

ANALISIS CFD DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN KELEMBABAN RELATIF PADA PROSES DEHUMIDIFIKASI SAMPLE HOUSE DENGAN KONSENTRASI LIQUID DESSICANT 60% DAN SUHU LIQUID DESSICANT 10°C

*Ratrya Putra Hunadika¹, 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: ratryaputra@yahoo.co.id

Abstrak

Ada banyak cara yang bisa 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, $H = 1000$ mm, $H_{\text{Cave}} = 500$ mm) digunakan untuk mengetahui kemampuan *liquid desiccant* dalam menurunkan kelembaban. Pengujian dilakukan di pagi hari pukul 08.00 dengan konsentrasi *liquid desiccant* sebesar 60%, serta dimensi *nozzel* 0,2 mm, suhu *liquid desiccant* 10°C dan debit udara masuk ruangan dijaga 2,35 m³/min. Sensor DHT 11 dipasang pada lima sisi, atap, dinding, lantai, inlet, outlet, 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 29,9°C dan RH 58,9%. 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* 60% mengalami penurunan kelembaban relatif yang rendah, yakni RH rata-rata sebesar 52,13% dengan diikuti kenaikan temperatur udara sebesar 31,65°C.

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, $H = 1000$ mm, $H_{\text{Cave}} = 500$ 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 60%, as well as the dimensions of 0.2 mm nozzle, temperature of liquid desiccant 10°C and discharge air to enter the room guarded by 2.35 m³ / 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 29,9°C and 58,9% 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 60% runs into a poor relative humidity, the RH average of 52,13% followed by the increase in air temperature 31.65° C.

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

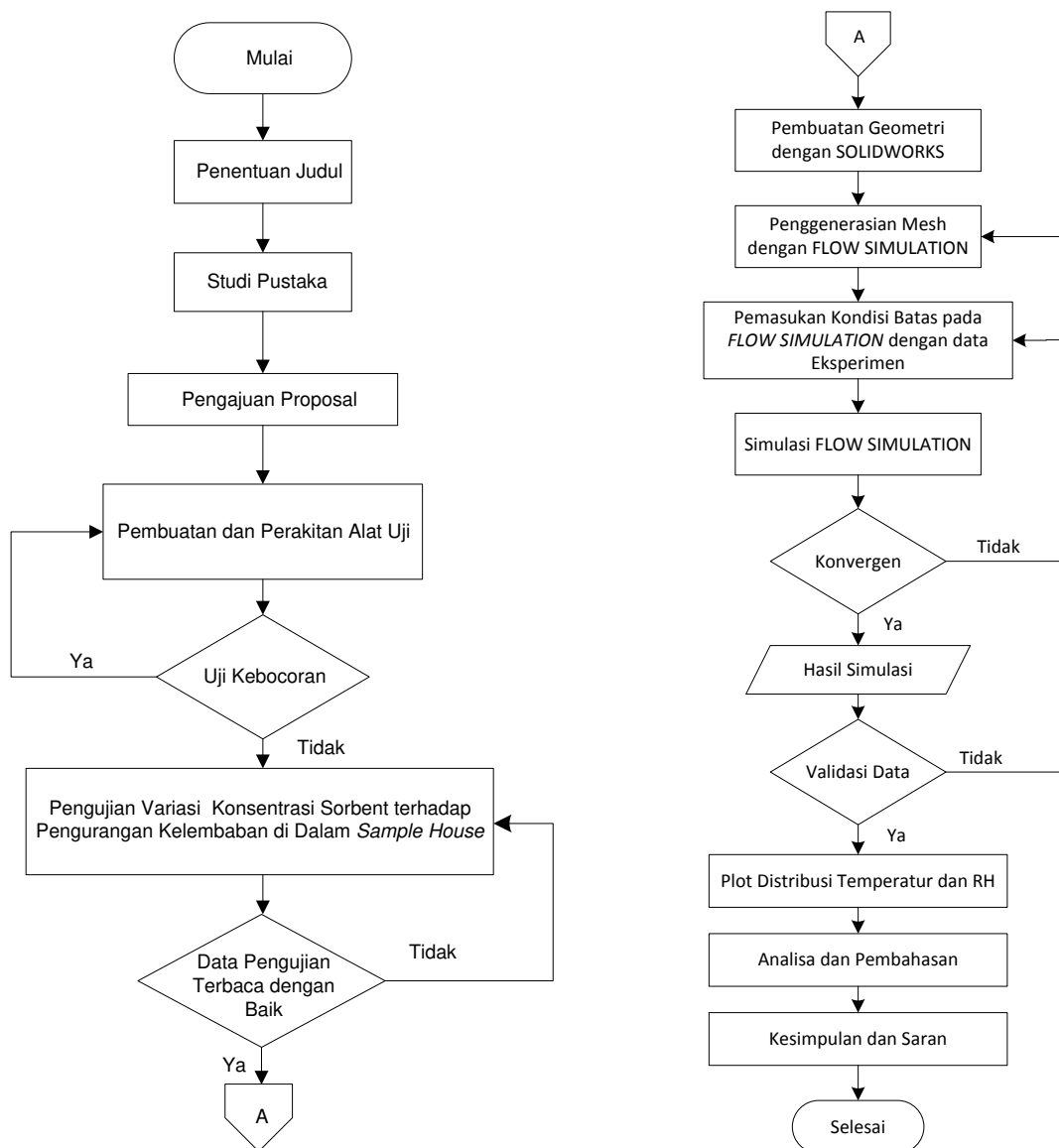
1. Pendahuluan

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 ini dilakukan proses dehumidifikasi sederhana dengan menggunakan 3 konsentrasi *liquid dessicant* yang berbeda (40%, 50%, dan 60%) 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 dessicant* 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 Catherine Baxevanou (Research Paper, 2009) 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* 60%.

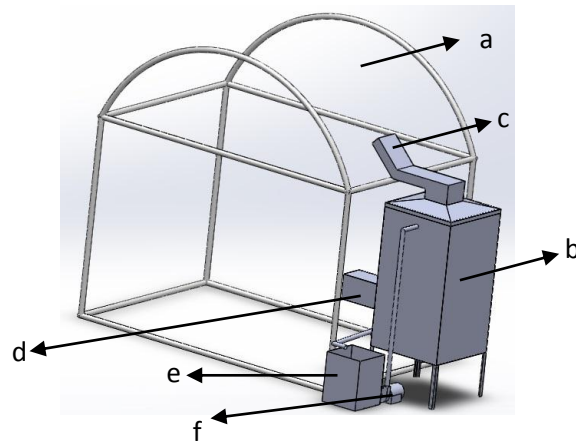
2. Metode Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1 Instalasi Alat Penelitian

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

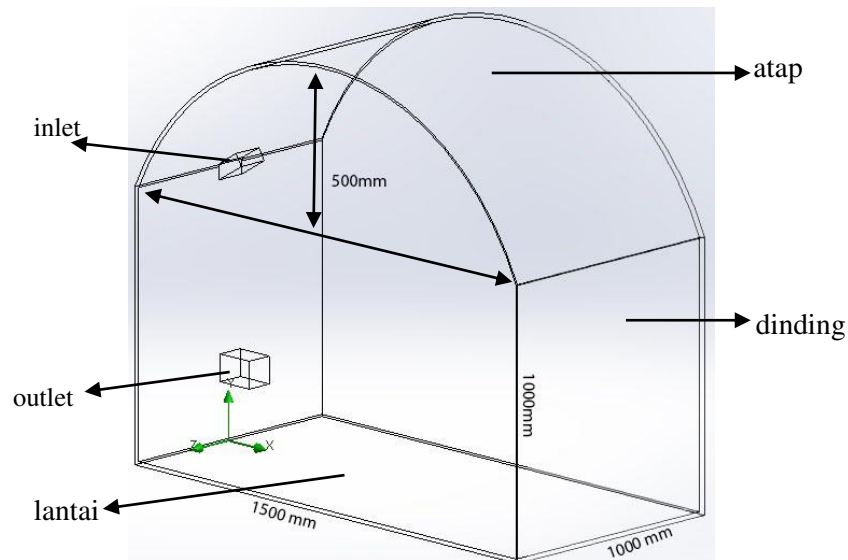


Gambar 2. Skema instalasi pengujian

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 yang memiliki konsentrasi 60%, dan temperaturnya dijaga pada 10°C dari tangki penampung ke *dehumidifier tower*. 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 5 titik atap, dinding, lantai, *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:

- Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan dan disusun sesuai gambar instalasi peralatan.
- Mengisi tabung *reservoir liquid desiccant* dengan larutan CaCl_2 berkonsentrasi 60% dan didinginkan hingga temperatur $\pm 10^\circ\text{C}$.
- Memasang nosel 0,2 mm pada tower *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.
- Pengolahan data dan simulasi.
- Plot distribusi temperatur dan RH.
- Menarik kesimpulan.

2.3 Simulasi SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

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

- Permodelan Geometri.
- Data yang diinput merupakan domain komputasi aliran yang ingin ditinjau dan diteliti.
- Melakukan pengecekan grid.
- Menentukan formulasi solver dan model fisik permasalahan (misalnya jenis aliran laminar/turbulen, inviskos, steady dan melibatkan perpindahan panas atau tidak).
- Menentukan jenis dan sifat material.
- Menentukan kondisi batas model yang dibuat (Boundary Condition).
- Menentukan parameter kendali solusi (solution control)
- Melakukan proses perhitungan (iterasi)
- 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*.

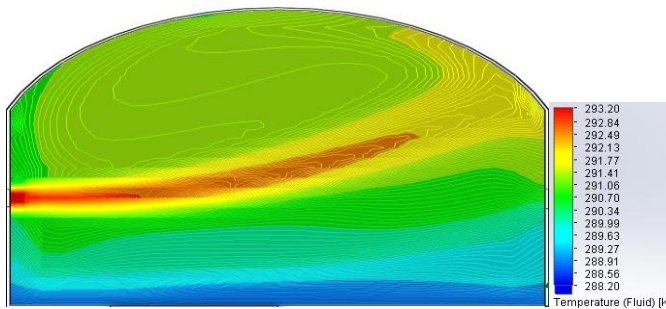
3.1 Validasi Hasil Simulasi Kasus 1 dengan Jurnal pendukung

Kasus 1 merupakan kondisi dimana ruang dehumidifikasi disimulasikan dengan kondisi awal sesuai jurnal pendukung menggunakan software *Solidworks 2014 Flow Simulation*. Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa cocok simulasi yang digunakan pada eksperimen ini dengan simulasi yang digunakan pada jurnal pendukung. Dari hasil simulasi kasus 1, divalidasi dengan membandingkan hasil penelitian sebelumnya yang terdapat pada paper penelitian Catherine Baxevanou ("*Numerical simulation of solar radiation, air flow and temperature distribution in a naturally ventilated tunnel greenhouse*", 2009) berupa hasil simulasi temperatur pada *greenhouse*. Dengan menggunakan kondisi awal seperti pada tabel 1.

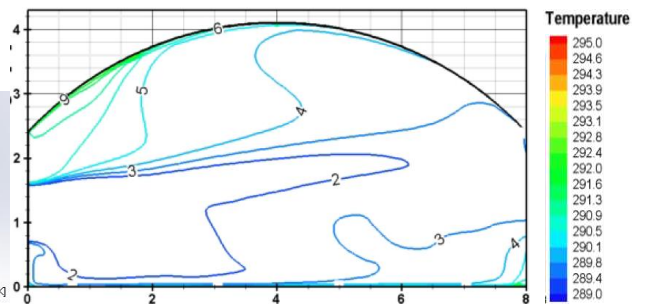
Tabel 1

Parameter	Boundary Condition
Suhu Masuk	289.2 K
Cover	LLDPE
Thickness	0.1mm
Caves Height	2.4m
Total Height	4.1m
Total Width	8m
Total Length	20m
Vents Located	0.65m above the ground
Maximum opening Vents	15m x 0.9m

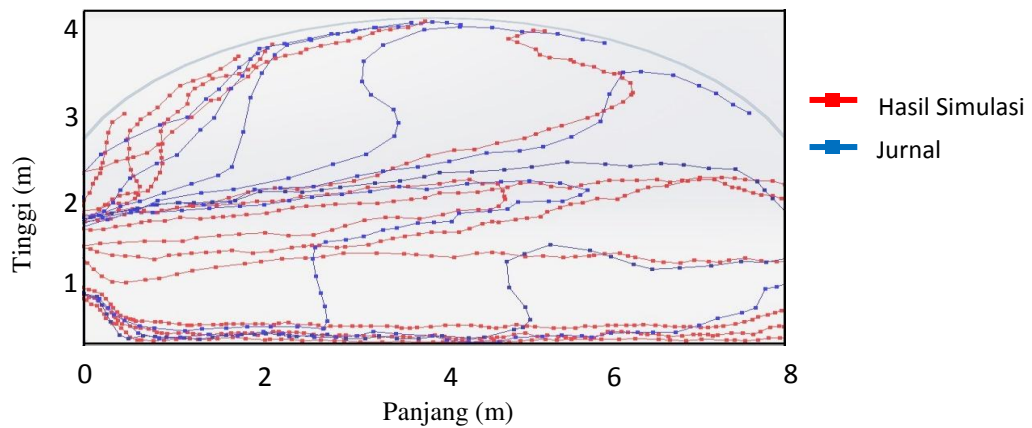
Dengan menggunakan kondisi awal seperti pada tabel 1. Hasilnya tampak pada Gambar 6., perbandingan garis isoline tidak terlalu berbeda jauh dimana lekuk garis tersebut hampir menyerupai satu sama lain.



Gambar 4. Hasil Simulasi Kasus 1

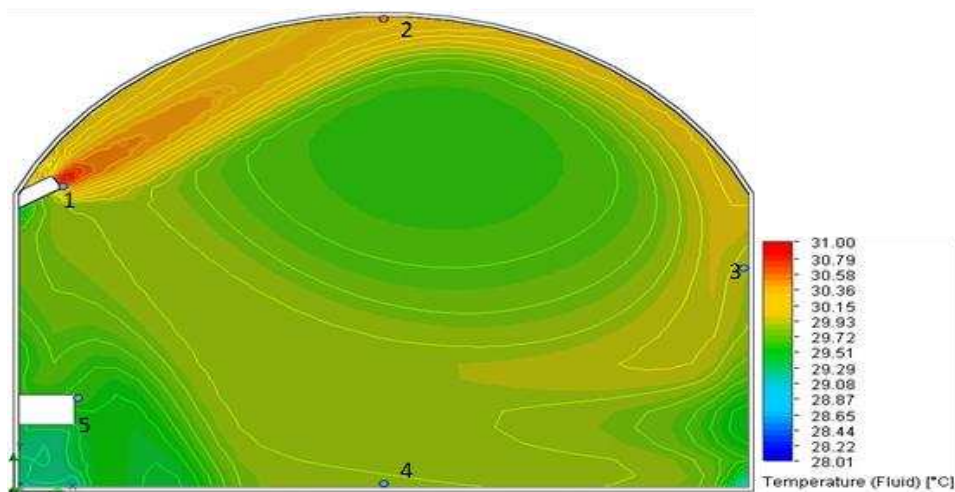


Gambar 5. Jurnal Penelitian



Gambar 6. Perbandingan garis *Isoline Teperatur sample house* hasil simulasi dengan *greenhouse* pada Jurnal Catherine Baxevanou (*Numerical simulation of solar radiation, air flow and temperature distribution in a naturally ventilated tunnel greenhouse*, 2009)

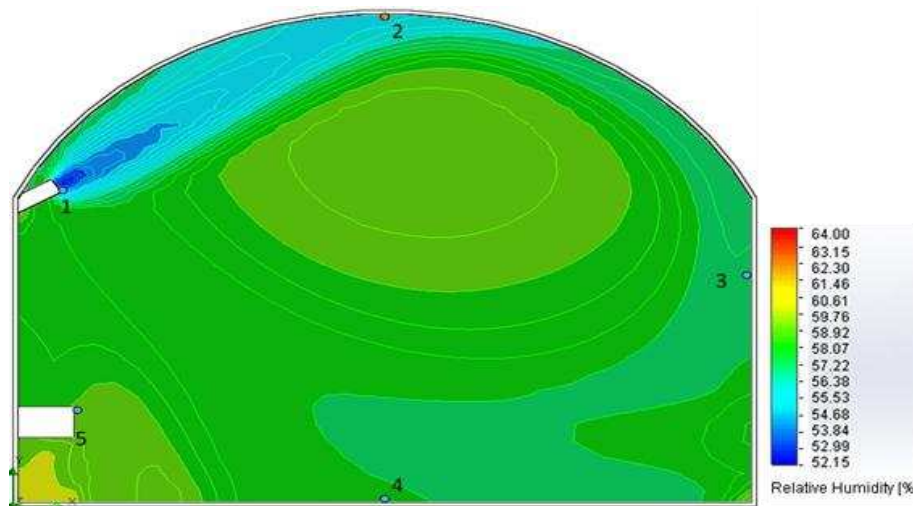
3.2 Analisa Hasil Simulasi Kasus 2



Gambar 7. Kontur temperatur pada Kasus 2 dengan menyalakan *dehumidifier* konsentrasi *liquid dessicant* 60%

Tabel 2

Sensor	Titik			Suhu (°C)
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Simulasi
1	0.2	1.22	0.5	31.65
2	0.75	1.47	0.5	30.48
3	1.48	0.82	0.5	29.91
4	0.75	0.02	0.5	29.82
5	0.23	0.45	0.5	29.56



Gambar 8. Kontur RH pada Kasus 2 dengan menyalakan *dehumidifier* konsentrasi *liquid dessicant* 60%

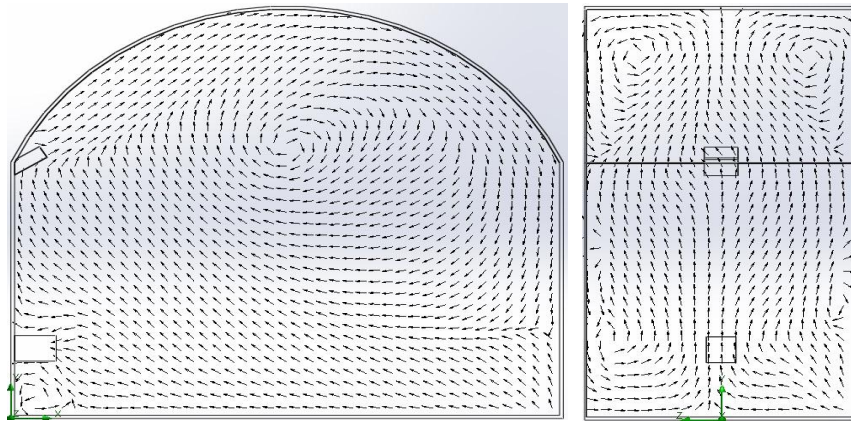
Tabel 3

Sensor	Titik			RH (%)
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Simulasi
1	0.2	1.22	0.5	52.13
2	0.75	1.47	0.5	55.17
3	1.48	0.82	0.5	57.66
4	0.75	0.02	0.5	57.99
5	0.23	0.45	0.5	60.13

Gambar 7 dan 8 menggambarkan kontur temperatur dan RH hasil dehumidifikasi di dalam *Sample House* oleh *liquid dessicant* dengan konsentrasi 60%. Distribusi temperatur pada kasus 2 didapat sebesar 29,9°C, dengan distribusi RH sebesar 58,9% dengan temperatur tertinggi terdapat pada inlet sebesar 31,65°C dengan RH 52,13%. Tabel 2 dan 3 menunjukkan besar temperatur dan RH di 5 titik dalam *sample house*.

3.5 Profil Distribusi Aliran Udara

Jika diperhatikan secara jelas, distribusi temperatur dan RH didalam *Sample House* cukup merata. Hal ini disebabkan karena aliran udara yang keluar melalui inlet bias tersebar cukup merata didalam ruangan karena mengikuti profil bentuk ruangan *Sample House*. Gambar 11 menunjukkan profil distribusi aliran udara yang keluar melalui inlet didalam *Sample House*.



Gambar 9. Kontur Distribusi Aliran Udara Kasus 2

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi ini didapat kesimpulan, Kasus 1 dengan memasukkan kondisi awal pada *software solidworks flow simulation 2014* sesuai dengan jurnal pendukung, besar *temperature* dan *isoline* dalam kasus 1 hampir menyerupai dengan kondisi pada jurnal pendukung. Kasus 2, kondisi udara di dalam ruangan dengan menyalakan alat dehumidifier menggunakan konsentrasi *liquid dessicant* sebesar 60%, dapat menunjukkan nilai RH rata-rata mencapai 58,9%, serta memiliki distribusi temperatur rata-rata 29,9°C. Liquid Dessicant yang digunakan berupa CaCl_2 dengan konsentrasi 60% memiliki tingkat penurunan kelembaban yang relatif tinggi.

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] Baxeanou, C., Fidaros, D., Bartzanas, T., Kittas, C., 2010 "Numerical simulation of solar radiation, air flow and temperature distribution in a naturally ventilated tunnel greenhouse,"