

PENGURANGAN KELEMBABAN UDARA MENGGUNAKAN LARUTAN CALSIUM CHLORIDE (CaCl₂) PADA WAKTU SIANG HARI DENGAN VARIASI SPRAYING NOZZLE

*Eflita Yohana, Yohanes Aditya Wisnu A.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedharto, SH Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*E-mail: efnan2003@gmail.com

ABSTRAK

Udara sangat penting dijaga kelembabannya agar nyaman dalam kehidupan manusia. Udara yang terlalu lembab dapat memicu tumbuhnya bakteri, korosi pada alat-alat logam, dan membahayakan kesehatan manusia. Udara terlalu kering juga menimbulkan ketidaknyamanan bagi kulit manusia. *Dehumidification* merupakan proses untuk menurunkan 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 CaCl₂ 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 CaCl₂ 30%, 40%, dan 50%. Debit aliran udara masuk *dehumidifier* dijaga konstan sebesar 2,35 m³/min, temperatur masuk CaCl₂ 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% yaitu RH turun 13%.

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

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 [1].

Untuk hal itu, kelembaban udara yang tinggi dapat diatasi dengan cara menurunkan kelembaban udara yang juga disebut dengan dehumidifikasi. Terdapat dua metode untuk menghilangkan atau mengurangi kelembaban dari udara, yaitu *refrigerant* dehumidifikasi dan *sorbent* dehumidifikasi. Prinsip *refrigerant* dehumidifikasi adalah dengan menurunkan temperatur udara sampai dengan titik embunnya. Udara didinginkan dengan melakukan kontak pada koil pendingin hal ini disebut juga dengan sistem kompresi uap *refrigerant*. Namun sistem kompresi uap *refrigerant* ini boros energi, dalam prosesnya kompresi uap yang akan mempengaruhi kondisi *global warming* saat ini karena penggunaan *refrigerant* yang tidak ramah lingkungan dan penggunaan energy yang berasal dari pembakaran hidrokarbon, protokol Kyoto tahun 1997 mengharuskan negara industri mengurangi buangan gas rumah kaca dan karbondioksida penyebab *global warming* tersebut [2].

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 bentuk fisik 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 parsial uap air di 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*. [3].

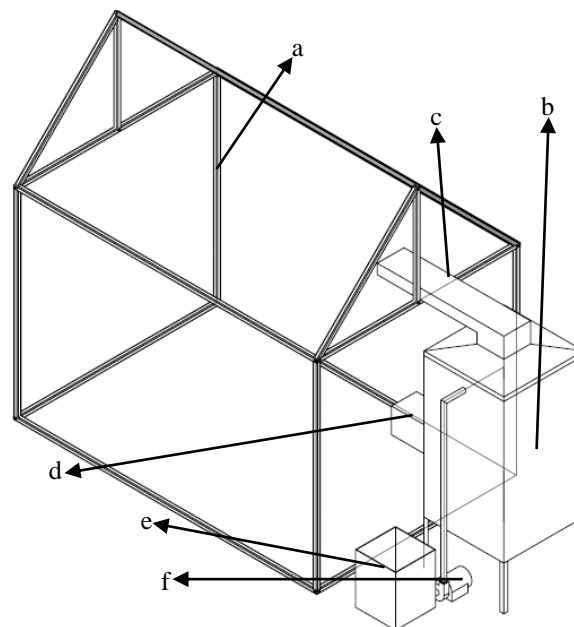
Pada penelitian sebelumnya yaitu, tentang transfer massa dan kalor pada *dehumidification system* dengan *Cu-ultrafine* sebagai *desiccant* cair [4], penelitian tersebut menunjukkan bahwa penurunan kelembaban udara akan

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* [5], 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. Untuk itu dilakukan penelitian pengaruh variasi distribusi *desiccant* melalui variasi nosel terhadap penurunan kelembaban udara pada *dehumidification system* dengan menggunakan larutan CaCl₂ sebagai *liquid desiccant*.

2. 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.

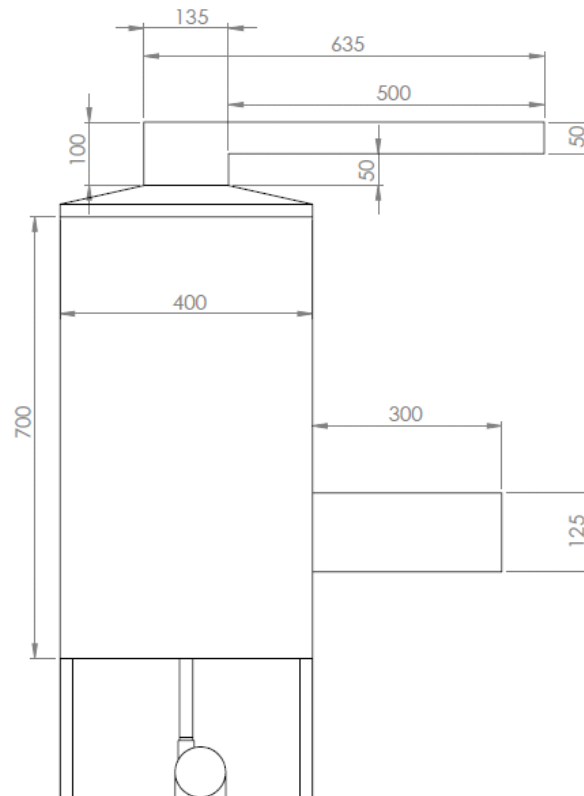
dimana:

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

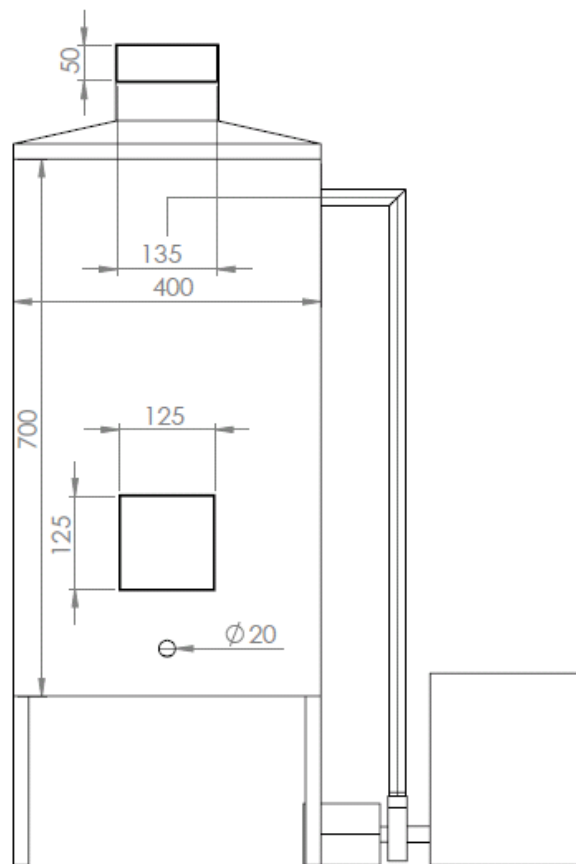
Sample house memiliki dimensi 1,5 m x 1 m yang ditutup dengan menggunakan plastik, kemudian bagian *inlet* dan *outlet* dari *dehumidifier tower* dimasukkan ke dalam *sample house* tersebut. Dalam penelitian ini *dehumidifier tower* terbuat dari bahan *acrylic* dengan ketebalan 3 mm. Dimensi yang digunakan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

Tower memiliki tinggi 700 mm dan lebar 400 mm dan antara *tower* dan atap dari *dehumidifier* terdapat eliminators 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 2. Dimensi *dehumidifier tower* tampak samping.



Gambar 3. Dimensi *dehumidifier tower* tampak depan.

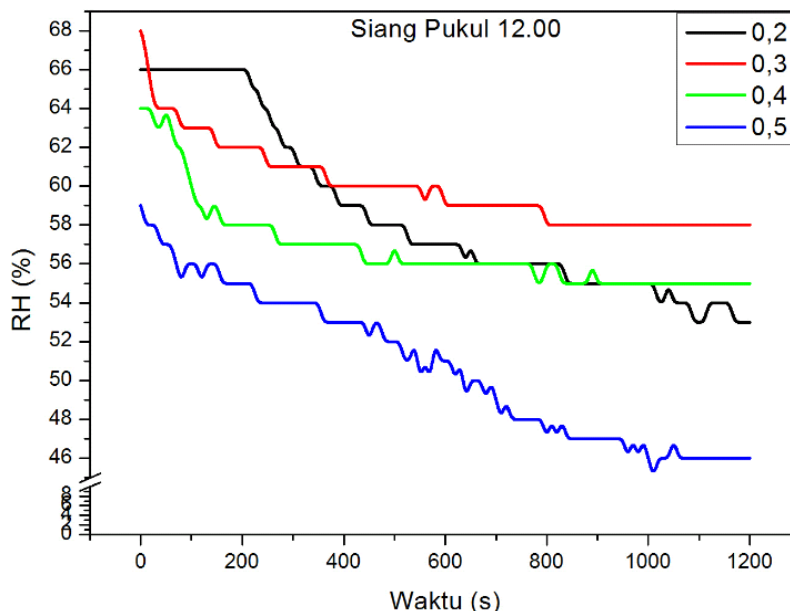
Penelitian dilakukan dengan memompa *liquid desiccant* CaCl_2 dingin yang temperaturnya dijaga pada 18°C dari tangki penampung ke *dehumidifier tower*. Larutan CaCl_2 yang digunakan divariasikan berdasarkan konsentrasinya yaitu 30%, 40%, dan 50%. Kemudian di dalam *dehumidifier tower*, larutan CaCl_2 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 siang hari.



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

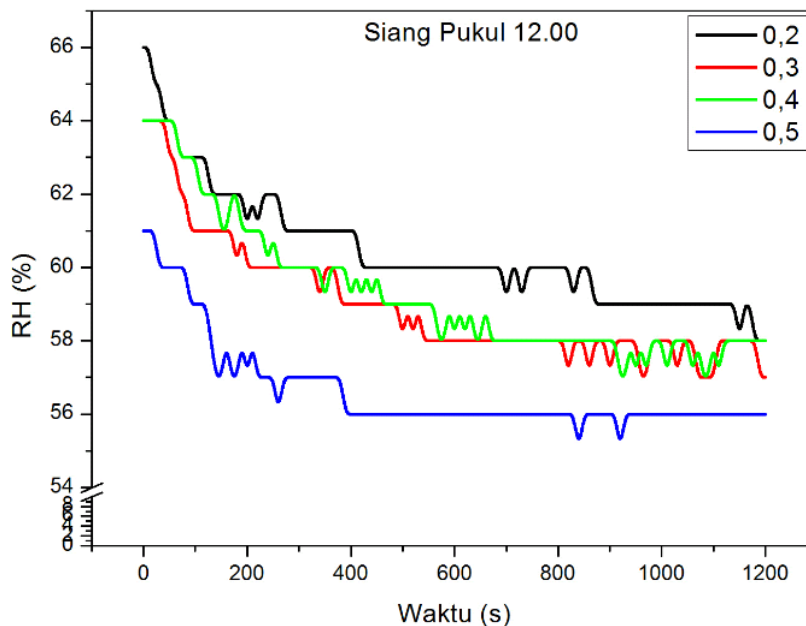
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 *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 dan nosel 0,5 mm. RH turun dari 66% - 53% Sedangkan penurunan *relative humidity* terkecil dapat dilihat pada nosel 0,5 mm. RH turun dari 64% - 55%. Pada Gambar 5 ditampilkan hasil pengamatan *relative humidity* menggunakan larutan CaCl_2 40% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.

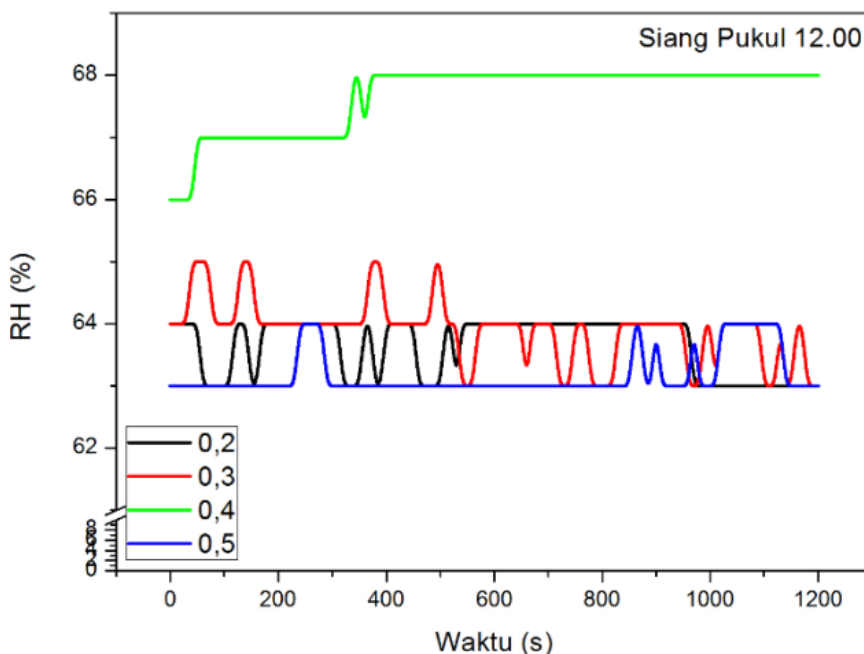


Gambar 5. Perubahan RH terhadap waktu menggunakan larutan CaCl₂ 40%.

Dari Gambar 5 penurunan *relative humidity* terbesar dapat dilihat pada nosel 0,2 mm. RH turun dari 66% - 58%. Sedangkan penurunan *relative humidity* terkecil dapat dilihat pada nosel 0,5 mm. RH turun dari 61% - 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. Walau ada kesalahan pengambilan data pada nosel 0,5 mm dengan konsentrasi *liquid desiccant* 40% dikarenakan adanya eror pada saat pengukuran sehingga data yang didapat menunjukkan kesamaan penurunan RH yaitu sebesar 13%.

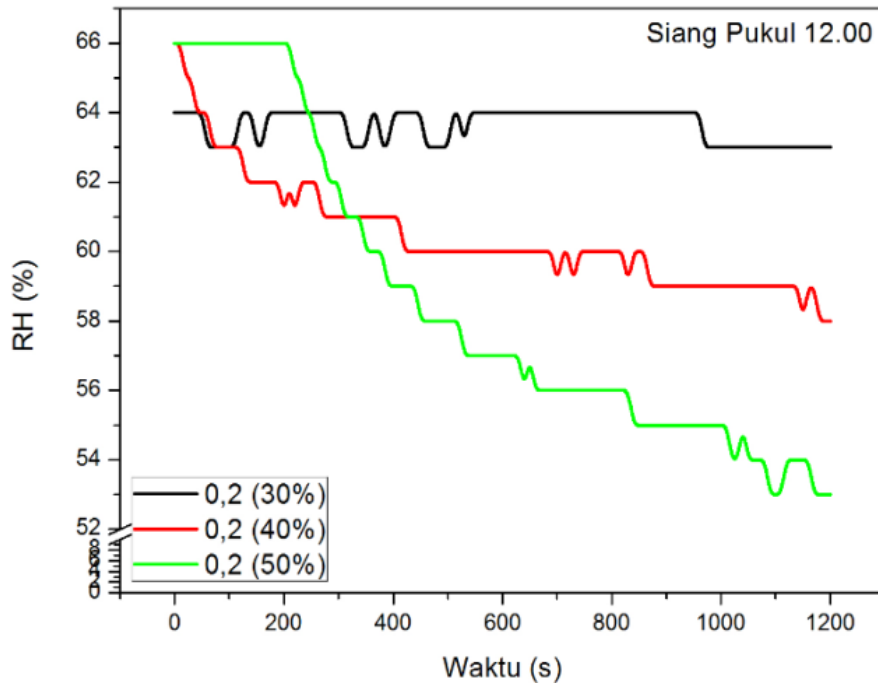
Pada Gambar 6 ditampilkan hasil pengamatan *relative humidity* menggunakan larutan CaCl₂ 30% yang memvariasikan nosel tiap pengujian.



Gambar 6. Perubahan RH terhadap waktu menggunakan larutan CaCl₂ 30%.

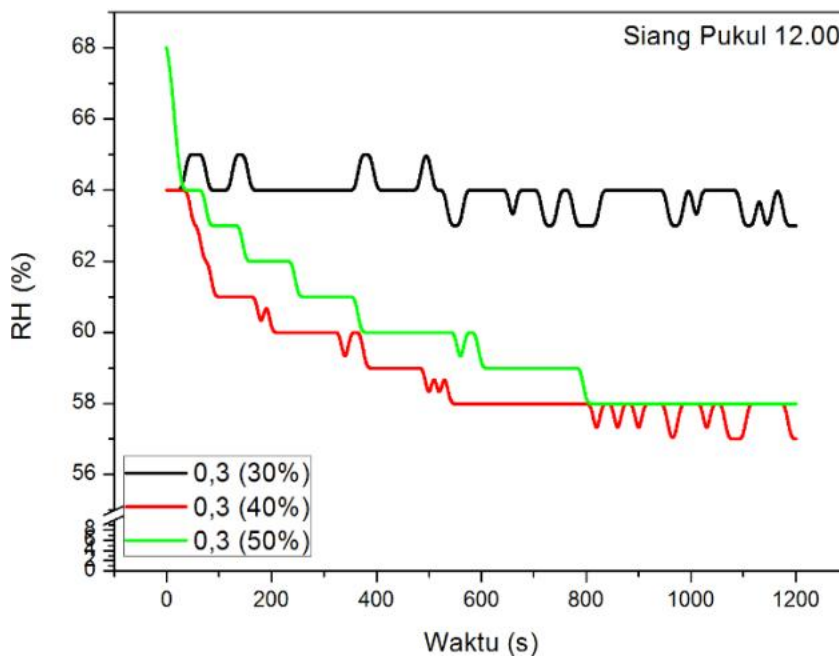
Dari Gambar 6, larutan CaCl₂ dengan konsentrasi 30% mengalami ketidakstabilan karena perbandingan air dalam larutan CaCl₂ yang besar. Sehingga kemampuan untuk menyerap uap air sangat kecil bahkan tidak bisa menyerap uap air di dalam udara.

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



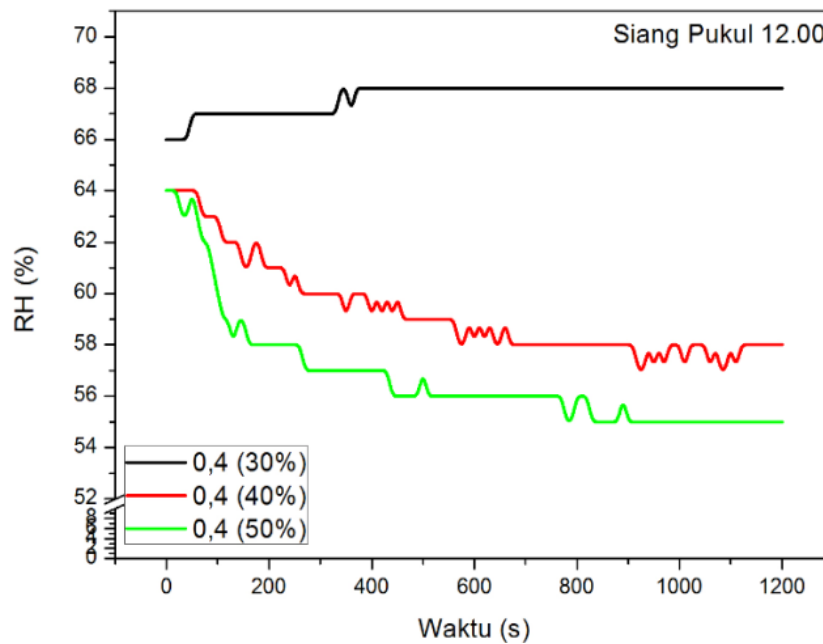
Gambar 7. Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,2 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 7, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 66% - 53%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 66% - 58%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH turun dari 64% - 63%.



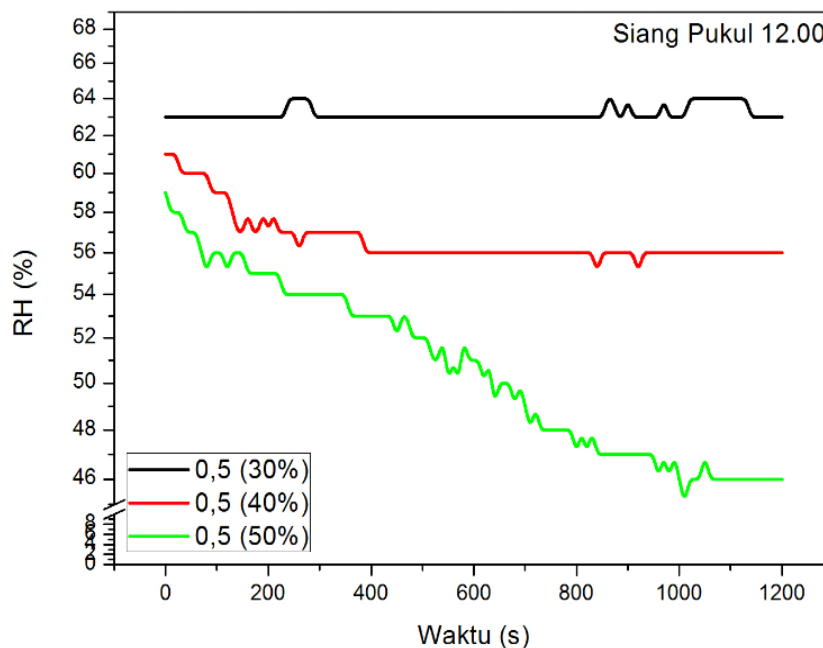
Gambar 8. Perubahan RH terhadap waktu menggunakan ukuran nosel 0,3 mm dengan variasi konsentrasi *liquid desiccant*.

Dari Gambar 8, penurunan *relative humidity* menggunakan *liquid desiccant* 50% RH turun dari 68% - 58%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 64% - 57%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH hanya berfluktuasi tercatat RH awal dan akhir pengujian adalah tetap 64% - 63%.



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 64% - 55%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 64% - 58%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH naik dari 66% - 68%.



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 59% - 46%. Menggunakan *liquid desiccant* 40% RH turun dari 61% - 56%. Dan menggunakan *liquid desiccant* 30% RH hanya berfluktuasi tercatat RH awal dan akhir pengujian adalah tetap 63% - 63%.

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.

4. KESIMPULAN

- 1) Dalam penelitian ini, konsentrasi larutan CaCl₂ 50% memiliki penurunan RH terbesar, yaitu turun 13% dengan nosel 0,2 mm. Hal ini dipengaruhi oleh kemampuan penurunan kelembaban dalam konsentrasi *liquid desiccant*. Semakin besar konsentrasi *liquid desiccant*, semakin besar kemampuan untuk menurunkan kelembaban.
- 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.

5. REFERENSI

1. Brundrett, G. W, *Handbook of Dehumidification Technology*, Butterworths: London, 1987.
2. Stoecker, Wilbert F dan Jones, Jerold W, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta, 1992.
3. Treybal, Robert E., *Mass-Transfer Operations*, third ed., McGraw-Hill International Edition, 1980.
4. 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.
5. 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.