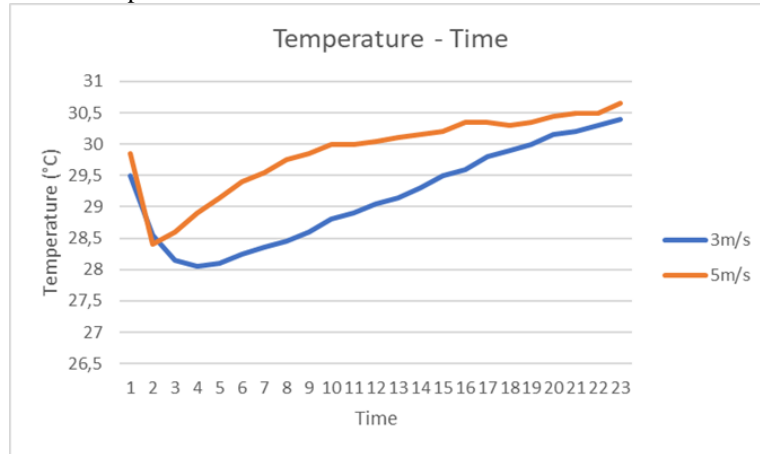
Gambar 12. Humidity Ratio Pada Kecepatan Udara 5m/s dan Suhu 30°C



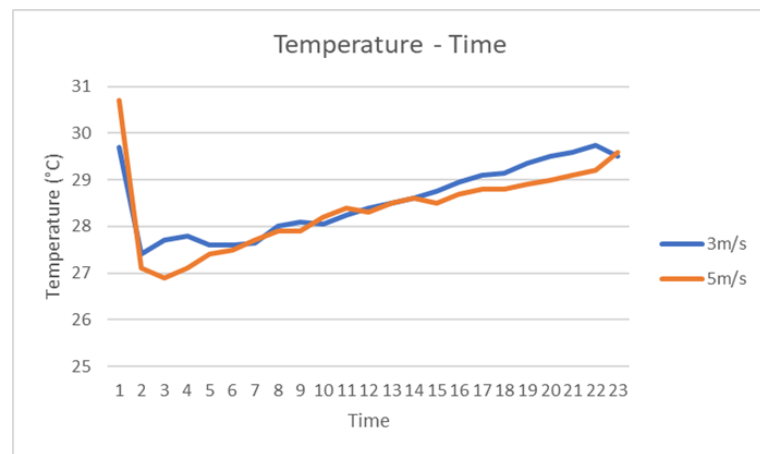
Gambar 13. Humidity Ratio Pada Kecepatan Udara 5m/s dan Suhu 40°C

Pada gambar 12 dan 13 terdapat 2 grafik untuk *humidity ratio* terhadap kecepatan udara 5m/s. Pada variasi terhadap kecepatan 3m/s menggunakan suhu 30°C dan 40°C pada ketebalan material 2 cm dan 4 cm. Untuk kedua grafik tersebut mempunyai nilai penurunan kelembaban rasio yang paling rendah adalah grafik 5m/s dengan ketebalan 4 cm pada suhu 30°C dengan penurunan sebesar 0,00482 kg/kg.

5. Grafik *Temperature* terhadap Suhu Udara 30°C



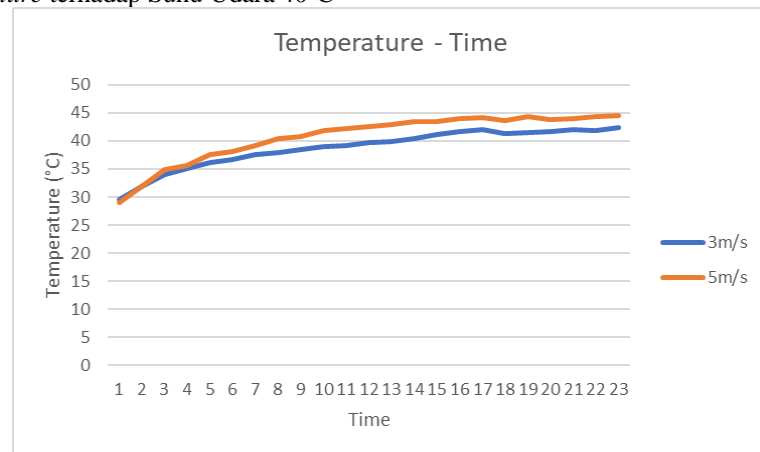
Gambar 14. Perbandingan *Temperature* terhadap suhu pengeringan 30°C pada ketebalan material 2 cm



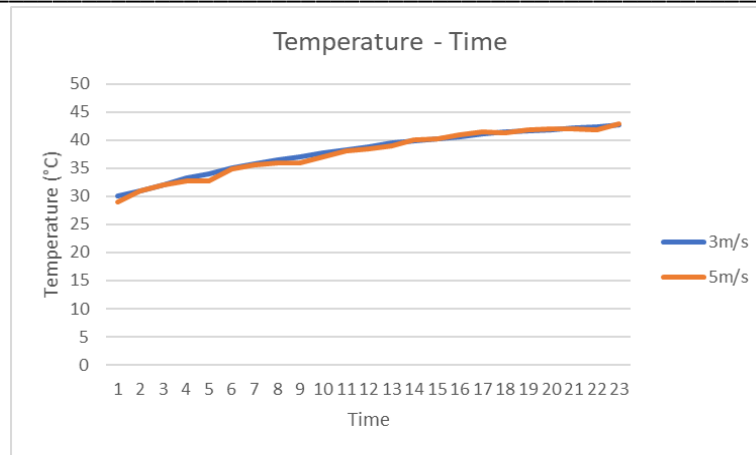
Gambar 15. Perbandingan *Temperature* terhadap suhu pengeringan 30°C pada ketebalan material 4 cm

Pada gambar 14 dan 15 terdapat 2 grafik untuk *temperature* terhadap suhu 30°C. Pada variasi terhadap suhu 30°C menggunakan kecepatan 3m/s dan 5m/s pada ketebalan 2 cm dan 4 cm. Untuk kedua grafik kecepatan *blower*, dipengujian awal terjadi penurunan suhu yang drastis.

6. Grafik *Temperature* terhadap Suhu Udara 40°C



Gambar 16. Perbandingan *Temperature* terhadap suhu pengeringan 40°C pada ketebalan material 2 cm

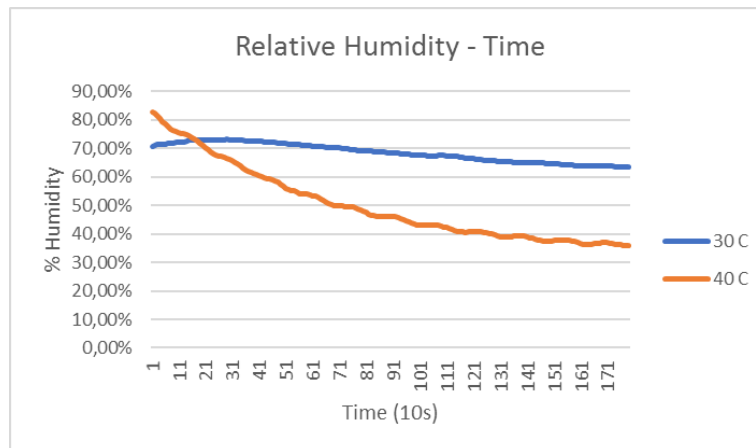


Gambar 17. Perbandingan *Temperature* terhadap suhu pengeringan 40°C pada ketebalan material 4 cm

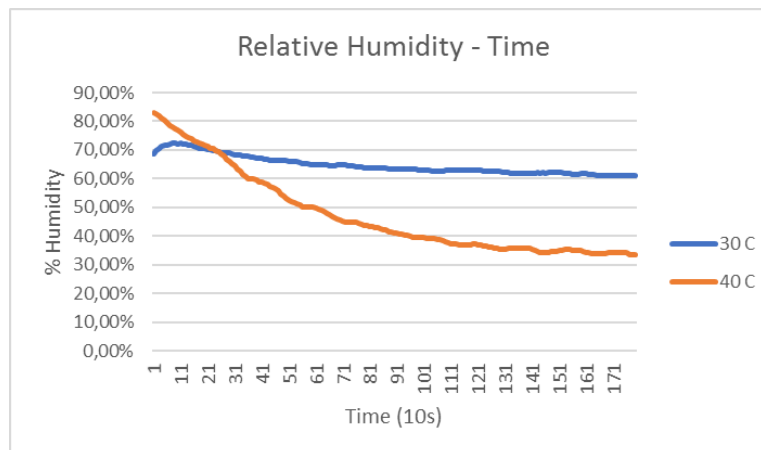
Pada gambar 16 dan 17 terdapat 2 grafik untuk *temperature* terhadap suhu 40°C. Pada variasi terhadap suhu 40°C menggunakan kecepatan 3m/s dan 5m/s pada ketebalan material 2 cm. Untuk kedua grafik tersebut dipengujian terjadi kenaikan tempratur yang stabil.

7. Grafik *Relative Humidity*

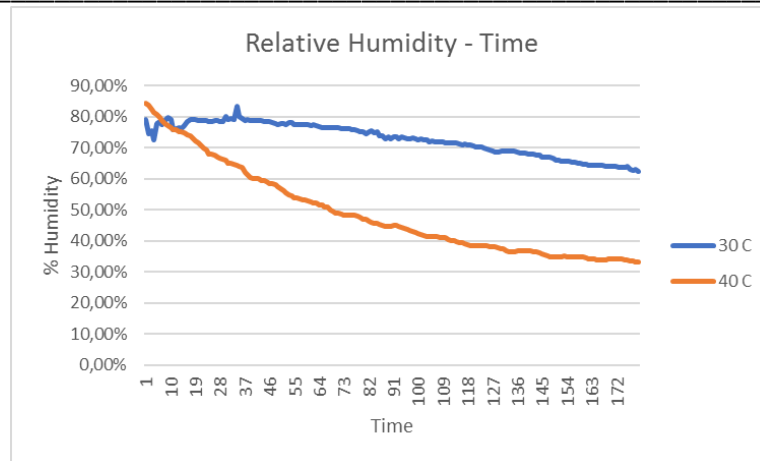
Pada pengujian kelembaban terhadap waktu didapatkan grafik realtive humidity terhadap ketebalan marerial *desiccant* dan kecepatan blower yang dapat dilihat pada gambar gambar 18, 19, 20, dan 21 berikut.



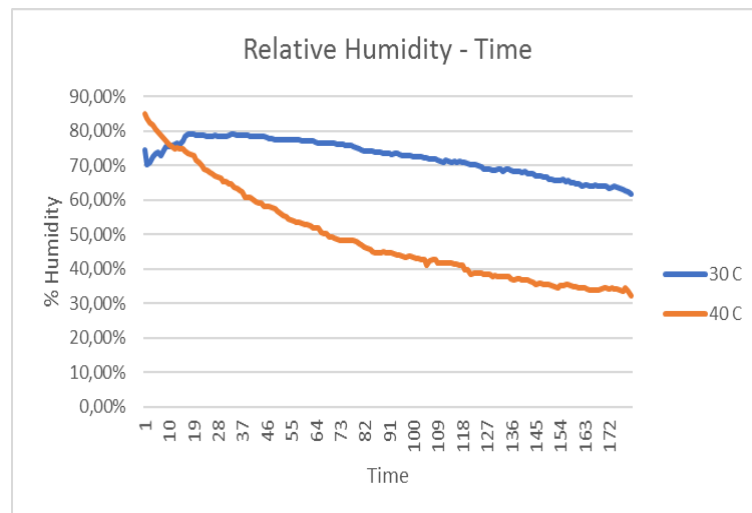
Gambar 18. *Relative Humidity* pada keetebalan 2 cm dan kecepatan blower 3 m/s



Gambar 19. *Relative Humidity* pada keetebalan 2 cm dan kecepatan blower 5 m/s



Gambar 20. *Relative Humidity* pada ketebalan 4 cm dan kecepatan blower 3 m/s



Gambar 21. *Relative Humidity* pada ketebalan 4 cm dan kecepatan blower 5 m/s

Dari data di atas pada gambar 4.13 dan 4.14 dapat dilihat pada ketebalan silica gel 2 cm pada suhu 30°C terjadi peningkatan kelembaban relatif diawal lalu turun secara perlahan, namun dengan diberikan panas menggunakan heater kelembaban relatifnya turun dengan cepat hingga 35,75% pada kecepatan blower 3m/s dan 33,55% pada kecepatan blower 5m/s. Pada gambar 4.15, dan 4.16 dapat dilihat pada ketebalan silica gel 4cm pada suhu 30°C terjadi ketidakstabilan turun naik diawal mulai setelah +- 30 detik mulai mengalami kestabilan dan lalu mengalami penurunan secara perlahan, namun juga mengalami penurunan kelembaban relatif yang cepat dengan diberikan panas menggunakan heater hingga menyentuh 33% pada kecepatan blower 3m/s dan 32,4% pada kecepatan blower 5m/s.

3.2. Analisa Hasil Pengujian

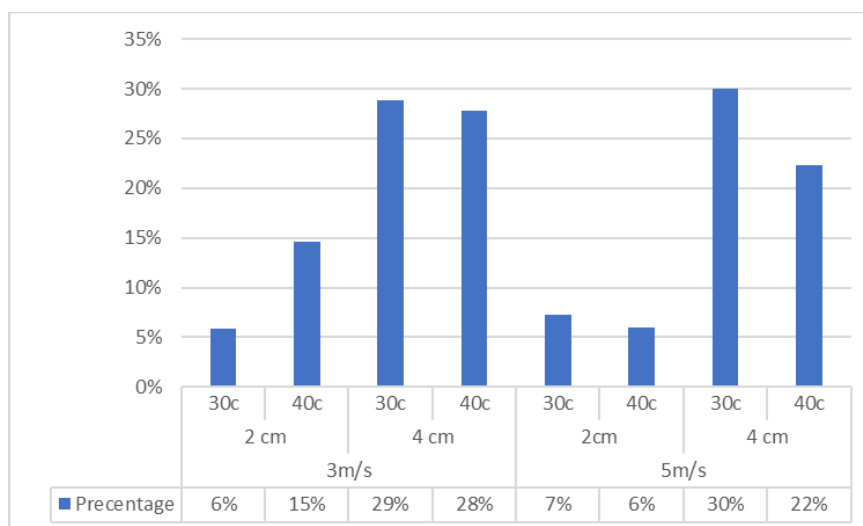
Dalam prosesnya, semua pengujian dilakukan delapan kali dengan material sillica gel yang baru disetiap pengujiannya. Proses ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal setelah dilakukan pengujian. Setelah dilakukan pengujian, dapat ditentukan material dan dengan suhu manakah yang paling baik.

Pengujian ini menghasilkan beberapa data meliputi nilai humiditas dan temperatur. Dari spesimen, terlihat bahwa hasil rasio kelembaban terbaik yang diambil menggunakan suhu 40°C, kecepatan blower 3 m/s dan dengan ketebalan material silica gel 4 cm memiliki nilai hasil yang bagus, yaitu sebesar 0,00495 kg/kg. Kemudian diikuti dengan kecepatan blower 5 m/s pada suhu 30°C dan ketebalan material 4 cm dengan nilai sebesar 0,00482 kg/kg.

Tabel 4. Perubahan Humidity Ratio pada udara setelah pengujian

	3m/s		5m/s	
	2cm	4cm	2cm	4cm
30°C	0.00101 kg/kg	0.00468 kg/kg	0.00122 kg/kg	0.00482 kg/kg
40°C	0.00277 kg/kg	0.00495 kg/kg	0.00120 kg/kg	0.00395 kg/kg

22. Dari tabel perubahan *humidity ratio* di atas jika dibuat dalam bentuk grafik balok maka dapat dilihat pada Gambar



Gambar 22. Grafik Balok Persentase Penyerapan Sillica Gel pada Fluidized Bed Dryer

Tabel diatas menunjukkan perubahan rasio humiditas kandungan air (Δ Humidity Ratio) pada *sillica gel* yang digunakan. Dapat dilihat pada *sillica gel* dengan variasi kecepatan 5m/s pada suhu 30°C dengan ketebalan *sillica gel* 4cm yang memiliki presentase tingkat adsorpsi air paling tinggi sebesar 30%,.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari data pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Variasi kecepatan aliran udara, ketebalan material, dan temperature sangat berpengaruh dalam penelitian penurunan kelembapan disetiap variasinya. Semakin tebal material, semakin banyak kelembapan yang diserap oleh material *sillica gel*.
2. Pada pengujian penurunan kelembapan relatif, pada ketebalan *silica gel* 2 cm pada suhu 30°C terjadi peningkatan kelembapan relatif diawal lalu turun secara perlahan, namun dengan diberikan panas menggunakan heater kelembapan relatifnya turun dengan cepat hingga 35,75% pada kecepatan blower 3m/s dan 33,55% pada kecepatan blower 5m/s. Pada ketebalan *silica gel* 4cm pada suhu 30°C terjadi ketidakstabilan turun naik diawal mulai setelah + 30 detik mulai mengalami kestabilan dan lalu mengalami penurunan secara perlahan, namun juga mengalami penurunan kelembapan relatif yang cepat dengan diberikan panas menggunakan heater hingga menyentuh 33% pada kecepatan blower 3m/s dan 32,4% pada kecepatan blower 5m/s. Dan penurunan rasio kelembapan hasil penurunan yang terbaik terjadi pada variasi kecepatan udara 3m/s pada temperature udara 40°C dengan ketebalan material *silica gel* 4 cm, yaitu sebesar 0.00495 kg/kg.

5. Referensi

- [1]. Brundrett G. W. (1987). Handbook of dehumidification technology. London: Butterworths.
- [2]. Islam Izzatul Hannif, dkk. (2016). Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangn Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir)
- [3]. Mannan Abdul. (2007). FAKTOR KENYAMANAN DALAM PERANCANGAN BANGUNAN (KENYAMANAN SUHU-TERMAL PADA BANGUNAN). Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik: Universitas Ihsan Gorontalo.
- [4]. Sajinu A P., Neoyl dan Asril Senoaji S. (2011). PERUBAHAN KELLEMBABAN RELATIF (RH) PADA RUANGAN PERTENUNAN AJL TERHADAP EFISIENSI DAN GRADE KAIN YANG DIHASILKAN, Vol 9, No 2. Bandung: Politeknik STTT Bandung. Diakses dari <https://ojstexere.stttekstil.ac.id/index.php/texere/article/view/29/23>
- [5]. Ferliana Siti Arlida. (2018). ANALISIS TEMPERATUR EFEKTIF DAN KELEMBABAN RELATIF PADA LUBANG TAMBANG BAWAH TANAH BMK 35 CV. BARA MITRA KENCANA SAWAHLUNTO. (Tugas Akhir, STTIND Padang, 2018). Diakses dari <https://ecampus.sttind.ac.id/sttind/AmbilLampiran?ref=1216&jurusan=&jenis=Item&usingId=false&download=false&clazz=ais.database.model.file.LampiranLain>
- [6]. Sreenivasa CG, dkk., 2013, A case study on mapping air dryer capabilities from agile manufacturing perspectives.
- [7]. M.Nisa Iffa, dkk. (2013). Fluidized Bed Dryer. (Laporan Praktikum, Politeknik Negeri Bandung, 2013). Diakses dari <https://www.slideshare.net/IffaMarifatunnisa/fluidized-bed-dryer>

- [8]. Grace, J. R. (2020a). Introduction , History , and Applications. In J. R. Grace, B. Xiaotao, & E. Naoko (Eds.), *Essentials of Fluidization Technology* (pp. 1–9). Wiley-VCH Verlag GmbH.
- [9]. Smith, P. G. (2007). *Applications of Fluidization to Food Processing*. In Science (1st ed.). Blackwell Publishing
- [10]. Naz, M. Y., Sulaiman, S. A., Shukrullah, S., Ghaffar, A., Khan, Y., & Ahmad, I. (2017). PIV investigations on particle velocity distribution in uniform swirling regime of fluidization. *Granular Matter*, 19(2). Diakses dari <https://doi.org/10.1007/s10035-017-0727-4>
- [11]. Torrey M, Westerman J. (2000). *Desiccant cooling technology resource guide*.
- [12]. Muchammad. (2006). Pengaruh Temperatur Regenerasi Terhadap Penurunan Kelembaban Relatif Dan Efektifitas Penyerapan Uap Air Pada Alat Uji Dehumidifier Dengan Desiccant Silica Gel. *Momentum*, vol.2. 32-40.
- [13]. Wahyudi Erwin Eko, dkk. (2022). Akuisisi Data Prediksi Curah Hujan Secara Periodek Menggunakan Apache Airflow. *J. Of Inista*, 4(2): 0-12. Yogyakarta: UGM