

Pengaruh Variasi Dimensi *Spraying Nozzle* terhadap Pengurangan Kelembaban Udara Menggunakan Larutan *Calcium Chloride* (CaCl_2)

Eflita Yohana^{1,a*} dan Yohanes Aditya Wisnu A^{2,b}

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
Email: ^aefnan2003@yahoo.com, ^byohanes.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 dimensi 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 m^3/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 lebih tinggi menggunakan *spraying nozzle* berdimensi 0,2 mm pada konsentrasi 50% dan temperatur akan naik seiring penurunan kelembabannya.

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

Latar belakang

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, 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 dan sebagian *refrigerant* yang di gunakan 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 melewatkan 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 kimia 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

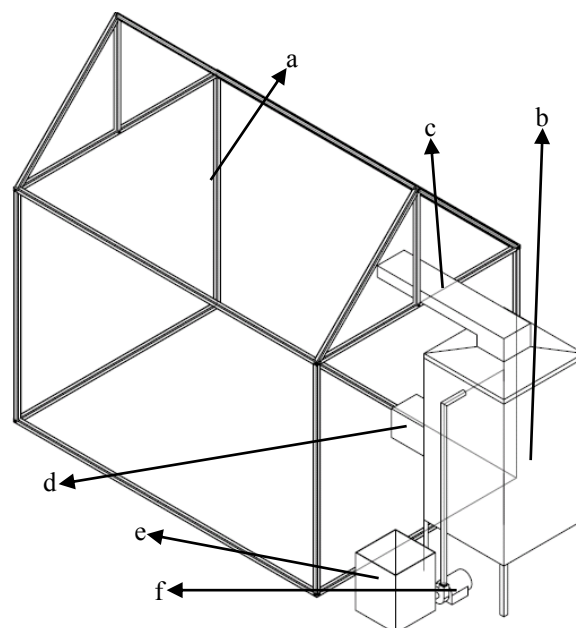
udara. Penurunan tekanan pada *liquid desiccant* ini sejalan dengan kenaikan konsentrasi dan kenaikan tekanan parsial uap air sejalan dengan kenaikan temperaturnya. Sedangkan untuk udara, tekanan uap air parsialnya akan naik sejalan dengan kenaikan temperatur udara keringnya dan kelembaban absolutnya. 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. Maka pada penelitian ini dilihat pengaruh variasi dimensi nosel dan konsentrasi *desiccant* yang distribusikan melalui nosel terhadap penurunan kelembaban udara pada *dehumidification system* dengan menggunakan larutan CaCl_2 sebagai *liquid desiccant*.

Metodologi Penelitian

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

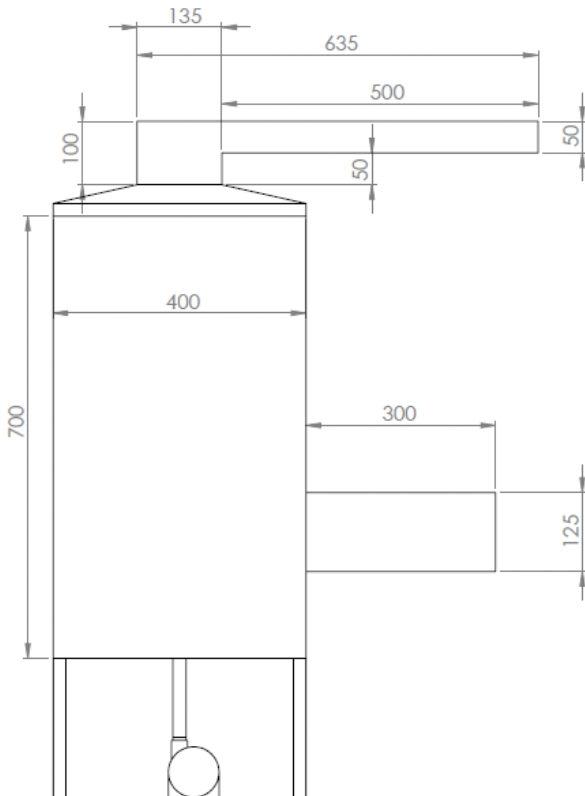


Gambar 1. Skema instalasi pengujian.

Dimana,

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

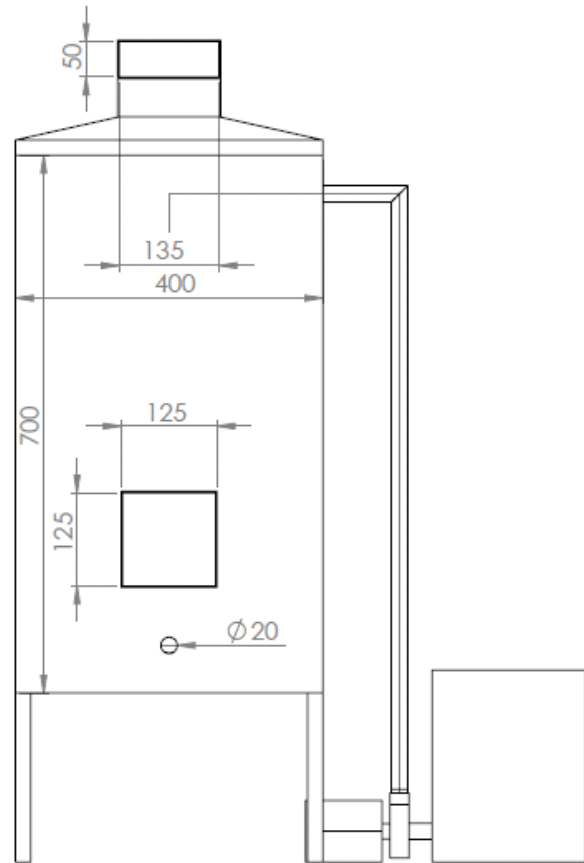
Sample house memiliki dimensi 1,5 m x 1 m yang ditutup dengan menggunakan plastik, kemudian bagian *inlet* dan *outlet* dari *dehumidifier tower* dimasukkan ke dalam *sample house* tersebut. Dalam penelitian ini *dehumidifier tower* terbuat dari bahan *acrylic* dengan ketebalan 3 mm. Dimensi yang digunakan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

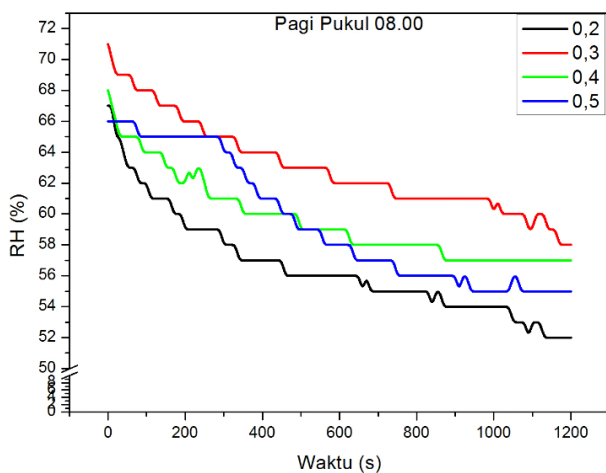


Gambar 4 *Spraying nozzle* yang digunakan pada *dehumidifier tower*.

Hasil dan Pembahasan

Efek kontak antara udara dan larutan CaCl_2 dalam *dehumidifier tower* dievaluasi dari data yang telah diukur.

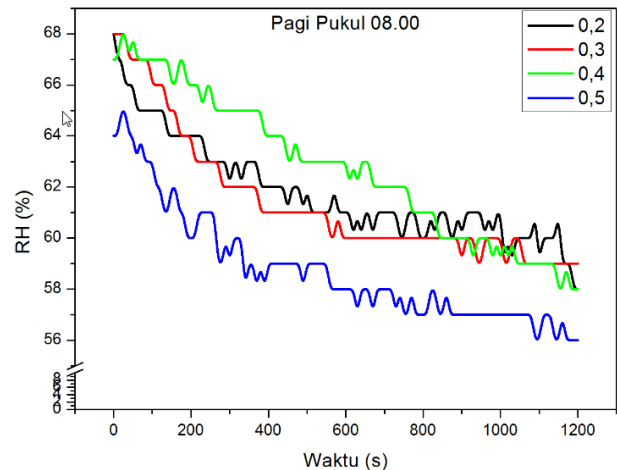
Dalam penelitian ini, udara disirkulasikan dalam *sample house* menggunakan *fan* dan arah dari aliran larutan CaCl_2 berlawanan terhadap udara. Hasil pengamatan *relative humidity* menggunakan larutan CaCl_2 50% yang memvariasikan nosel tiap pengujian ditampilkan pada Gambar 4.



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

Dari Gambar 4, penurunan *relative humidity* terbesar dapat dilihat pada nosel 0,2 mm. RH turun dari 67% - 52% Sedangkan penurunan *relative humidity* terkecil dapat dilihat pada nosel 0,5 mm. RH turun dari 66% - 55%.

Pada Gambar 5 ditampilkan hasil pengamatan *relative humidity* menggunakan larutan CaCl_2 40% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.

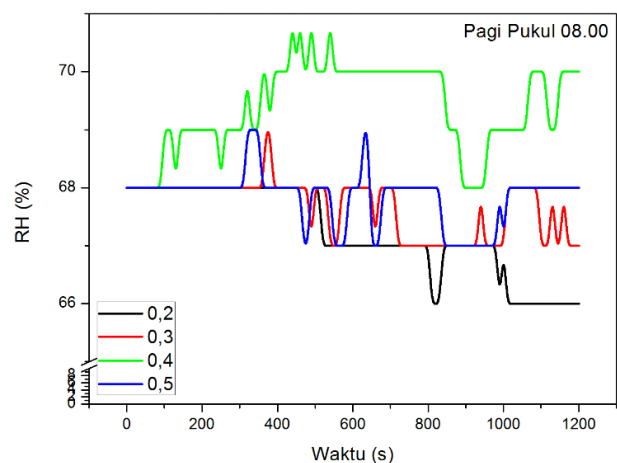


Gambar 5 Perubahan RH terhadap waktu menggunakan larutan CaCl_2 40%.

Dari Gambar 5 penurunan *relative humidity* terbesar dapat dilihat pada nosel 0,2 mm. RH turun dari 68% - 58% Sedangkan penurunan *relative humidity* terkecil dapat dilihat pada nosel 0,5 mm. RH turun dari 64% - 56%.

Dari Gambar 4 dan 5 dapat disimpulkan bahwa nosel 0,2 mm memiliki penurunan kelembaban yang besar dibanding variasi nosel yang lain. Hal ini dikarenakan nosel 0,2 mm memiliki butiran yang lebih halus, sehingga kontak antara udara dan *liquid desiccant* lebih besar, maka daya serap *liquid desiccant* terhadap udara semakin besar.

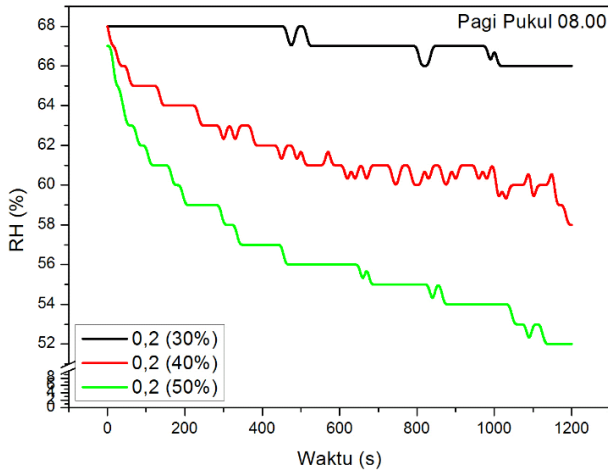
Pada Gambar 6 ditampilkan hasil pengamatan *relative humidity* menggunakan larutan CaCl_2 30% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.



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

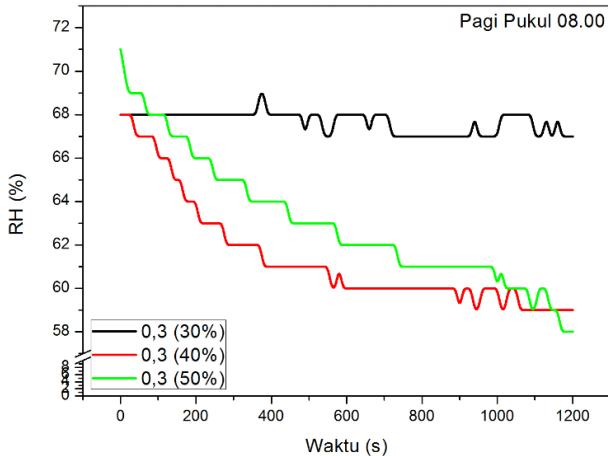
Dari Gambar 6, larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 30% mengalami ketidakstabilan karena perbandingan air dalam larutan CaCl_2 yang besar. Sehingga kemampuan untuk menyerap uap air sangat kecil bahkan tidak bisa menyerap uap air di dalam udara.

Pada Gambar 7 – Gambar 10 ditampilkan pengaruh konsentrasi *liquid desiccant* terhadap kemampuan penurunan kelembaban.



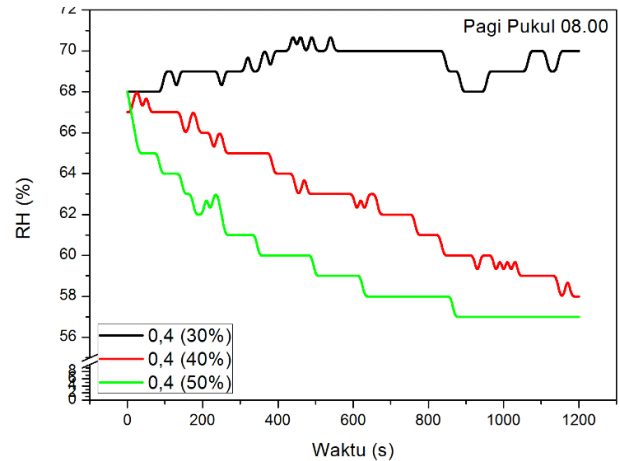
Gambar 7 Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,2 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 7, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 67% - 52%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 68% - 58%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH turun dari 68% - 66%.



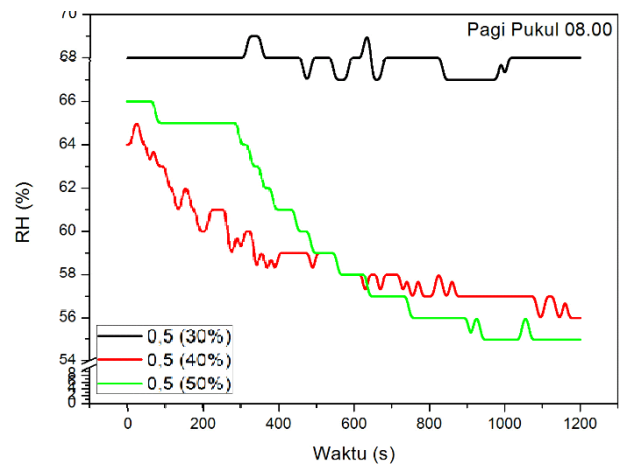
Gambar 8 Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,3 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 8, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 71% - 58%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 68% - 59%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH hanya berfluktuasi tercatat RH awal dan akhir pengujian adalah tetap 68% - 68%.



Gambar 9 Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,4 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 9, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 68% - 57%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 67% - 58%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH naik dari 68% - 70%.



Gambar 10 Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,5 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 10, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 66% - 55%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 64% - 56%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH hanya berfluktuasi tercatat RH awal dan akhir pengujian adalah tetap 68% - 68%.

Dari Gambar 7 – Gambar 10, penurunan *relative humidity* terbesar dapat dilihat pada sistem yang menggunakan larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 50% dan penurunan *relative humidity* terkecil dapat dilihat pada sistem yang menggunakan larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 30%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang lebih besar, daya absorpsinya semakin besar.

Kandungan uap air pada *liquid desiccant* berkonsentrasi besar tersebut lebih kecil, sehingga pada saat kontak antara udara dan larutan CaCl_2 , uap air cenderung terabsorpsi oleh larutan tersebut.

Kesimpulan

1. Kemampuan penurunan kelembaban dipengaruhi oleh konsentrasi *liquid desiccant*. Semakin besar konsentrasi *liquid desiccant*, semakin besar kemampuan untuk menurunkan kelembaban. Dalam penelitian ini, konsentrasi larutan CaCl_2 50% memiliki penurunan RH terbesar, yaitu turun 15% dengan nosel 0,2 mm.
2. Dengan memvariasi distribusi *liquid desiccant* menggunakan *spraying nozzle*, semakin halus butiran yang dihasilkan, maka semakin besar kemampuan penurunan kelembabannya karena luas kontak antara udara dan *liquid desiccant* semakin besar. Dalam penelitian ini, mendistribusikan *liquid desiccant* menggunakan nosel 0,2 mm memberikan penurunan kelembaban yang paling tinggi dibandingkan variasi nosel yang lain.

Referensi

- [1] Stoecker, Wilbert F dan Jones, Jerold W, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Erlangga, Jakarta, 1992.
- [2] Treybal, Robert E., Mass-Transfer Operations, third ed., McGraw-Hill International Edition, 1980.
- [3] Ali, A. et al., 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] Eflita Yohana dan Choi Kwang-Hwan, 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.