

PENGARUH PROSES DEHUMIDIFIKASI TERHADAP TEMPERATUR UDARA MENGGUNAKAN LARUTAN *CALSIUM CHLORIDE* (CaCl_2)

*Yohanes Aditya Wisnu A¹, Eflita Yohana², Bambang Yuniyanto²

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: yohanes.adityawisnu@gmail.com

Abstrak

Udara terdiri atas berbagai macam unsur dan senyawa pembentuk yang salah satunya adalah uap air (H_2O). Kandungan uap air dalam udara mempengaruhi tingkat kelembaban udara. Udara lembab dapat memicu tumbuhnya bakteri yang membahayakan kesehatan manusia dan udara kering juga menimbulkan ketidaknyamanan bagi manusia. Sehingga kelembaban udara berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan dan kesehatan manusia. *Dehumidification* merupakan proses penurunan kelembaban udara yang terjadi di *dehumidifier*, dimana uap air diserap saat terjadi kontak dengan udara oleh *liquid desiccant* sebagai fluida kerja. Penelitian ini menguji pengaruh variasi nosel dan variasi konsentrasi terhadap kelembaban udara dengan menggunakan larutan CaCl_2 sebagai *liquid desiccant*. Di bagian atas dari *dehumidifier*, *liquid desiccant* didistribusikan menggunakan *spraying nozzle* dan pada waktu bersamaan udara bergerak secara *counter flow* masuk ke dalam *dehumidifier* dari bagian bawah, dengan menggunakan *induced fan* yang terletak di atas *spraying nozzle* pada jarak tertentu. Dimensi nosel bervariasi sebesar 0,2 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm, sedangkan variasi konsentrasi CaCl_2 30%, 40%, dan 50%. Debit aliran udara masuk *dehumidifier* dijaga konstan sebesar 2,35 m³/min, temperatur masuk CaCl_2 sebesar 18 °C, serta perubahan kelembaban dan temperatur akan diukur menggunakan sensor suhu dan kelembaban DHT 11. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kelembaban udara akan membuat temperatur akan naik seiring penurunan kelembabannya.

Kata kunci: Kelembaban, *Liquid desiccant*, dan *Spraying nozzle*.

Abstract

Air is composed of various elements and compounds forming one of which is water vapor (H_2O). The content of water vapor in the air affects the degree of air humidity. Air humid can trigger the growth of bacteria that endangers human health and dry air also cause inconvenience for human. So that air humidity effect on the level of comfort and human health. Dehumidification is a process a decrease in air humidity is occurring in dehumidifier, where water vapor is absorbed in the event of contact with the air by liquid desiccant as working fluid. This research test the influence of variation a nozzle and variations of concentration towards air humid by using a solution of CaCl_2 as liquid desiccant. At the top of dehumidifier, liquid desiccant distributed use spraying nozzle and at the same time the air moves in a counter flow into the dehumidifier from the bottom by using the induced fan located above the spraying nozzle at a certain distance. Dimensions nozzle varied by 0.2 mm; 0.3 mm; 0.4 mm; and 0.5 mm, while variation konsentari CaCl_2 30%, 40%, and 50%. Discharge the flow of air in dehumidifier guarded constant of 2,35 m³ / min, the temperature of the incoming CaCl_2 of 18 °C, as well as changes in humidity and temperature will be measured using the sensor temperature and humidity DHT 11. The Results showed a decrease of air humidity will make temperature will rise as the decline in moisture.

Keywords: Humidity, *Liquid desiccant*, and *Spraying nozzle*.

1. Pendahuluan

Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Kandungan kelembaban udara yang tinggi dapat menimbulkan dampak negatif bagi kualitas kesehatan manusia, sedangkan di bidang industri, kelembaban tinggi juga dapat mempercepat terjadinya korosi pada peralatan maupun mesin-mesin yang terbuat dari metal dan mempercepat pembusukan produk industri makanan [1].

Untuk mengatasi kelembaban udara yang tinggi seperti kasus di atas dapat diatasi dengan cara menurunkan kelembaban udara tersebut, atau disebut dengan dehumidifikasi. Terdapat dua metode untuk menghilangkan atau

mengurangi kelembaban dari udara, yaitu *refrigerant* dehumidifikasi dan *sorbent* dehumidifikasi. Prinsip *refrigerant* dehumidifikasi yaitu dengan menurunkan temperatur udara sampai dengan titik embunnya. Udara didinginkan dengan melakukan kontak pada koil pendingin dimana koil ini menggunakan sistem kompresi uap *refrigerant*. Namun sistem kompresi uap *refrigerant* ini boros energi dalam proses kompresi uap yang akan mempengaruhi kondisi *global warming* saat ini, protokol Kyoto tahun 1997 mengharuskan negara industri mengurangi buangan gas rumah kaca dan karbondioksida penyebab *global warming* tersebut.

Prinsip *sorbent* dehumidifikasi dengan cara melewati udara lembab tersebut pada sebuah media penyerap kelembaban udara (*sorbent*). *Sorbent* dalam perkembangannya ada beberapa macam, antara lain *absorbent* dan *adsorbent*. *Absorbent* merupakan *sorbent* dimana dalam proses penyerapan uap akan berubah secara fisik dan kimia, biasanya berbentuk cairan seperti *Lithium Chloride*, *Calcium Chloride*, atau *Ethylene Glycols*. Sedangkan *adsorbent* merupakan *sorbent* yang tidak mengalami perubahan bentuk pada saat proses penyerapan dan biasanya berbentuk padat seperti *silica gel* atau alumina aktif [2].

Proses penyerapan cairan dari udara ke *absorbent* atau *liquid desiccant* ini terjadi saat udara dan larutan bersinggungan. Proses ini bergantung pada perbedaan tekanan uap air antara udara dan larutan. Sedangkan kesetimbangan tekanan uap dari larutan tergantung pada temperatur dan konsentrasinya. Proses penyerapan uap air yang terkandung di dalam udara (dehumidifikasi) ini terjadi jika tekanan uap air parsial pada *liquid desiccant* lebih rendah dari pada udara. Penurunan tekanan pada *liquid desiccant* ini sejalan dengan kenaikan konsentrasi dan kenaikan tekanan parsial uap air sejalan dengan kenaikan temperaturnya. Sedangkan untuk udara, tekanan uap air parsialnya akan naik sejalan dengan kenaikan temperatur udara keringnya dan kelembaban absolutnya. Salah satu variabel yang mempengaruhi dalam proses absorpsi uap air adalah debit *liquid desiccant* dari sistem penyemprotan *liquid desiccant*. [2].

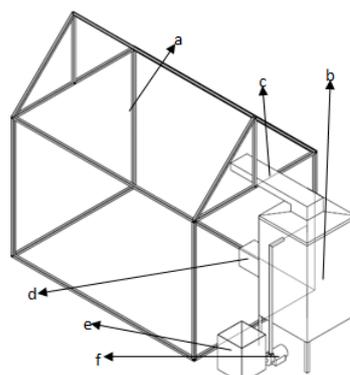
Pada penelitian sebelumnya yaitu, tentang transfer massa dan kalor pada *dehumidification system* dengan *Cu-ultrafine* sebagai *desiccant* cair [3], penelitian tersebut menunjukkan bahwa penurunan kelembaban udara akan meningkat dengan menurunnya kecepatan udara dan pada debit *desiccant* yang tinggi. Pada kecepatan udara yang rendah waktu kontak udara dengan *desiccant* lebih lama, sehingga transfer massa yang terjadi semakin besar. Sedangkan pada debit *desiccant* yang tinggi proses penurunan kelembaban udara juga semakin besar yang dikarenakan massa alir yang besar dari *desiccant* sehingga *desiccant* yang kontak dengan udara akan semakin banyak. Ini berakibat terjadinya transfer massa yang lebih besar antara udara dan *desiccant*. Kemudian dalam penelitian dengan menggunakan aliran yang berbeda dalam *solar desiccant cooling system* [4], penelitian tersebut menunjukkan bahwa menggunakan aliran *counter flow* akan menyebabkan turunnya kelembaban yang lebih besar dibandingkan menggunakan aliran *parallel flow*.

Berdasarkan kedua penelitian sebelumnya tampak bahwa proses penurunan kelembaban udara pada *liquid desiccant dehumidification system* merupakan sebuah proses transfer massa dan kalor. Proses transfer massa dan kalor tersebut memerlukan terjadinya kontak antara udara dengan *desiccant* cair. Dengan debit udara yang konstan, maka perubahan laju *desiccant*, dalam hal ini adalah massa alir *desiccant* cair yang dikontakkan terhadap udara, apakah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kelembaban. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah dapat mendesain *dehumidifier* sederhana yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan serta mencari pengaruh perubahan kelembaban udara terhadap temperatur udara keluar *dehumidifier*. Untuk itu dilakukan penelitian pengaruh variasi distribusi *desiccant* melalui variasi nosel terhadap penurunan kelembaban udara pada *dehumidification system* dengan menggunakan larutan CaCl_2 sebagai *liquid desiccant*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Instalasi Alat Penelitian

Sistem instalasi pengujian, seperti yang terlihat pada Gambar 1 terdiri atas *dehumidifier tower*, pompa, tangki *liquid desiccant*, *house sample*.

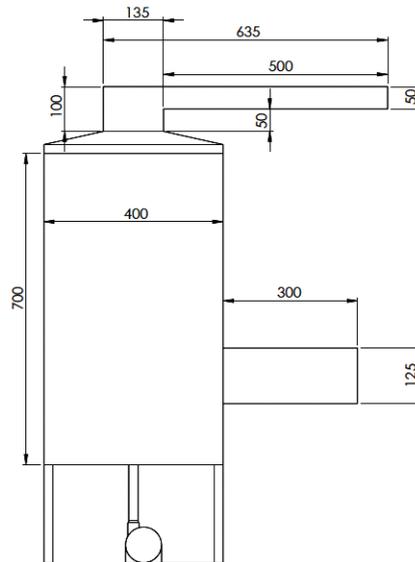


Gambar 1. Skema instalasi pengujian.

dimana,

- a. *Sample house*
- b. *Dehumidifier tower*
- c. *Outlet dehumidifier*
- d. *Inlet dehumidifier*
- e. *Tangki liquid desiccant*
- f. *Pompa*

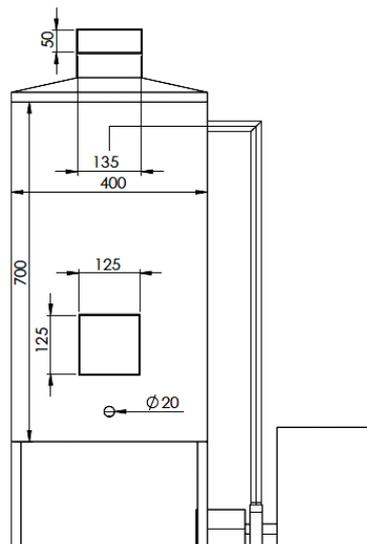
Sample house memiliki dimensi 1,5 m x 1 m yang ditutup dengan menggunakan plastik, kemudian bagian *inlet* dan *outlet* dari *dehumidifier tower* dimasukkan ke dalam *sample house* tersebut. Dalam penelitian ini *dehumidifier tower* terbuat dari bahan *acrylic* dengan ketebalan 3 mm. Dimensi yang digunakan ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 dalam satuan mm. Pada Gambar 2 ditampilkan dimensi *dehumidifier tower* tampak samping.



Gambar 2. Dimensi *dehumidifier tower* tampak samping.

Tower memiliki tinggi 700 mm dan lebar 400 mm dan antara *tower* dan atap dari *dehumidifier* terdapat eliminator yang digunakan untuk mencegah *liquid desiccant* terbawa ke dalam ruangan.

Pada Gambar 3 ditampilkan dimensi *dehumidifier tower* tampak depan yang memperlihatkan dimensi dari *inlet* dan *outlet*, serta memiliki lubang kecil berukuran 20 mm yang digunakan untuk mengeluarkan sisa *liquid desiccant* yang telah *dispraying*.



Gambar 3. Dimensi *dehumidifier tower* tampak depan.

Penelitian dilakukan dengan memompa *liquid desiccant* CaCl_2 dingin yang temperaturnya dijaga pada 18°C dari tangki penampung ke *dehumidifier tower*. Larutan CaCl_2 yang digunakan divariasikan berdasarkan konsentrasinya yaitu 30%, 40%, dan 50%. Kemudian di dalam *dehumidifier tower*, larutan CaCl_2 akan didistribusikan menggunakan *spraying nozzle* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Nosel ini akan divariasikan berdasarkan diameternya, yaitu 0,2 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm. Perubahan kelembaban dan temperatur yang terjadi di dalam *sample house* akan diukur menggunakan sensor DHT 11 yang dipasang pada mulut *inlet* dan *outlet dehumidifier tower* selama 20 menit dan diambil data pada waktu pagi hari.



Gambar 4. *Spraying nozzle* yang digunakan pada *dehumidifier tower*.

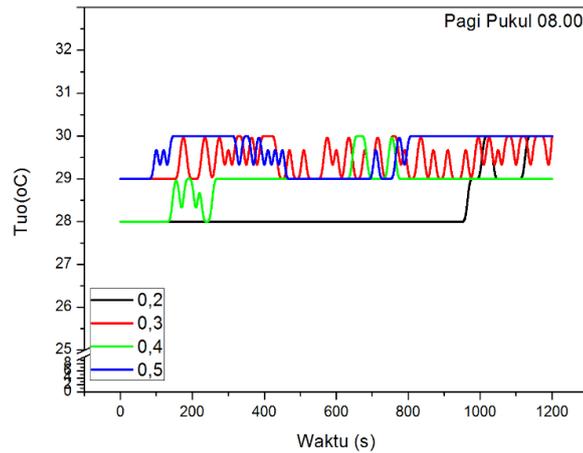
2.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan dan disusun sesuai gambar instalasi peralatan.
- Mengisi tabung *reservoir liquid desiccant* dengan larutan CaCl_2 berkonsentrasi 50% dan didinginkan hingga temperatur $\pm 18^\circ\text{C}$.
- Memasang nosel pada *dehumidifier*.
- Menghidupkan program DHT 11 untuk mengambil data-data berupa kelembaban udara dan temperatur udara.
- Menyalakan pompa dan fan.
- Melakukan pengambilan data-data dilakukan selama 20 menit dan dicatat setiap 10 detik sekali. Pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00, pukul 12.00, dan pukul 16.00.
- Mengulangi langkah 2 sampai 6 dengan mengganti nosel dengan diameter 0,2 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm. Konsentrasi 40% dan 50%
- Pengolahan data dan pembahasan.
- Mengeplot data yang telah didapatkan.
- Menarik kesimpulan.

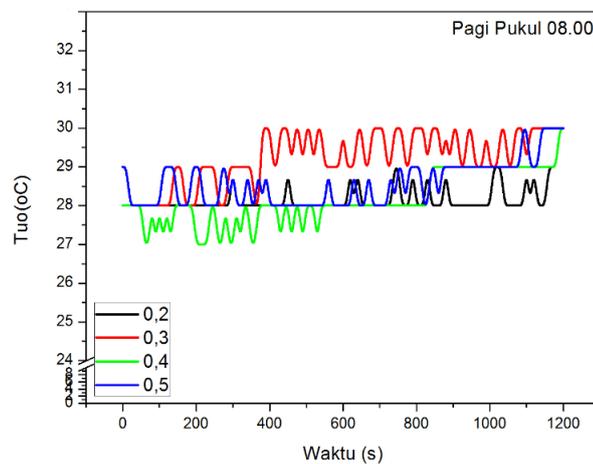
3. Hasil dan Pembahasan

Efek kontak antara udara dan larutan CaCl_2 dalam *dehumidifier tower* dievaluasi dari data yang telah diukur. Dalam penelitian ini, udara disirkulasikan dalam *sample house* menggunakan *fan* dan arah dari aliran larutan CaCl_2 berlawanan terhadap udara. Hasil pengamatan temperatur udara keluar menggunakan larutan CaCl_2 50% yang memvariasikan nosel tiap pengujian ditampilkan pada Gambar 4.



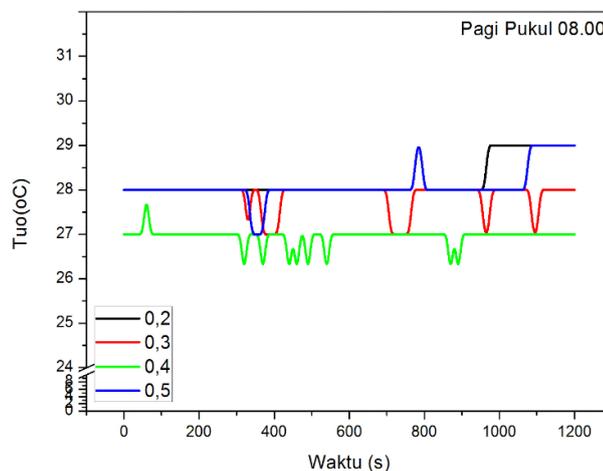
Gambar 4. Perubahan temperatur terhadap waktu menggunakan larutan CaCl_2 50%.

Dari Gambar 4, kenaikan temperatur pada nosel 0,2 mm dan 0,3 mm yaitu naik sebesar 2°C . Temperatur naik dari $28^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$. Sedangkan untuk nosel 0,4 mm temperatur tetap pada 30°C . Pada Gambar 5 ditampilkan hasil pengamatan temperatur udara keluar menggunakan larutan CaCl_2 40% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.



Gambar 5. Perubahan temperatur terhadap waktu menggunakan larutan CaCl_2 40%.

Dari Gambar 5 kenaikan temperatur terbesar dapat dilihat pada nosel 0,2 mm, 0,3 mm, dan 0,4 mm. Temperatur naik dari $28^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$. Sedangkan kenaikan temperatur terkecil dapat dilihat pada nosel 0,5 mm. Temperatur naik dari $29^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$. Dari Gambar 4 dan 5 dapat disimpulkan bahwa proses dehumidifikasi menyebabkan temperatur udara meningkat. Hal ini dikarenakan pada saat proses dehumidifikasi, terdapat kontak antara *liquid desiccant* terhadap udara. Kontak inilah yang menyebabkan peningkatan temperatur. Pada Gambar 6 ditampilkan hasil pengamatan *temperatur udara keluar* menggunakan larutan CaCl_2 30% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.



Gambar 6. Perubahan temperaur terhadap waktu menggunakan larutan CaCl_2 30%.

Dari Gambar 6, larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 30% mengalami ketidakstabilan karena perbandingan air dalam larutan CaCl_2 yang besar. Sehingga kemampuan untuk menyerap uap air sangat kecil bahkan tidak bisa menyerap uap air di dalam udara, sehingga kontak antara *liquid desiccant* yang terjadi hanya sebagian kecil.

4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang dilakukan ini didapatkan selama sistem mengalami proses dehumidifikasi, temperatur udara mengalami kenaikan. Dalam penelitian ini, untuk konsentrasi *liquid desiccant* 50% dan 40% mengalami kenaikan temperatur udara keluar sebesar 2°C . Sedangkan dalam penelitian menggunakan konsentrasi *liquid desiccant* 30%, sistem mengalami ketidak stabilan dalam penurunan kelembaban. Hal ini menyebabkan temperatur turun sebesar 1°C .

5. Daftar Pustaka

- [1] Stoecker, W.F., Jones, J.W., “*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*”, Erlangga, Jakarta, 1992.
- [2] Treybal, R.E., “*Mass-Transfer Operations, third ed.*”, McGraw-Hill International Edition, 1980.
- [3] Ali, A., Vafai, K., “*An investigation of heat and mass transfer between air and desiccant film inclined parallel and counter flow channels*”, International Journal of Heat and Mass Transfer 47, 1745-1760. Elsevier Science Ltd, 2004.
- [4] Yohana, E., Kwang-Hwan, C., “*A study and mass transfer with the different flows in a solar desiccant cooling system*”, Journal of the Korean Solar Energy Society, 1598-6411, 2010.