

ANALISIS CFD DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN KELEMBABAN RELATIF PADA PROSES DEHUMIDIFIKASI SAMPLE HOUSE DENGAN KONSENTRASI LIQUID DESSICANT 30%

*Bondantio Putro¹, Eflita Yohana², Bambang Yunianto²

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: bondantio@yahoo.co.id

Abstrak

Ada berbagai cara yang digunakan untuk mengontrol kelembaban udara di dalam ruangan, salah satunya dengan sistem dehumidifikasi. Dengan memanfaatkan *liquid desiccant* berupa CaCl_2 , nilai kelembaban relatif dapat ditekan sesuai dengan variabel yang sudah ditentukan. Untuk mengetahui distribusi temperatur dan kelembaban relatif dalam ruangan diperlukan simulasi numerik menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Model ruangan yang digunakan dalam eksperimen ($L = 1500$ mm, $W = 1000$ mm, $H = 1500$ mm) digunakan untuk mengetahui kemampuan *liquid desiccant* dalam menurunkan kelembaban. Pengujian dilakukan di pagi hari pukul 08.00 dengan konsentrasi *liquid desiccant* sebesar 30%, serta dimensi *nozzel* 0,2 mm, dan debit udara masuk ruangan dijaga 2,35 m^3/min . Pada sisi *inlet* dan *outlet* ruangan dipasang sensor DHT 11, yang berfungsi untuk mencatat perubahan kelembaban dan temperatur selama pengujian berlangsung. Pada kondisi normal tanpa menyalakan alat *dehumidifier*, sensor mencatat temperatur rata-rata di dalam ruangan sebesar 28°C dan RH 68%. Simulasi dilakukan menggunakan software *CFD Solidworks Flow Simulation 2014*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi temperatur dan kelembaban relatif di dalam ruangan dengan konsentrasi *liquid desiccant* 30% mengalami penurunan kelembaban relatif yang rendah, yakni RH rata-rata sebesar 67,5% dengan diikuti kenaikan temperatur udara sebesar $28,5^\circ\text{C}$ serta memiliki distribusi temperatur dan RH yang kurang maksimal.

Kata kunci: CFD, *Liquid desiccant*, *Relative Humidity* (RH), dan temperatur.

Abstract

There are various methods used to control the humidity in the room, one of them with a dehumidification system. By utilizing a liquid desiccant such as CaCl_2 , relative humidity values can be suppressed in accordance with the specified variable. To determine the distribution of temperature and relative humidity in the room needed numerical simulations using *Computational Fluid Dynamics* (CFD). The model used in the experiment room ($L = 1500$ mm, $W = 1000$ mm, $H = 1500$ mm) is used to determine the ability of liquid desiccant in reducing humidity. Tests carried out in the morning at 08.00 with liquid desiccant concentration of 30%, as well as the dimensions of 0.2 mm nozzle, and discharge air to enter the room guarded by 2.35 m^3 / min . At the inlet and outlet sides of the room fitted DHT sensor 11, which serves to record the changes in humidity and temperature during the test. In normal conditions without turning tool dehumidifier, sensors record the average temperature in the room at 28°C and 68% RH. The simulation was performed using CFD software *Solidworks Flow Simulation 2014*. Simulation results show that the distribution of temperature and relative humidity in the room with liquid desiccant concentration 30% runs into a poor relative humidity, the RH average of 67.5% followed by the increase in air temperature 28.5°C and it also contains not maximum temperature distribution and RH.

Keywords: CFD, *Liquid desiccant*, *Relative Humidity* (RH), and temperature.

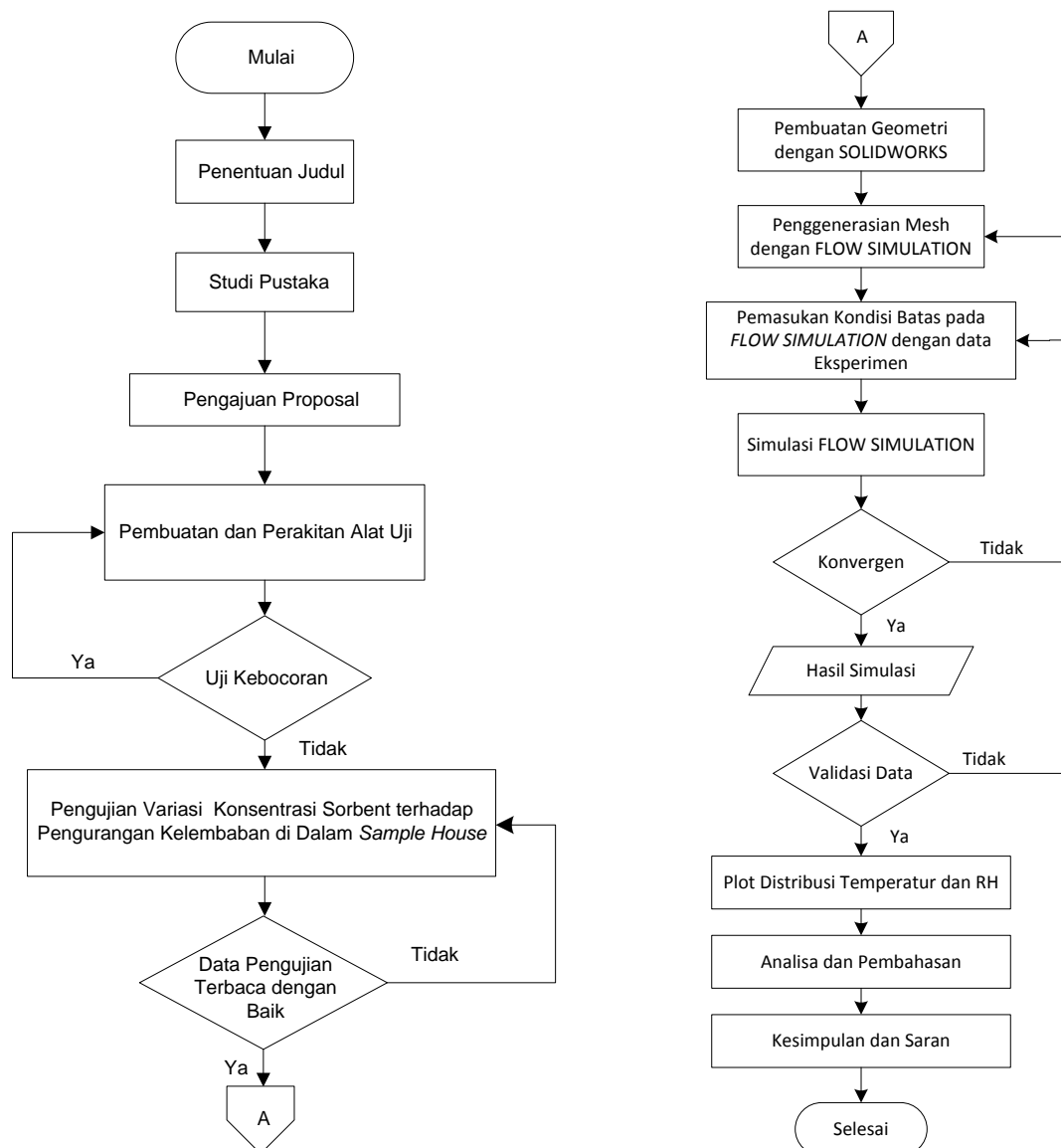
1. Pendahuluan

Kelembaban udara adalah sesuatu yang sangat penting, karena uap air mempunyai sifat menyerap radiasi bumi yang akan menentukan cepatnya kehilangan panas dari bumi sehingga dengan sendirinya juga ikut mengatur suhu udara. Namun pada kondisi tertentu kelembaban udara yang tinggi memiliki dampak positif dan negatif bagi kehidupan. Untuk daerah pertanian dataran tinggi, kelembaban tinggi menjadi faktor penunjang untuk meningkatkan produktifitas mereka, sedangkan untuk daerah perkotaan khususnya kawasan industri kelembaban tinggi menjadi penyebab utama terjadinya korosi pada peralatan industri [1].

Pada penelitian Arisandhy dilakukan proses dehumidifikasi sederhana dengan menggunakan 3 konsentrasi *liquid dessicant* yang berbeda (30%, 40%, dan 50%) untuk mengetahui perbedaan kecepatan penurunan kelembaban di dalam *sample house*. Dengan prinsip absorpsi uap air dalam udara oleh *liquid dessicant*, dehumidifikasi menjadi salah satu proses kontrol kelembaban yang murah dan sederhana. Proses penyerapan uap air dari udara ke *absorbent* ini terjadi saat udara dan larutan bersinggungan dengan kondisi tekanan uap air parsial pada *liquid desiccant* lebih rendah dari pada udara. Selama terdapat perbedaan antara tekanan parsial uap air di udara lebih tinggi maka uap air udara lembab akan terus berpindah ke *desiccant*, sehingga rasio kelembaban udara akan terus menurun sampai kondisi steady [2].

Pada penelitian ini simulasi numerik digunakan untuk mengetahui distribusi aliran khususnya distribusi temperatur dan kelembaban dalam ruangan yang sulit dilihat langsung melalui eksperimen tanpa menggunakan alat-alat yang canggih seperti kamera *thermal*. Computational Fluid Dynamics (CFD) memiliki potensi dalam menggambarkan distribusi aliran udara dalam ruangan secara kuantitatif, efektif, dan akurat [3]. Dalam penelitian sebelumnya, yaitu Keesung Kim (Research Paper, 2008) menggunakan metode yang sama (CFD) dalam menggambarkan distribusi kelembaban relatif dalam *greenhouse*. Dengan model simulasi aliran 3-D dapat digambarkan distribusi kelembaban dalam *greenhouse* dengan menambahkan *humidifier* dan *dehumidifier* untuk mengontrol kelembaban agar dijaga optimal. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa udara dengan kelembaban tinggi akan cenderung berada di bawah ruangan karena pengaruh densitas uap air. Namun dengan adanya *dehumidifier*, kelembaban tinggi tersebut dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan [4]. Pada penelitian kali ini, simulasi CFD dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur dan kelembaban relatif pada *sample house* dengan konsentrasi *liquid dessicant* 30%.

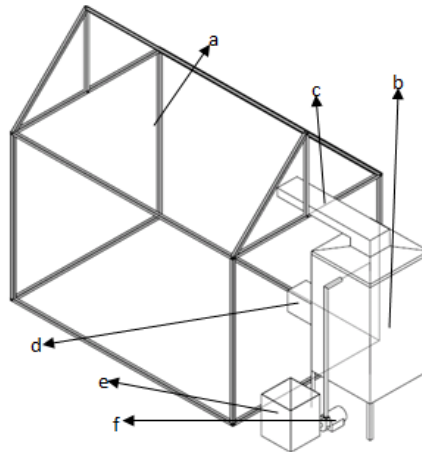
2. Metode Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1 Instalasi Alat Penelitian

Pada Gambar 2 terlihat sistem instalasi alat pengujian dehumidifikasi tanpa regenerator.

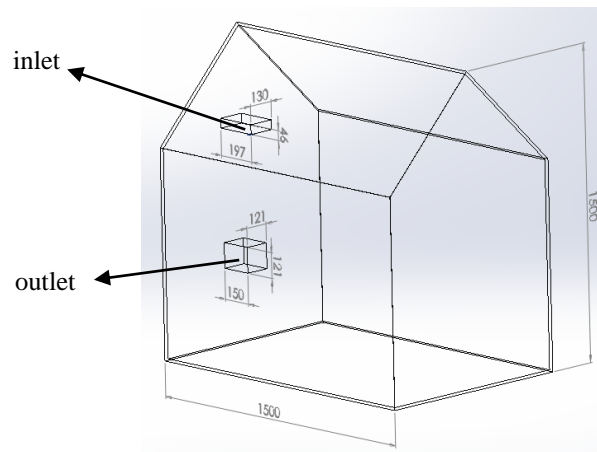


Gambar 2. Skema instalasi pengujian

Keterangan:

- 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 *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), kemudian bagian *inlet* dan *outlet* terhubung langsung dengan *dehumidifier tower*. Dalam penelitian ini *dehumidifier tower* terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Pada Gambar 3 ditampilkan dimensi *sample house* dengan satuan milimeter.



Gambar 3. Dimensi *Sample House*

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 memiliki konsentrasi 30%, kemudian di dalam *dehumidifier tower*, larutan CaCl_2 akan didistribusikan menggunakan *spraying nozzle* 0,2 mm. Perubahan kelembaban dan temperatur yang terjadi di dalam *sample house* akan diukur menggunakan sensor DHT 11 yang dipasang pada *inlet* dan *outlet sample house* selama 20 menit dan diambil data pada waktu pagi hari pukul 08.00. Lalu data hasil pengujian akan digunakan sebagai data input untuk simulasi distribusi temperatur dan kelembaban relatif di dalam *sample house*.

2.2 Prosedur Penelitian

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

- a. Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan dan disusun sesuai gambar instalasi peralatan.

- b. Mengisi tabung *reservoir liquid desiccant* dengan larutan CaCl_2 berkonsentrasi 30% dan didinginkan hingga temperatur $\pm 18^\circ\text{C}$.
- c. Memasang nosel 0,2 mm pada tower *dehumidifier*.
- d. Menghidupkan program DHT 11 untuk mengambil data-data berupa kelembaban udara dan temperatur udara.
- e. Menyalakan pompa dan fan.
- f. Melakukan pengambilan data-data dilakukan selama 20 menit dan dicatat setiap 10 detik sekali. Pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00.
- g. Pengolahan data dan simulasi.
- h. Plot distribusi temperatur dan RH.
- i. Menarik kesimpulan.

2.3 Simulasi SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Simulasi pada Solid Work dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

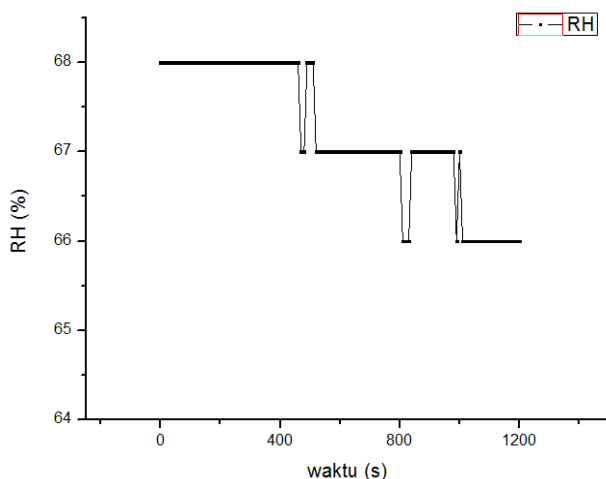
- a. Permodelan Geometri.
- b. Data yang diinput merupakan domain komputasi aliran yang ingin ditinjau dan diteliti.
- c. Melakukan pengecekan grid.
- d. Menentukan formulasi solver dan model fisik permasalahan (misalnya jenis aliran laminar/turbulen, inviskos, steady dan melibatkan perpindahan panas atau tidak).
- e. Menentukan jenis dan sifat material.
- f. Menentukan kondisi batas model yang dibuat (Boundary Condition).
- g. Menentukan parameter kendali solusi (solution control)
- h. Melakukan proses perhitungan (iterasi)
- i. Melakukan postprocessing dengan menampilkan Gambar kontur.

3. Hasil dan Pembahasan

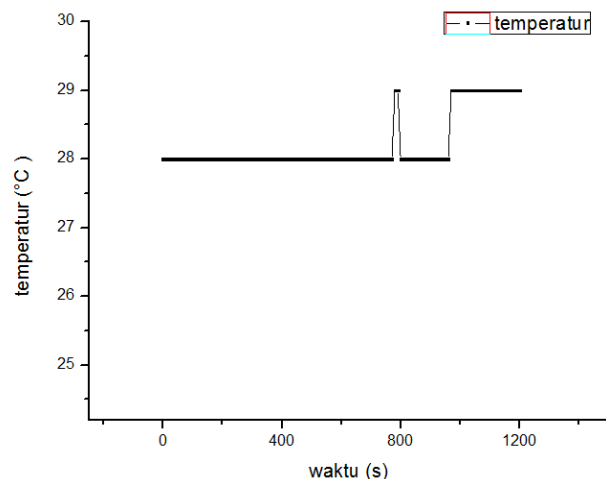
Dari hasil pengujian didapat data temperatur dan kelembaban relatif selama 20 menit. Selanjutnya data tersebut akan dimasukkan ke dalam proses simulasi dan nantinya akan didapat gambar kontur temperatur dan kelembaban relatif (RH) serta profil aliran udara karena fan dari inlet tower *dehumidifier*.

3.1 Grafik Penurunan Kelembaban Relatif

Selama proses pengujian berlangsung, penurunan RH yang terjadi di dalam *Sample House* tidak terlalu besar, yakni mencapai 66% (Gambar 4) dengan konsentrasi *liquid desiccant* 30%. Penurunan kelembaban relatif ini disertai dengan kenaikan temperatur sebesar $28,5^\circ\text{C}$ (Gambar 5). Jika melihat kedua grafik tersebut secara teori sudah sesuai dengan prinsip terjadinya transfer masa antar partikel, dalam hal ini uap air dengan *liquid desiccant*, dimana penurunan kelembaban akan diikuti oleh kenaikan temperatur karena terjadi pelepasan kalor laten oleh uap air dari udara.



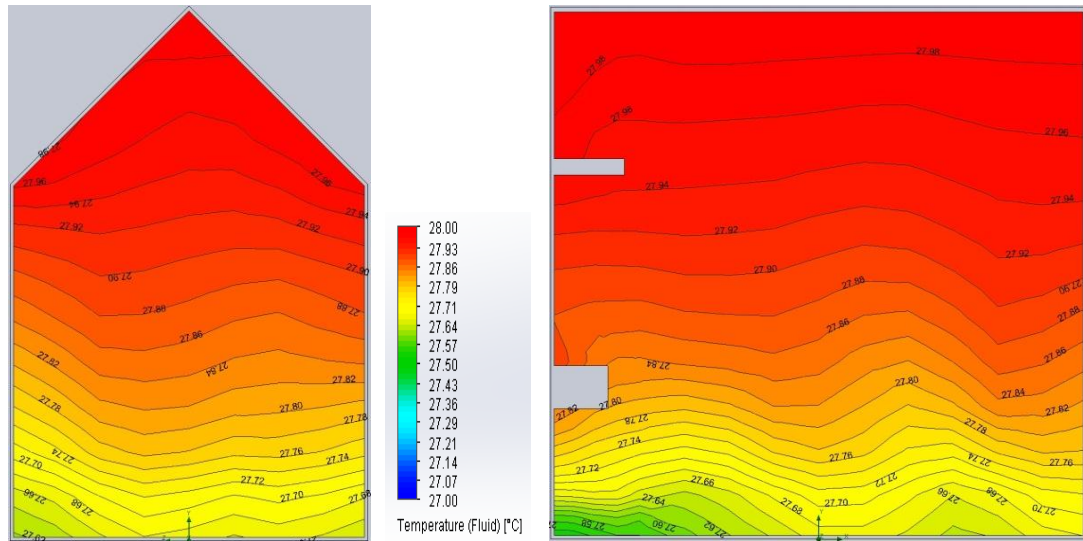
Gambar 4. Grafik Penurunan RH dengan konsentrasi *liquid desiccant* 30%



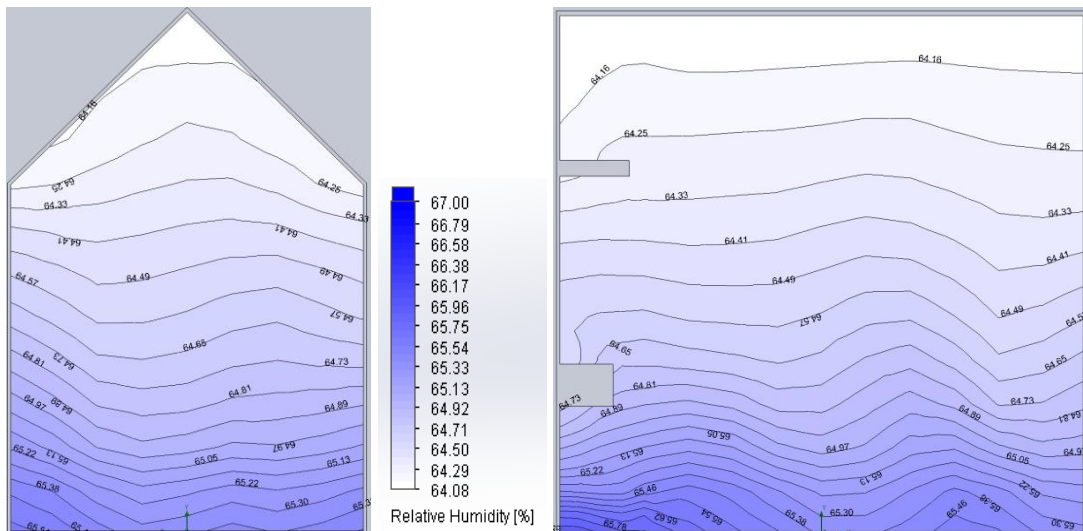
Gambar 5. Grafik Kenaikan Temperatur dengan konsentrasi *liquid desiccant* 30%

3.2 Analisa Hasil Simulasi Kasus 1

Kasus 1 merupakan kondisi dimana *Sample House* disimulasikan tanpa menyalakan alat *dehumidifier*, tujuannya adalah untuk mengetahui kondisi termal awal serta kelembaban relatif di dalam *Sample House*. Simulasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti tekanan, temperatur lingkungan, dan kelembaban udara.



Gambar 6. Kontur temperatur pada Kasus 1 tanpa menyalakan *dehumidifier*

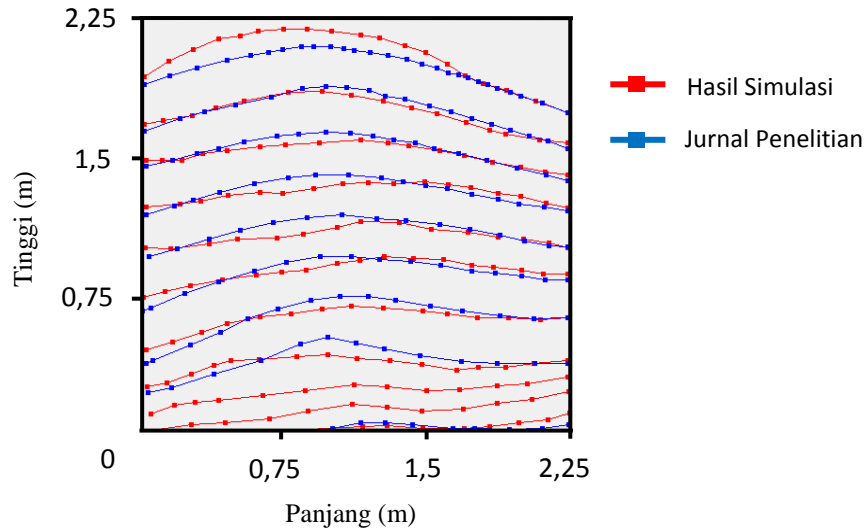


Gambar 7. Kontur RH pada Kasus 1 tanpa menyalakan *dehumidifier*

Dari Gambar 6 dan 7 dapat dilihat kontur temperatur dan RH didalam *Sample House* tanpa menyalakan *dehumidifier*. Pada bagian atap memiliki temperatur paling tinggi (Gambar 6) dan kelembaban paling rendah (Gambar 7) dengan temperatur rata-rata mencapai 28° C dengan RH 64%. Sedangkan pada bagian bawah (lantai) memiliki temperatur lebih rendah dan RH lebih tinggi, yakni 27.5°C dan RH 65.5%. Secara konsep konveksi alami, kenaikan temperatur udara akan diikuti oleh penurunan densitas, begitu juga sebaliknya. Sehingga udara panas dan kering berada pada bagian atas ruangan, sedangkan udara dingin dan lembab berada pada bagian bawah ruangan.

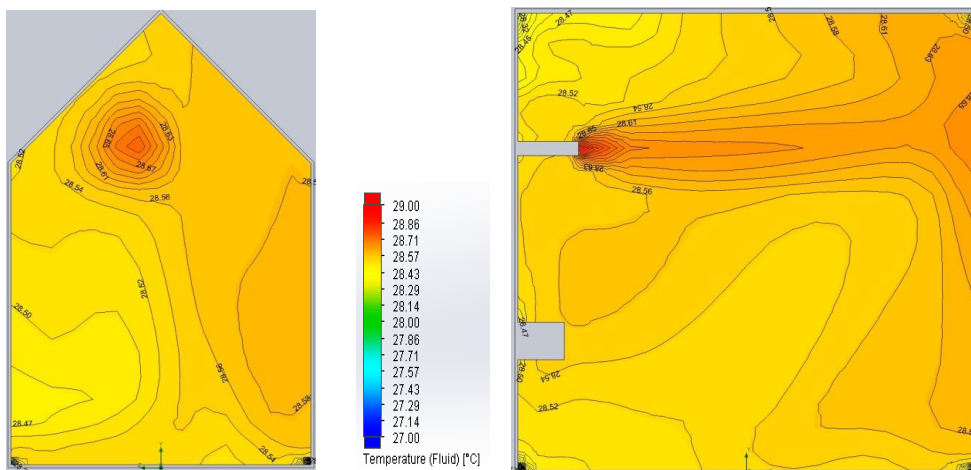
3.3. Validasi Hasil Simulasi

Selanjutnya hasil simulasi RH *sample house* pada Gambar 7 divalidasi dengan hasil penelitian sebelumnya yang terdapat pada Paper Penelitian Keesung Kim (Research Paper, 2008) berupa hasil simulasi RH pada *greenhouse*. Hasilnya tampak pada Gambar 8, terlihat kontur RH hampir serupa meskipun pada penelitian Keesung Kim merupakan hasil simulasi *greenhouse* dengan proses humidifikasi. Garis isoline tersebut dibandingkan dengan perbandingan dimensi *sample house* 1 : 2,7 meter, mengingat dimensi *greenhouse* mencapai 6,5 x 4 meter. Selanjutnya kontur yang diambil berada pada bagian tengah *greenhouse*, dimana lekuk garis tersebut hampir sama satu sama lain.

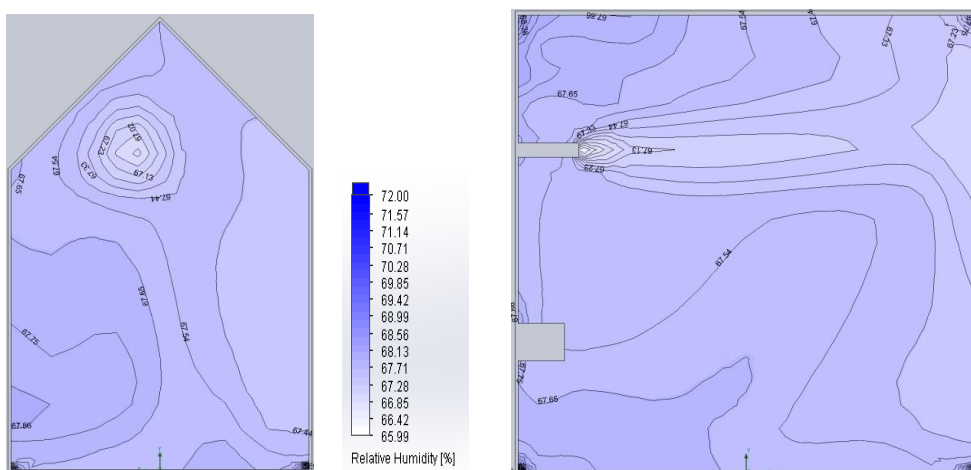


Gambar 8. Perbandingan garis *Isoline* RH *sample house* hasil simulasi dengan *greenhouse* pada Jurnal Keesung Kim (Research Paper, 2008)

3.4 Analisa Hasil Simulasi Kasus 2



Gambar 9. Kontur temperatur pada Kasus 2 dengan menyalakan *dehumidifier* konsentrasi *liquid dessicant* 30%

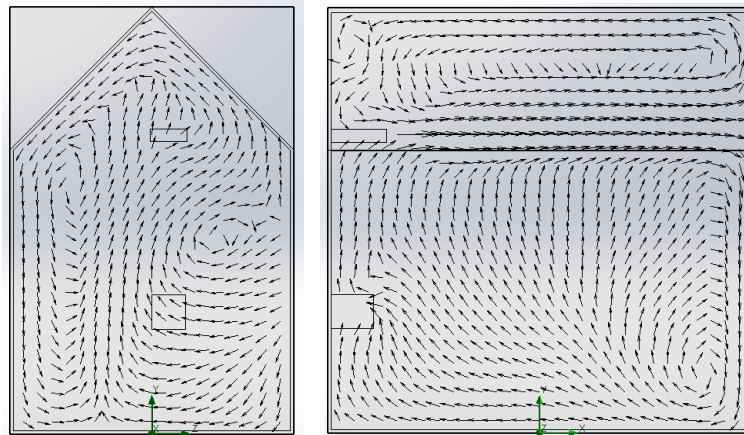


Gambar 10. Kontur RH pada Kasus 2 dengan menyalakan *dehumidifier* konsentrasi *liquid dessicant* 30%

Gambar 9 dan 10 menggambarkan kontur temperatur dan RH hasil dehumidifikasi di dalam *Sample House* oleh *liquid dessicant* dengan konsentrasi 30%. Distribusi temperatur pada kasus 2 didapat sebesar 28,5°C, dengan distribusi RH sebesar 67,5% dengan temperatur tertinggi terdapat pada inlet sebesar 29°C dengan RH 66%. Hal ini disebabkan karena konsentrasi *liquid dessicant* sebesar 30% memiliki tekanan parsial uap air yang lemah sehingga hanya sedikit terjadi transfer massa saat berkontak dengan uap air di udara.

3.5 Profil Distribusi Aliran Udara

Jika diperhatikan secara jelas, distribusi temperatur dan RH didalam *Sample House* tidak merata. Hal ini disebabkan karena aliran udara yang keluar melalui inlet tidak tersebar merata didalam ruangan karena mengikuti profil bentuk ruangan *Sample House*, sehingga pada bagian ruangan tertentu terdapat perbedaan temperatur dan RH. Gambar 11 menunjukkan profil distribusi aliran udara yang keluar melalui inlet didalam *Sample House*.



Gambar 11. Kontur Distribusi Aliran Udara Kasus 2

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi ini didapat kesimpulan :

- 1) Kasus 1 :
Kodisi udara dalam ruangan tanpa menyalakan dehumidifier memiliki distribusi temperatur rata-rata 28°C dengan RH 68%.
- 2) Kasus 2 :
Kodisi udara di dalam ruangan dengan menyalakan alat dehumidifier menggunakan konsentrasi *liquid dessicant* sebesar 30%, dapat menurunkan nilai RH rata-rata mencapai 67,5%, serta memiliki distribusi temperatur rata-rata 28,5°C.
- 3) Liquid Dessicant berupa CaCl_2 dengan konsentrasi 30% memiliki tingkat penurunan kelembaban yang relatif rendah.
- 4) Distribusi aliran udara di dalam *Sample House* tidak merata menyebabkan penurunan kelembaban relatif tidak optimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Lippsmeier, G., 1994, "*Tropenbau Building in the Tropics*," Bangunan Tropis (terj.), Jakarta: Erlangga
- [2] Maryadi, D., 2009, "*Simulasi Pengaruh Parameter (Kecepatan dan Temperatur) Udara dan Desiccant terhadap Laju Perubahan Humidifikasi dalam Regenerator Menggunakan CFD*," Semarang: Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- [3] Ali, A., Vafai, K., 2004, "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.
- [4] Kim, K., Yoon, J. Y., Kwon, H. J., Han, J. H., Son, J. E., Nam, S. W., Giacomelli, G. A., Lee, I. B., 2008, "Research Paper Structures and Environment: 3-D CFD analysis of relative humidity distribution in greenhouse with a fog cooling system and refrigerative dehumidifiers," 100: 245-255.