



SIMULASI PENGARUH TEMPERATUR *HEATER* SELAMA PROSES PEMANASAN UDARA SEBAGAI *INLET* PADA *SPRAY DRYER*

Akhmad Zidni Hudaya¹, Setya Deni Maula¹, Shofwan Bahar^{1,2, a}, Sigit Arrohman¹, Henry Carles³, Muhamad Sukis¹, Efflita Yohana²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

²Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus
shofwan_bahar@yahoo.com

ABSTRAK

Spray drying merupakan teknologi pengolahan produk yang digunakan untuk mengubah bentuk cairan menjadi bentuk partikel kering dengan media semprot pengeringan panas. Proses pengeringan yang tidak lama dengan keadaan operasional yang terjaga dapat mempertahankan *droplet* agar temperatur tetap rendah sehingga dapat mengaplikasikan temperatur udara pengeringan yang tinggi tanpa mempengaruhi produk. Temperatur produk yang rendah dan waktu pengeringan yang singkat memungkinkan metode *spray drying* dapat digunakan untuk pengeringan produk yang sangat sensitif terhadap panas dan mempertahankan berkualitas produk seperti warna, rasa, dan nutrisi. Banyak kajian eksperimental maupun numerikal telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik proses *spray drying* termasuk membandingkan hasil eksperimental dan simulasi, dan menghasilkan prediksi profil kecepatan dan temperatur selama proses *spray drying* menggunakan simulasi komputasi dinamika fluida. Penelitian mengenai pengaruh temperatur pada proses *spray drying* telah dilakukan, dalam penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur pengeringan, maka semakin rendah nilai *moisture content* dan *water activity* pada produk yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, parameter pengeringan yang digunakan adalah temperatur udara masuk pada *spray dryer* dimana udara tersebut akan dipanaskan menggunakan pemanas udara terlebih dahulu. Simulasi dilakukan secara numerik dengan pemodelan 3 dimensi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hasil yang diperoleh mempunyai nilai *error* sebesar 3% dibandingkan dengan data eksperimen. Semakin tinggi temperatur *heater* maka akan menghasilkan temperatur *outlet* yang tinggi pula. Temperatur tertinggi berada pada area *heater* dan temperatur dinding pemanas udara sangat mempengaruhi proses pemanasan udara. Udara setelah melewati *heater 3* mempunyai nilai temperatur yang paling tinggi dibandingkan *heater-heater* sebelumnya dan bahkan *heater-heater* setelahnya. Dari kesimpulan tersebut, alat pemanas udara harus dievaluasi ulang terutama dari segi desain dan sistem kerjanya untuk meningkatkan efisiensi pemanasan udara.

Kata kunci: CFD, Pemanas Udara, *Spray Dryer*, Temperatur.

ABSTRACT

Spray drying is a product processing technology used to change liquid form into dry particle form using hot spray drying media. A short drying process with controlled operational conditions can maintain the droplet

temperature low so that high drying air temperatures can be applied without affecting the product. Low product temperatures and short drying times allow the spray drying method to be used to dry products that are very sensitive to heat and maintain product qualities such as color, taste and nutrition. Many experimental and numerical studies have been carried out to determine the characteristics of the spray drying process, including comparing experimental and simulation results, and producing predictions of speed and temperature profiles during the spray drying process using computational fluid dynamics simulations. Research has been carried out regarding the effect of temperature on the spray drying process. The research states that the higher the drying temperature, the lower the moisture content and water activity values of the resulting product. In this research, the drying parameter used is the temperature of the incoming air in the spray dryer where the air will be heated using an air heater first. The simulation was carried out numerically with 3-dimensional modeling using Computational Fluid Dynamics (CFD). The results obtained have an error value of 3% compared to experimental data. The higher the heater temperature, the higher the outlet temperature will be. The highest temperature is in the heater area and the temperature of the air heater wall greatly influences the air heating process. The air after passing through heater 3 has the highest temperature value compared to the previous heaters and even the heaters after it. From these conclusions, air heating equipment must be re-evaluated, especially in terms of design and working system to increase air heating efficiency.

Keywords: CFD, Pemanas udara, Spray Dryer, Temperature.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, produk minuman instan sangat digemari oleh masyarakat dan dijual dalam berbagai bentuk kemasan. Jenis minuman instan dalam bentuk serbuk cukup beragam, diantaranya kopi, coklat, teh, dan ada juga katagori *beverage* yang kadang disebut sebagai *powder juice drink*. Produk minuman instan memiliki beberapa keuntungan diantaranya lebih praktis dan higienis, lebih tahan lama, dan mudah untuk dicampurkan dengan bahan lain (1).

Salah satunya produk minuman instan yang banyak tersedia dipasaran adalah minuman teh instan. Proses pengeringan teh ada beberapa macam (2). namun, untuk teh tersebut dapat berubah menjadi produk serbuk umumnya menggunakan teknologi *spray drying*. *Spray drying* merupakan teknologi pengolahan produk yang digunakan untuk mengubah bentuk cairan menjadi bentuk partikel kering dengan media semprot pengeringan panas (3). Proses pengeringan yang tidak lama dengan keadaan operasional yang terjaga dapat mempertahankan *droplet* agar temperatur tetap rendah sehingga dapat mengaplikasikan temperatur udara pengeringan yang tinggi tanpa mempengaruhi produk. Temperatur produk yang rendah dan waktu pengeringan yang singkat memungkinkan metode *spray drying* dapat digunakan untuk pengeringan produk yang sangat sensitif terhadap panas dan mempertahankan berkualitas produk seperti warna, rasa, dan nutrisi (4). Metode *spray drying* dapat meminimalkan penanganan dan mempertahankan produk dari degradasi bakteri, sehingga menghasilkan produk bubuk ekstrak sari buah/sayur dengan harga jual lebih tinggi (5).

Banyak kajian eksperimental maupun numerikal telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik proses *spray drying*. Anandharamakrishnan, *et al* (2010) (3) membandingkan hasil eksperimental dan simulasi, dan menghasilkan prediksi profil kecepatan dan temperatur selama proses *spray drying* menggunakan simulasi komputasi dinamika fluida. Penelitian mengenai pengaruh temperatur pada proses *spray drying* telah dilakukan oleh Arepally and Goswami (2019) (6). Dalam penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur pengeringan, maka semakin rendah nilai *moisture content* dan *water activity* pada produk yang dihasilkan. Sedangkan, Jubaer, *et al* (2019) (7) melakukan penelitian tentang pengaruh model turbulensi yang digunakan pada simulasi *spray drying* pada tingkat akurasi hasil yang didapatkan.

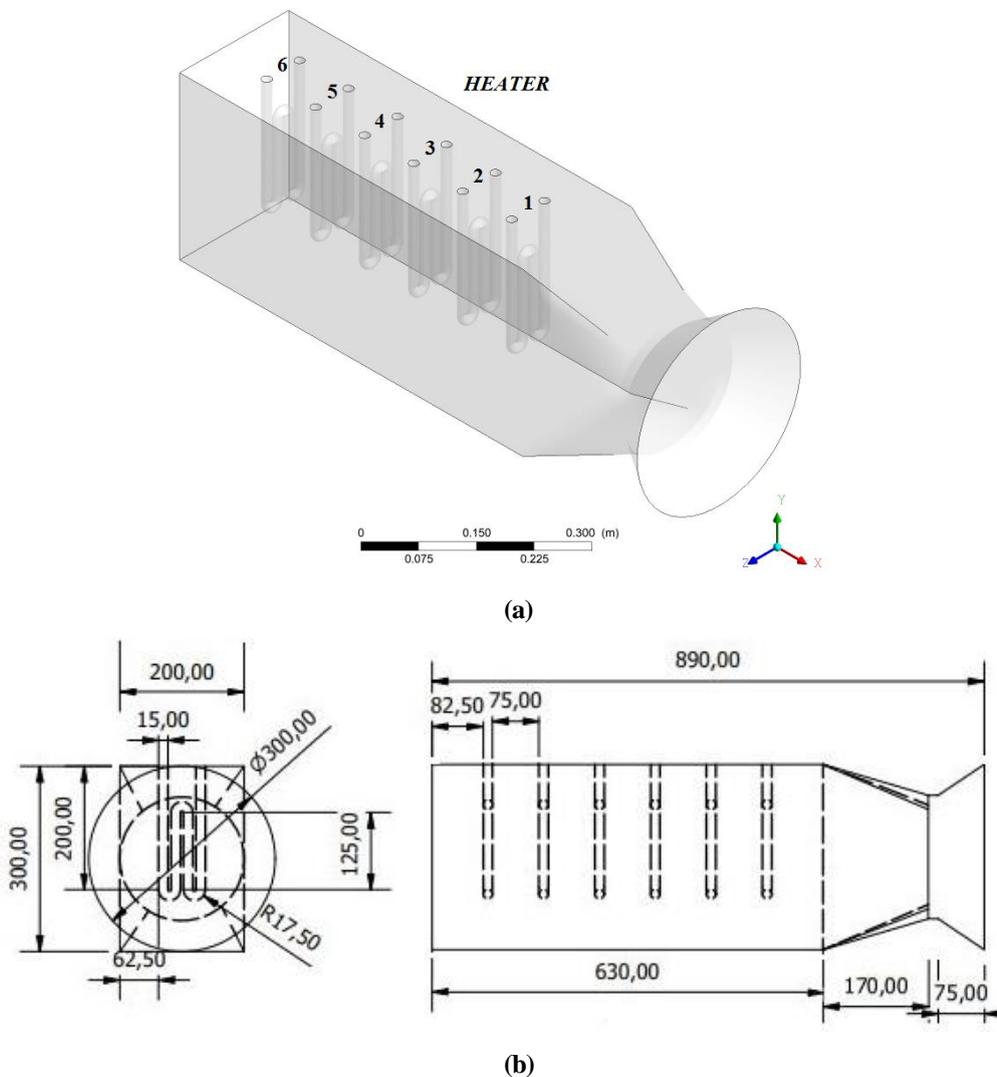
Untuk membantu dalam proses analisis, simulasi numerik digunakan sehingga dapat menghemat biaya desain dan mempermudah proses optimasi. CFD (*Computational Fluid Dynamics*) sudah lama diketahui mempunyai potensi besar untuk dapat dimanfaatkan dalam melakukan prediksi karakteristik aliran (8) dan lintasan partikel di dalam *spray dryer* (3), kemudian mulai bermunculan beberapa penelitian secara numerik menggunakan komputasi dinamika fluida. Habtegebriel, *et al* (2019) (9) juga melakukan penelitian untuk membandingkan pengaruh parameter pengeringan dengan metode simulasi komputasi dinamika fluida.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, maka perlu dilakukan simulasi untuk mengetahui pengaruh parameter pengeringan pada proses *spray dryer*. Dalam penelitian ini, parameter pengeringan yang digunakan adalah

temperatur udara masuk pada *spray dryer* dimana udara tersebut akan dipanaskan menggunakan pemanas udara terlebih dahulu. Simulasi dilakukan secara numerik dengan pemodelan tiga dimensi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hasil yang diperoleh akan menunjukkan tingkat pengaruh temperatur heater terhadap udara hasil proses pemanasan sebelum udara tersebut dikatakan layak untuk masuk pada *spray dryer* serta dapat diketahui proses perubahan temperatur udara setelah melewati masing-masing *heater*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Simulasi secara numerik dengan perangkat lunak CFD dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu tahap *pre-processing* (menggambar geometri seperti Gambar 1 dan memasukan parameter simulasi (pada Tabel 1), tahap *processing*, dan tahap *post-processing*. Tahap *pre-processing* melibatkan langkah-langkah seperti pembentukan geometri sesuai dengan variasi yang telah ditetapkan dalam penelitian ini, proses meshing, penentuan jenis aliran, model turbulensi, kondisi batas, dan sifat-sifat material yang didasarkan pada informasi dari literatur. Tahap *processing* merupakan fase di mana komputer memecahkan persamaan-persamaan yang mendasari. Tahap *post-processing* hasil simulasi pemanasan udara disajikan dalam bentuk visualisasi kontur dan grafik temperatur.

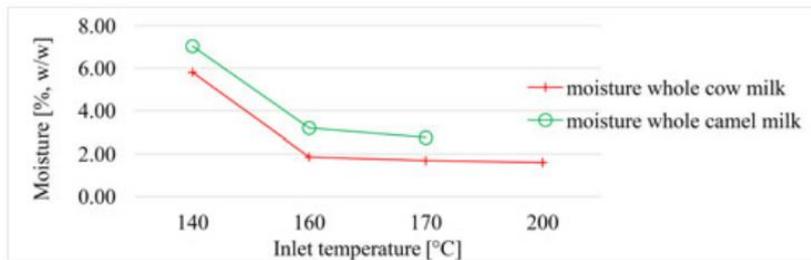


Gambar 1. Desain 3D Pemanas Udara, (a) Bentuk Pemanas Udara dengan 6 Heater (H_1 sampai H_6), (b) Dimensi Pemanas Udara

Tabel 1. Parameter Simulasi

No	Komponen Parameter	Nilai
1	Temperatur udara masuk	32°C
2	Variasi Temperatur Heater (T_H)	200, 400, 600°C
3	Velocity udara	1 m/s
4	Temperatur wall	32 °C

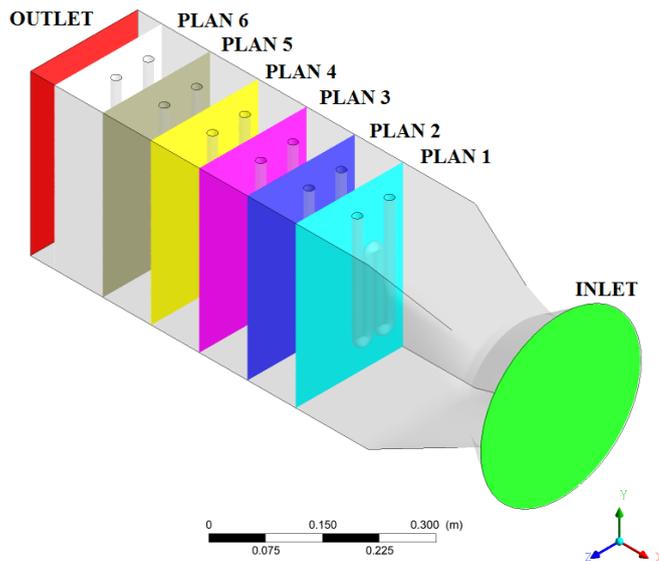
Validasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian hasil simulasi dengan kondisi sebenarnya. Dalam melakukan validasi harus memenuhi standar *error* maksimal yaitu 10%. Pada penelitian ini, hasil simulasi divalidasi dengan data eksperimen. Habtegebriel, *et al* (2019) (9) telah meneliti tentang pengaruh temperatur pengering pada proses *spray dryer* menggunakan metode komputasi dinamika fluida. Penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur udara pengering, maka akan semakin rendah nilai *moisture content* pada produk akhir. Namun, dalam penelitiannya tersebut belum menganalisis bagaimana proses udara pengering sebelum digunakan didalam *spray dryer*. Hasil penelitian Habtegebriel, *et al* (2019) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Penelitian [9]

2.1 Pengambilan Data Kontur Temperatur

Untuk mengetahui proses perubahan temperatur udara selama berada didalam *pemanas udara* dibuatlah 8 *plan* atau bidang terdiri dari *plan inlet*, *plan 1,2,3,4,5,6* (diletakkan dibelakang masing-masing *heater*), dan *plan outlet*. Dimana masing-masing posisi dari *plan* diilustrasikan seperti Gambar 3, dan koordinat peletaknya ditampilkan pada Tabel 2. *Plan* tersebut digunakan sebagai bidang penyajian data temperatur sehingga kita dapat mengetahui bagaimana proses perubahan temperatur udara terjadi mulai awal masuk *pemanas udara*, ketika melewati masing-masing *heater*, dan keluar melalui *outlet*.



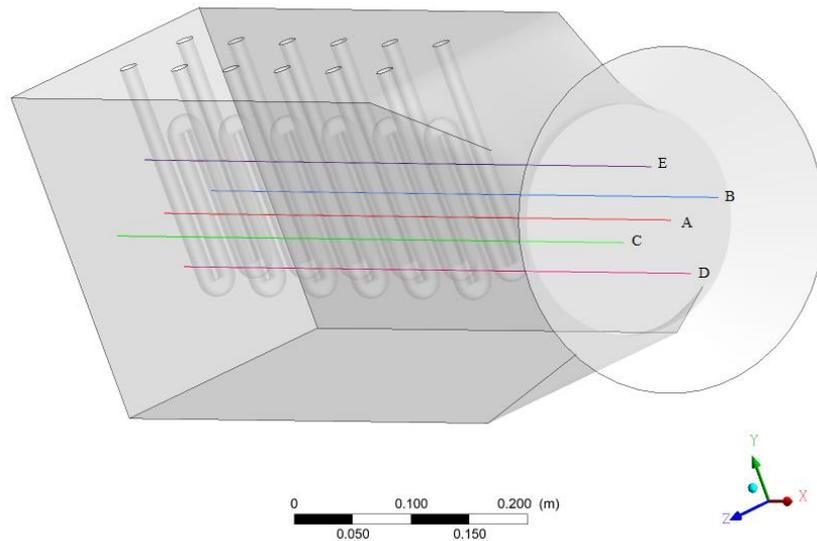
Gambar 3. Posisi Pengambilan Data Kontur (Inlet, Plan 1-6, Outlet)

Tabel 2. Letak Plan

Nama Plan	Jarak dari Outlet pada Sumbu X (m)
<i>Inlet</i>	0.889
<i>Plan 1</i>	0.495
<i>Plan 2</i>	0.405
<i>Plan 3</i>	0.315
<i>Plan 4</i>	0.225
<i>Plan 5</i>	0.135
<i>Plan 6</i>	0.045
<i>Outlet</i>	0

2.2 Pengambilan Data Grafik Temperatur

Penyajian data berupa kontur digunakan untuk mempermudah proses perbandingan masing-masing variasi yaitu dengan membandingkan nilai temperatur pada legenda grafik berdasarkan warna, sehingga tidak bisa secara akurat menampilkan berapa nilai temperatur pada titik tertentu. Maka dari itu pada penelitian ini, dibuatlah sebuah grafik untuk menyajikan data temperatur akurat sepanjang Line atau Garis, yang mana ada lima garis yang digunakan sebagai sampel, yaitu: A(merah), B(biru), C(hijau), D(merah muda), dan E(ungu) seperti pada Gambar 4.



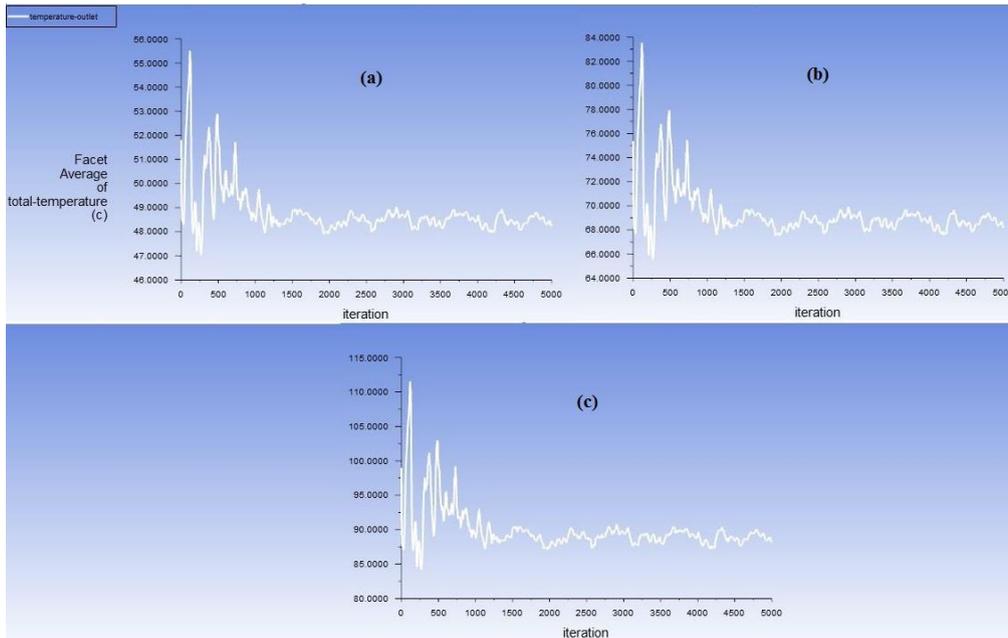
Gambar 4. Posisi Garis untuk Pengambilan Data (A, B, C, D, E)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Simulasi dan Perbandingan Hasil Simulasi dengan Data Eksperimen

Proses iterasi dilakukan secara simultan bersamaan dengan pemantauan temperatur *outlet* yang dihasilkan oleh simulasi, hal ini digunakan sebagai acuan apakah proses simulasi berjalan dengan baik atau tidak dan untuk mengetahui tingkat kestabilan dari proses simulasi. Hal tersebut akan sangat membantu para peneliti jika iterasi berjalan menuju *floating* atau *error* peneliti tidak harus menunggu sampai hal itu terjadi, tentunya akan mengurangi pemborosan waktu ketika simulasi.

Pada awal proses simulasi, temperatur *outlet* cenderung fluktuatif dan lama kelamaan akan menuju ke keadaan stabil atau *steady* seperti yang terlihat pada Gambar 5, pada semua variasi ketika melewati iterasi ke 1000, data grafik menunjukkan mulai pada keadaan stabil sampai pada iterasi berikutnya yang jika dilanjutkan akan terus seperti itu.

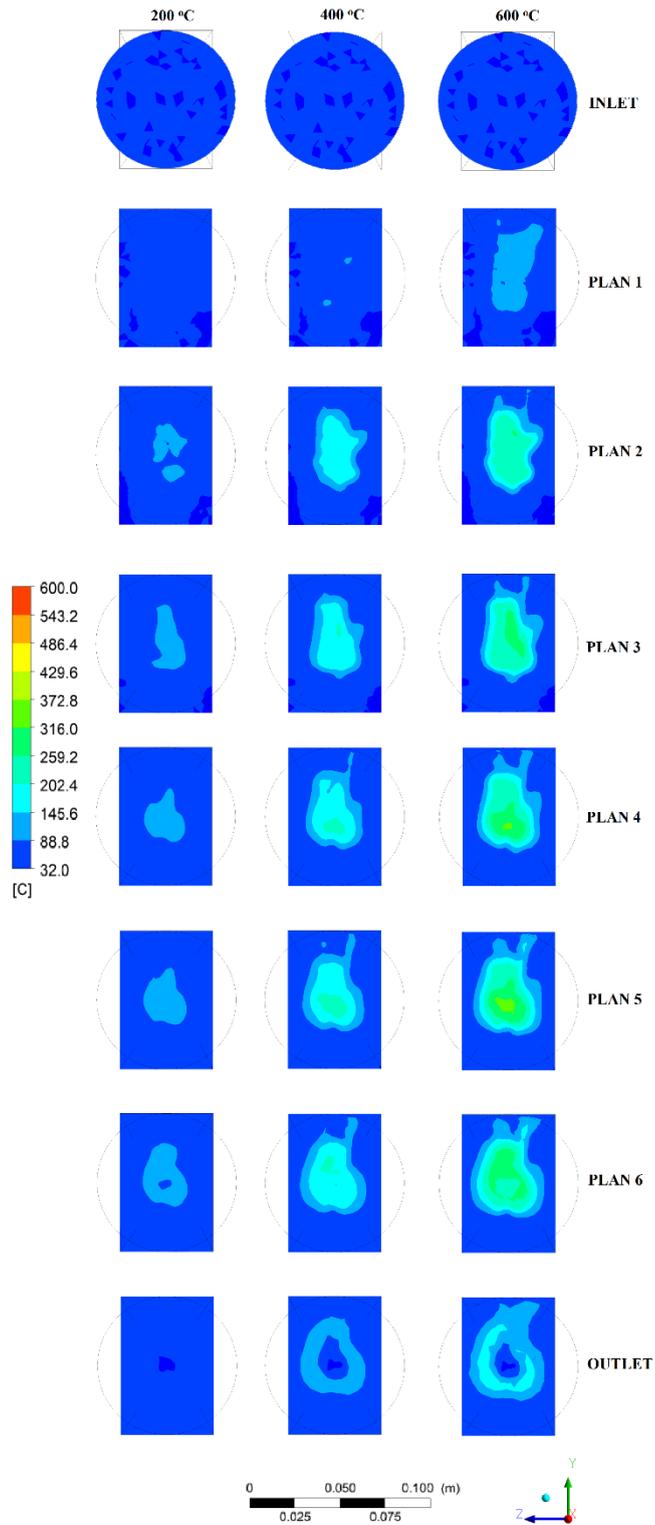


Gambar 5. Proses Simulasi Menuju Kondisi *Steady* Berdasarkan Variasi Temperatur *Heater* (T_H), (a) $T_H=200^\circ\text{C}$, (a) $T_H=400^\circ\text{C}$, (a) $T_H=600^\circ\text{C}$

Data pengujian lapangan dilakukan pada temperatur *heater* 600°C dan dengan kondisi batas lain sama seperti Tabel 1, menghasilkan temperatur *outlet* sebesar 93°C . Sedangkan hasil simulasi pada kondisi tersebut memiliki temperatur *outlet* sebesar 82.25°C , sehingga keduanya hanya memiliki *error* 3%. Nilai tersebut masih jauh dibawah batas simulasi yang diijinkan yaitu 10% (10).

3.2 Data Kontur Temperatur pada Masing-masing *Plan* Setiap Variasi

Gambar 6 menunjukkan data kontur temperatur dari masing-masing *Plan* disetiap variasi, dimana pada *Plan inlet* semua variasi menunjukkan kontur yang sama, hal ini terjadi karena memang belum ada perlakuan panas yang dilakukan terhadap udara yang masuk. *Plan* 1 sampai dengan *Plan* 6, temperatur udara berangsur-angsur naik setelah udara melewati masing-masing *heater* (temperatur rata-rata dari setiap *Plan* dapat dilihat pada Tabel 3). Semakin tinggi T_H , maka semakin tinggi juga temperatur udara yang dihasilkan dan terlihat bahwa naiknya temperatur cenderung berpusat pada bagian tengah, karena area tersebut memang area letak *heater*.



Gambar 6. Data Kontur Perubahan Temperatur pada Setiap Plan di Setiap Variasi

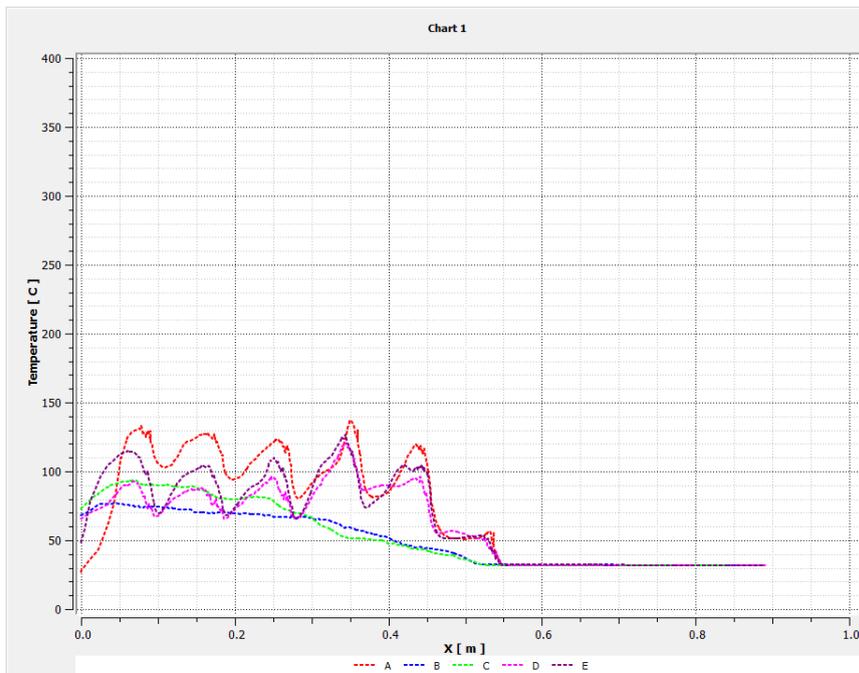
Sedangkan area dekat dinding cenderung memiliki temperatur lebih rendah dibandingkan bagian tengah, hal ini disebabkan alat pemanas udara belum dipasang isolasi pada bagian dinding untuk menjaga temperatur lingkungan (32°C) mengganggu selama proses pemanasan udara didalam sistem. Kondisi tersebut tentunya sangat berpengaruh terhadap hasil pemanasan udara, yang bisa kita lihat dari *Plan outlet* pada Gambar 5. Dimana rata-rata temperatur udara yang pada *Plan 6* sebesar 53.56°C, 79.31°C, dan 105.06°C pada variasi T_H 200°C, 400°C, dan 600°C, mengalami penurunan masing-masing sebesar 6.98°C, 14.89°C, dan 22.81°C.

Tabel 3. Data Temperatur Rata-rata pada Masing-masing Plan

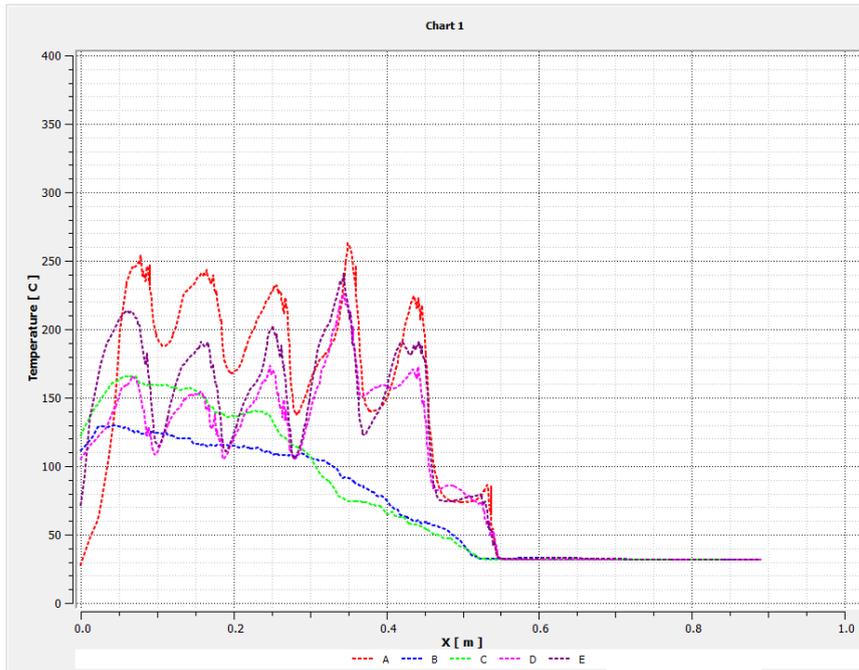
Plan	Temp. (°C)			
	T_H (°C)	200	400	600
Inlet		32.00	32.00	32.00
Plan 1		38.73	46.74	54.75
Plan 2		47.36	65.64	83.92
Plan 3		49.38	70.07	90.76
Plan 4		50.79	73.17	95.54
Plan 5		52.67	77.27	101.88
Plan 6		53.56	79.31	105.06
Outlet		46.58	64.42	82.25

3.3 Grafik Perubahan Temperatur Selama Proses Pemanasan udara pada Setiap Variasi

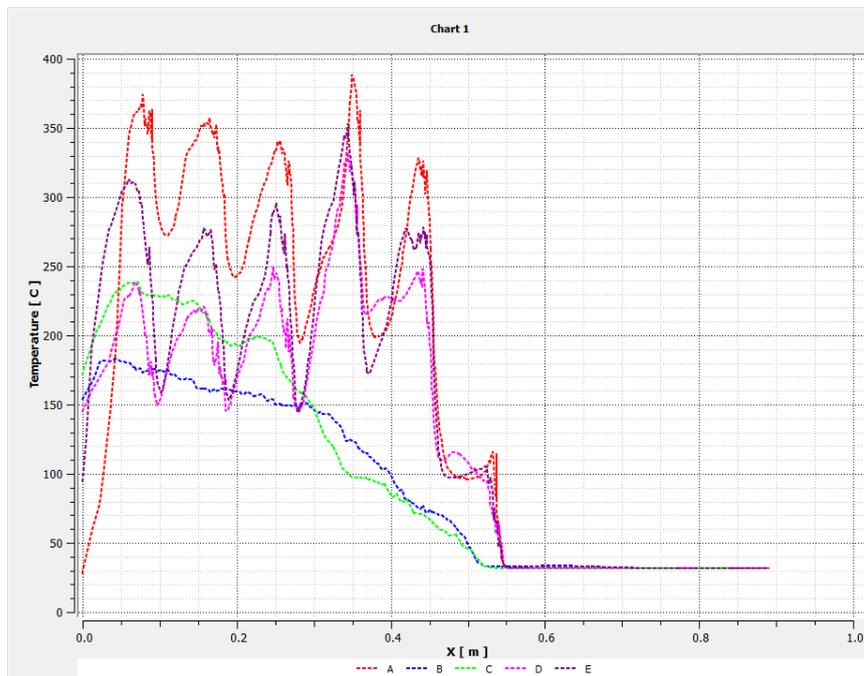
Pembacaan grafik pada Gambar 7 yaitu dari kanan sebagai *inlet* lalu ke kiri sebagai *outlet* pemanas udara. Dari ketiga variasi perubahan temperatur dimulai pada jarak 0.55 m (dari *outlet*) dimana akibat pengaruh dari panas yang dihasilkan oleh *heater 1*.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Grafik Perubahan Temperatur Selama Proses Pemanasan Udara Berdasarkan Variasi Temperatur Heater (T_H), (a) $T_H=200^\circ\text{C}$, (a) $T_H=400^\circ\text{C}$, (a) $T_H=600^\circ\text{C}$

Terdapat lima puncak grafik yang merupakan letak atau posisi dari heater 2 sampai heater 6. Semua variasi memperlihatkan bahwa temperatur tertinggi ada pada area heater 3, dan setiap melewati heater udara mengalami penurunan temperatur yang cukup ekstrem akibat temperatur dinding. Hal ini diperkuat dengan data line B dan line C yang letaknya ada disisi samping dekat dinding cenderung tidak seperti line yang lain

yang mengalami kenaikan signifikan karena mendekati *heater*, sehingga hal ini menjadi perhatian khusus untuk penelitian selanjutnya tentang adanya perubahan desain dan sistem kerja dari alat pemanas udara ini, karena pemanasan udara yang terjadi menjadi tidak efisien.

4. KESIMPULAN

Dari data-data dan pembahasan yang ditampilkan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa simulasi yang dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur udara selama proses pemanasan mempunyai nilai *error* sebesar 3% dibandingkan dengan data eksperimen. Semakin tinggi temperatur *heater* maka akan menghasilkan temperatur *outlet* yang tinggi pula. Temperatur tertinggi berada pada area *heater* dan temperatur dinding pemanas udara sangat mempengaruhi proses pemanasan udara. Udara setelah melewati *heater 3* mempunyai nilai temperatur yang paling tinggi dibandingkan *heater-heater* sebelumnya dan bahkan *heater-heater* setelahnya. Dari kesimpulan tersebut, alat pemanas udara harus dievaluasi ulang terutama dari segi desain dan sistem kerjanya untuk meningkatkan efisiensi pemanasan udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan Tim peneliti kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muria Kudus karena telah mendukung dan membiayai penelitian ini, melalui skema penelitian kerjasama lokal kabupaten/pemula berdasarkan Skema Penelitian Internal Universitas Muria Kudus Tahun 2023 Nomor : 710/LPPM.UMK/B.09.470/XII/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Murdinah (2015) 'The Use of Alginate in Lemon Extract Effervescent Powder Production', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(2), pp. 177–189. doi: 10.17844/jphpi.2015.18.2.177.
- 2 Yohana, E. *et al.* (2018) 'A study of tea leaves drying using dehumidification process and regeneration of liquid desiccant in a closed-cycle dehumidification-humidification', MATEC Web of Conference, Volume 159, no. 02025, pp. 6, 2018, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815902025>
- 3 Anandharamakrishnan, C. *et al.* (2010) 'A Study of Particle Histories during Spray Drying Using Computational Fluid Dynamic Simulations', *Drying Technology*, 28(5), pp. 566–576. doi: 10.1080/07373931003787918.
- 4 Mujumdar, A. S. (2014) *Handbook of Industrial Drying*. Fourth Edi. CRC Press.
- 5 Dewi, A. K. and Satibi, L. (2009) 'Kajian Pengaruh Temperatur Pengeringan Semprot (Spray Dryer) Terhadap Waktu Pengeringan dan Rendemen Bubuk Santan Kelapa (Coconut Milk Powder)', pp. 25–31.
- 6 Arepally, D. and Goswami, T. K. (2019) 'Effect of inlet air temperature and gum Arabic concentration on encapsulation of probiotics by spray drying', *LWT*. Elsevier, 99(October 2018), pp. 583–593. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.022.
- 7 Jubaer, H. *et al.* (2019) 'On the effect of turbulence models on CFD simulations of a counter-current spray drying process', *Chemical Engineering Research and Design*. Institution of Chemical Engineers, 141, pp. 592–607. doi: 10.1016/j.cherd.2018.11.024.
- 8 Yohana, E. *et al.* (2017) 'CFD Analysis of Temperature Distribution and Relative Humidity in Humidifying Sample House with Liquid Desiccant Concentration of 50% and Temperature of 10 °C', *Advanced Science Letters*, Volume 23, Number 3, March 2017, pp. 2243-2245(3). <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8719>
- 9 Habtegebriel, H. *et al.* (2019) 'The potential of computational fluid dynamics simulation to investigate the relation between quality parameters and outlet temperature during spray drying of camel milk', *Drying Technology*. Taylor & Francis, 0(0), pp. 1–15. doi: 10.1080/07373937.2019.1684317.
- 10 Bahar, S. *et al.* (2022) 'Simulasi Numerik Pengaruh Modifikasi Vortex Finder Terhadap Performa New Cyclone Separator', *ROTASI*, vol. 24, no. 1, pp. 42-49, Jan. 2022. <https://doi.org/10.14710/rotasi.24.1.42-49>