

ANALISIS DISTRIBUSI PANAS PADA ALAT PENGERING BRIKET ARANG MENGGUNAKAN CFD

I Gede Eka Lesmana¹, Ade Erwin Alansyah²

^{1,2}Dept. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila
Jalan Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan
HP: 081388208275, E-mail: gdlesmana@univpancasila.ac.id

Abstrak

Pengeringan merupakan suatu proses perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara kedua permukaan. Komponen aliran udara saat proses pengeringan meliputi kecepatan, temperatur, tekanan, dan kelembaban. Akan tetapi pada kondisi aslinya, banyak ditemukan beberapa masalah, salah satunya adalah tidak meratanya distribusi panas pada alat pengering yang digunakan.

Pada saat melakukan penelitian memiliki beberapa tujuan, yaitu melakukan penelitian distribusi panas yang optimum dalam ruang pengering briket arang sebagai alternatif pengeringan dan melakukan pengujian menggunakan CFD untuk menganalisis distribusi panas dalam ruang pengering.

Alat pengering briket arang sistem Tray Drying (pengering rak bertingkat) terdapat 7 rak yang disusun bertingkat untuk meletakkan briket arang basah. Menentukan sistem pengeringan dilakukan untuk mengetahui distribusi suhu udara dalam ruang pengering berdasarkan Inlet dan outlet udara yang bervariasi sebagai perbandingan untuk mendapatkan distribusi panas yang optimum 60 °C dalam ruang pengering. Sumber panas pengeringan berasal dari pemanas listrik yang didorong udara blower masuk ke ruang pengering dengan bantuan pipa fleksibel. Udara panas ini terus mengalir untuk meningkatkan suhu udara di ruang pengering melalui proses heat transfer.

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada varian 1 dan 2. Hal tersebut dapat dilihat bahwa hasil simulasi dari berbagai temperatur inlet yang paling mendekati nilai optimum dalam ruang pengering pada varian 1. Hal ini disebabkan karena temperatur suatu molekul berbanding terbalik dengan massa jenisnya. Semakin besar temperatur suatu molekul, maka massa jenisnya akan semakin kecil. Oleh karena itu, diperlukan lubang outlet pada bagian atas.

Hasil yang mendekati nilai optimum yaitu pada varian 1. Hasil rata-rata temperatur rak dengan nilai maksimum 56.43 °C dengan temperatur inlet 100 °C. Desain varian 1 adalah desain yang paling baik dibandingkan varian 2, karena nilai temperatur rak-1 s.d 5 mendekati hasil optimum. Terdapat temperatur berlebih pada rak-6 s.d 7 namun tidak terlalu jauh yaitu 61.19 °C dan 62.48 °C.

Kata Kunci: Distribusi Panas, Alat Pengering, CFD

Abstract

Drying of heat transfer is a process that occurs due to a significant difference in temperature between the two surfaces. The components of the air flow when the drying process include speed, temperature, pressure, and humidity. However, in its original condition, found several problems, one of which is the uneven distribution of heat on the dryers are used. At the time of the study has several objectives, namely do research the optimum heat distribution in space as an alternative to charcoal briquette dryers drying and conduct testing using CFD to analyze the distribution of heat in the space of dryer.

Charcoal briquette dryers System Tray Drying (drying racks-floor) there are 7 storey arranged shelves for putting wet charcoal briquettes. Determining the drying system is performed to find out the distribution of air temperature in the dryer Inlet and outlet air based on the varied in comparison to get the optimum heat distribution is 60 °C in the dryer. Drying heat sources comes from electric heater air blower driven into the dryer with the help of the flexible pipe. Hot air continues to flow to increase the temperature of the air in the dryer through the process of heat transfer.

The test is performed three times on variants 1 and 2. It can be seen that the results of the simulation of various temperature inlet the most optimum value in approaching spaces dryer in Variant 1. This is because the temperature of a molecule is inversely proportional to its mass. The greater the temperature of a molecule, then the density will be getting smaller. Therefore, the required outlet hole at the top.

Optimum value approach results in Variant 1. The results of the average temperature of the rack with a maximum value of 56.43 °C inlet temperature 100 °C. Design Variant 1 is the most excellent design than the Variant 2, because the value of the temperature of the rack 1 to 5 approaching the optimum results. There is excess temperature in the rack 6 to 7 but not too far, namely 61.19 to 62.48 °C.

Keywords: Heat Distribution, Dryers, CFD

1. PENDAHULUAN

3.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat menyebabkan permintaan energi semakin meningkat pula. Sektor energi memiliki peran penting dalam rangka mendukung kelangsungan proses pembangunan nasional [1]. Energi sebagian besar digunakan pada sektor rumah tangga, industri dan transportasi, sedangkan cadangan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara yang selama ini merupakan sumber utama energi jumlahnya semakin menipis [2]. Hal ini menyebabkan timbulnya kekhawatiran akan terjadinya kelangkaan bahan bakar di masa yang akan datang. Dengan demikian perlu diupayakan sumber energi alternatif lain yang berasal dari bahan baku yang bersifat kontinyu dan dapat diperbaharui seperti energi biomassa.

Sampah yang dihasilkan di kota-kota besar seperti di Medan, Bandung, Semarang, Surabaya dan Jakarta bervariasi antara 0,458 - 3,5 kg limbah/orang /hari. Jenis sampah dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu sampah anorganik dan organik. Sampah organik antara lain sampah dapur, ranting-ranting pohon, daun, kayu, bambu, sabut kelapa dan tempurung kelapa belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu upaya dalam rangka penyediaan energi alternatif sekaligus menjadi alternatif penanggulangan sampah perkotaan adalah dengan memanfaatkan limbah organik perkotaan tersebut sebagai bahan baku pembuatan briket arang [3].

Briket adalah bahan bakar alternatif (energi terbarukan) pengganti batu bara yang menyerupai arang tetapi terbuat dari bahan non-kayu. Bahan yang digunakan untuk pembuatan briket arang antara lain adalah serbuk gergajian kayu dan tempurung kelapa. Serbuk gergajian kayu dan tempurung kelapa secara terpisah dibuat arang dengan menggunakan klik drum modifikasi selama 5-7 jam. Arang serbuk gergaji yang dihasilkan disaring pada ukuran lolos 50 *mesh*. Arang hasil penyaringan kemudian dibuat briket pada beberapa komposisi bahan baku setelah terlebih dahulu dicampur dengan perekat kanji sebanyak 2,5% dari berat sabuk arang. Komposisi campuran yang dibuat kemudian dikempa dingin pada tekanan 50 ton untuk 16 lubang atau cetakan briket. Briket hasil cetakan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama \pm 24 jam. Kemudian briket di uji sifat fisis dan kimianya. Sifat fisis yang diuji meliputi kerapatan dan kekuatan tekan, sedangkan sifat kimia terdiri dari kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor [5].

Metode yang digunakan untuk mengurangi kadar air pada briket adalah pengeringan. Pengeringan merupakan suatu proses perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara kedua permukaan, sehingga kadar air pada briket berkurang. Aliran udara panas yang digunakan sebagai fluida kerja bagi sistem pengeringan ini. Komponen aliran udara saat proses pengeringan meliputi kecepatan, temperatur, tekanan, dan kelembaban [4].

Alat pengering pada umumnya menggunakan panas sebagai fluida kerja untuk pengeringan. Hal ini karena dengan mudahnya mendapatkan sumber panas. Akan tetapi pada kondisi aslinya, banyak ditemukan beberapa masalah, salah satunya adalah tidak meratanya distribusi panas pada alat pengering yang digunakan [4]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian untuk analisis distribusi panas pada alat pengering briket arang yang ada di Laboratorium Mesin Universitas Pancasila menggunakan *software CFD (Computational Fluid Dynamics)*.

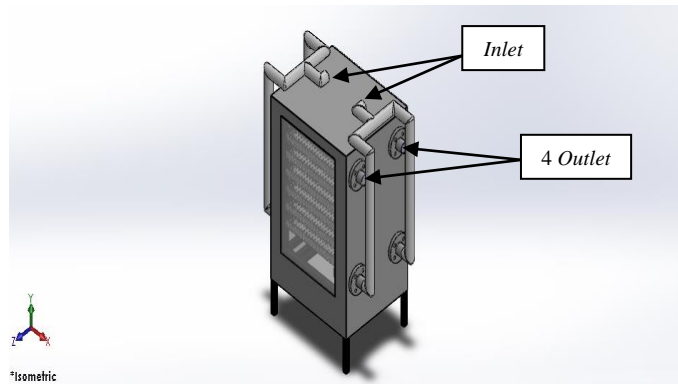
1.2 Tujuan

Pada saat melakukan penelitian memiliki beberapa tujuan, sebagai berikut:

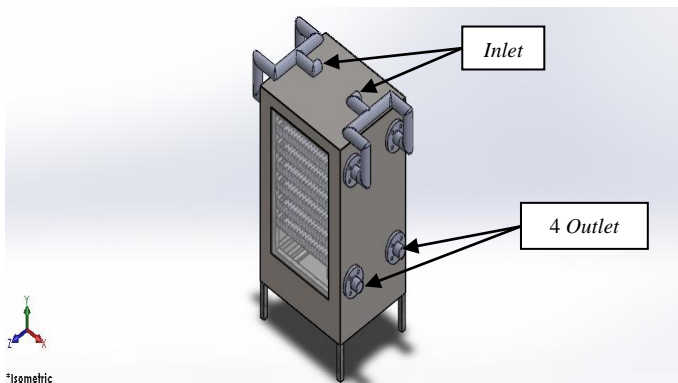
- Melakukan penelitian distribusi panas yang optimum dalam ruang pengering briket arang sebagai alternatif pengeringan.
- Melakukan pengujian menggunakan *CFD* untuk menganalisis distribusi panas dalam ruang pengering.

2. METODE PENELITIAN

Alat pengering briket arang sistem *Tray Drying* (pengering rak bertingkat) terdapat 7 rak yang disusun bertingkat untuk meletakkan briket arang basah. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menentukan sistem pengeringan, pengambilan data, simulasi *CFD*, dan analisis data. Menentukan sistem pengeringan dilakukan untuk mengetahui distribusi suhu udara dalam ruang pengering berdasarkan *Inlet* dan *outlet* udara yang bervariasi sebagai perbandingan untuk mendapatkan distribusi panas yang optimum 60 °C dalam ruang pengering.



Gambar.1 Alat Pengering Briket Arang Varian 1



Gambar.2 Alat Pengering Briket Arang Varian 2

Sumber panas pengeringan berasal dari pemanas listrik yang didorong udara *blower* masuk ke ruang pengering dengan bantuan pipa fleksibel. Udara panas ini terus mengalir untuk meningkatkan suhu udara di ruang pengering melalui proses *heat transfer*. Sedangkan uap air yang berasal dari briket arang karena proses pemanasan, mengalir keluar melalui lubang *outlet* secara alami.

Konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi antara partikel yang saling bersentuhan, tetapi tidak bergerak atau statis. Bentuk umum Persamaan.1 konduksi, menghitung laju perpindahan kalor (*Fourier Law of Heat Conduction* [6]):

$$q_k = \frac{A(T_p - T_d)h_k}{\Delta x} = \frac{\Delta T}{\Delta x / (h_k \cdot A)} = \frac{\text{thermal potential}}{\text{thermal resistance}} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dimana:

- q_k = Laju perpindahan panas konduksi [W] atau [J/s]
- h_k = Koefisien konduksi [W/m.K]
- A = Luas penampang tegak lurus arah perpindahan panas [m²]
- T_p = Temperatur yang lebih panas [K]
- T_d = Temperatur yang lebih dingin [K]
- Δx = Panjang atau jarak antara ($T_p - T_d$) [m]

Konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi antara partikel-partikel yang bergerak relatif satu terhadap yang lain dan saling bersentuhan, seperti pada aliran fluida. Laju perpindahan kalor dihubungkan dengan beda suhu menyeluruh antara dinding, fluida, dan luas permukaan. Besar h_c disebut koefisien perpindahan kalor konveksi (*convection heat transfer coefficient*). Persamaan.2 yang digunakan adalah [6]:

$$q_c = h_c \cdot A(T_p - T_h) \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Dimana:

- q_c = Laju perpindahan panas konveksi [W] atau [J/s]
- h_c = Koefisien konveksi [W/m².K]
- A = Luas permukaan perpindahan panas [m²]
- T_p = Temperatur permukaan padat [K]

$$T_h = \text{Temperatur aliran bebas (free stream) [K]}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Setelah Pengujian (Varian 1)

Pengujian pada varian 1 dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan temperatur yang optimum 60 °C dalam ruang pengering. Berikut hasil pengujian tersebut:

a. Pengujian Dengan Temperatur *Inlet* 60 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur *Inlet* 60 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 1 Nilai Maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	36.57	40.81	39.21
2	37.01	41.19	39.78
3	37.21	41.7	40.32
4	37.89	42.45	40.88
5	39.07	42.55	41.09
6	39.32	43.19	41.04
7	39.59	43.51	41.29

Tabel. 2 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	27.37	34.28	28.18
Bawah (SS)	27.12	28.03	27.27
Samping Kiri (SS)	27.28	29.8	27.75
Samping Kanan (SS)	27.18	29.79	27.73
Depan (SS)	27.26	28.99	27.65
Depan (Acrylic)	27.27	32.61	28.32
Belakang (Acrylic)	27.12	32.45	28.06

Tabel. 3 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur *Outlet*

Temperatur <i>Outlet</i> [°C]		
Min	Max	Av
32.28	40.07	37.81

b. Pengujian Dengan Temperatur *Inlet* 80 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur 80 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 4 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	43.13	49.01	46.67
2	45.9	49.76	48.24
3	46.16	50.17	48.16
4	44.12	50.26	48.15
5	43.72	51.23	48.43
6	45.4	52.28	48.78
7	46.58	53.04	49.41

Tabel. 5 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	27.77	38.69	29.04
Bawah (SS)	27.08	27.88	27.22
Samping Kiri (SS)	27.34	31.43	28.18
Samping Kanan (SS)	27.2	31.31	28.22
Depan (SS)	27.22	29.8	27.92
Depan (Acrylic)	27.41	35.53	29.12
Belakang (Acrylic)	27.13	35.21	28.62

Tabel. 6 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur Outlet

Temperatur Outlet [°C]		
Min	Max	Av
28.62	46.95	43.89

c. Pengujian Dengan Temperatur Inlet 100 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur 100 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 7 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

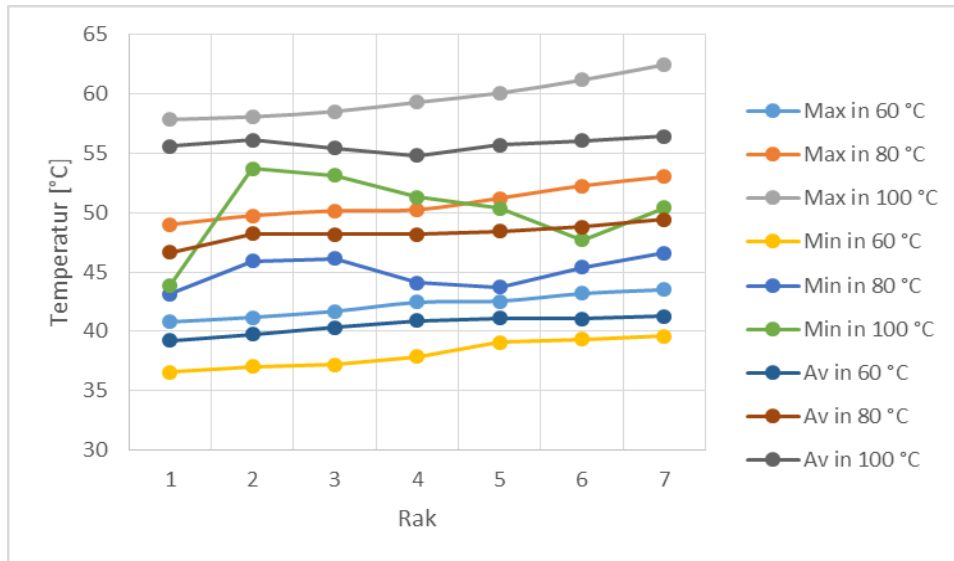
Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	43.89	57.86	55.59
2	53.74	58.09	56.11
3	53.14	58.54	55.43
4	51.31	59.31	54.81
5	50.37	60.09	55.71
6	47.71	61.19	56.07
7	50.43	62.48	56.43

Tabel. 8 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	28.09	43.17	29.81
Bawah (SS)	27.07	27.82	27.17
Samping Kiri (SS)	27.21	33.09	28.73
Samping Kanan (SS)	27.26	32.6	28.59
Depan (SS)	27.19	30.28	28.28
Depan (Acrylic)	27.74	38.12	29.95
Belakang (Acrylic)	27.11	37.98	29.21

Tabel. 9 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur Outlet

Temperatur Outlet [°C]		
Min	Max	Av
39.03	54.59	49.89



Gambar. 3 Grafik Rak Terhadap Temperatur Pada Temperatur *Inlet* 60, 80, 100 °C

Gambar.3 merupakan grafik perbandingan temperatur dengan rak berdasarkan temperatur *inlet* pada alat pengering briket arang varian 1 yaitu dengan *inlet* bawah. Hasil grafik menunjukkan variasi temperatur *inlet* 60, 80, 100 °C. Variasi temperatur menunjukkan bahwa temperatur *inlet* sebesar 100 °C telah mendapatkan nilai yang optimum 60 °C pada ruang pengering yaitu pada rak ke-5 dengan nilai temperatur maksimum 60.09 °C. Kemudian pada rak yang lainnya sudah mendekati nilai optimum yang diinginkan yaitu rak-1 57.86 °C, rak-2 58.09 °C, rak-3 58.54 °C, rak-4 59.31 °C, rak-6 61.19 °C, dan rak-7 dengan nilai 62.48 °C.

3.2 Data Setelah Pengujian (Varian 2)

Pengujian pada varian 2 dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan temperatur yang optimum 60 °C dalam ruang pengering. Berikut hasil pengujian tersebut:

a. Pengujian Dengan Temperatur *Inlet* 60 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur *Inlet* 60 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 10 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	46.42	49.35	48.11
2	47.04	49.24	48.31
3	46.64	48.84	47.75
4	45.68	47.6	46.12
5	44.72	46.52	45.21
6	43.05	44.99	43.66
7	38.76	41.55	39.62

Tabel. 11 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	27.92	33.88	28.72
Bawah (SS)	27.01	27.14	27.02
Samping Kiri (SS)	27.02	30.02	27.99
Samping Kanan (SS)	27.02	29.9	27.94
Depan (SS)	27.02	28.81	27.64
Depan (Acrylic)	27.31	34.21	28.89
Belakang (Acrylic)	27.02	34	28.31

Tabel. 12 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur *Outlet*

Temperatur <i>Outlet</i> [°C]		
Min	Max	Av
32.39	41.49	37.7

b. Pengujian Dengan Temperatur *Inlet* 80 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur 80 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 13 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	57.31	62.71	60.75
2	58.94	62.44	60.9
3	57.74	61.54	59.4
4	56.18	59.63	56.88
5	54.21	56.77	55.03
6	50.78	53.61	51.55
7	44.2	48.35	45.27

Tabel. 14 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	28.46	38.12	29.87
Bawah (SS)	27.01	27.18	27.03
Samping Kiri (SS)	27.04	31.8	28.56
Samping Kanan (SS)	27.03	31.58	28.54
Depan (SS)	27.04	29.99	28.08
Depan (<i>Acrylic</i>)	27.45	38.33	30.05
Belakang (<i>Acrylic</i>)	27.03	38.58	29.14

Tabel. 15 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur *Outlet*

Temperatur <i>Outlet</i> [°C]		
Min	Max	Av
35.31	46.08	42.62

c. Pengujian Dengan Temperatur *Inlet* 100 °C

Setelah dilakukan pengujian dengan temperatur *Inlet* 100 °C, kondisi ruang pengering briket arang sebagai berikut:

Tabel. 16 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Rak

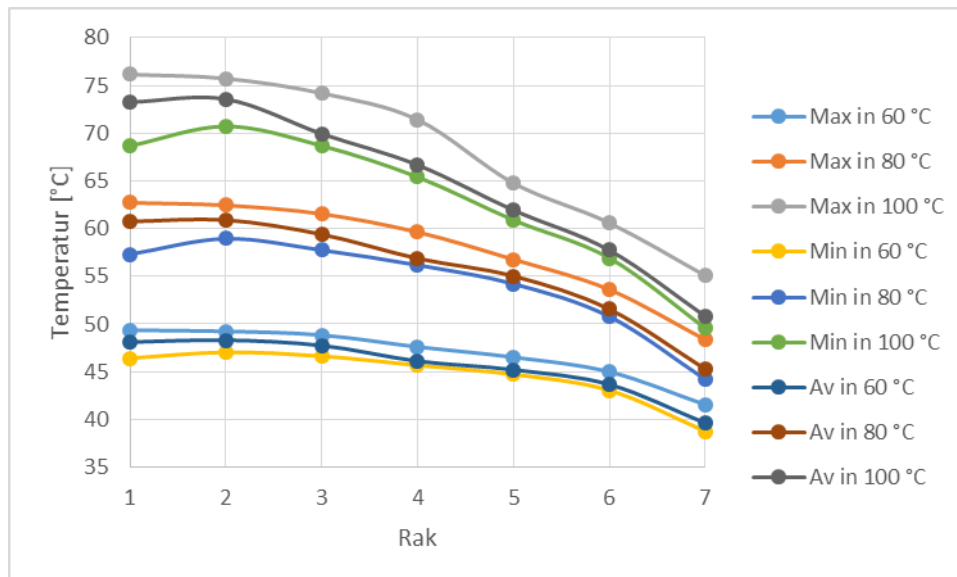
Rak	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
1	68.68	76.16	73.26
2	70.72	75.73	73.57
3	68.68	74.19	69.94
4	65.41	71.41	66.67
5	60.89	64.77	61.93
6	56.91	60.59	57.73
7	49.57	55.07	50.81

Tabel. 17 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Dinding

Dinding	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Av
Atas (SS)	29.29	42.19	31.11
Bawah (SS)	27.01	27.14	27.03
Samping Kiri (SS)	27.04	33.82	29.17
Samping Kanan (SS)	27.04	33.4	29.13
Depan (SS)	27.04	31.44	28.54
Depan (Acrylic)	27.81	43.96	31.17
Belakang (Acrylic)	27.03	43.78	29.94

Tabel. 18 Nilai maksimum, minimum, dan rata-rata dari Temperatur Outlet

Temperatur Outlet [°C]		
Min	Max	Av
33.67	51.39	46.35



Gambar. 4 Grafik Rak Terhadap Temperatur Pada Temperatur Inlet 60,80,100 °C

Gambar.3 merupakan grafik hasil temperatur rak pada varian 1 dan Gambar.4 merupakan grafik temperatur rak pada varian 2. Dari kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa hasil simulasi dari berbagai temperatur inlet yang paling mendekati nilai optimum dalam ruang pengering pada Gambar.3 hasil dari varian 1. Hal ini disebabkan karena temperatur suatu molekul berbanding terbalik dengan massa jenisnya. Semakin besar temperatur suatu molekul, maka massa jenisnya akan semakin kecil. Karenanya, diperlukan lubang outlet pada bagian atas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil yang mendekati nilai optimum dalam ruang pengering briket arang yaitu pada varian 1. Dimana hasil rata-rata temperatur rak dengan nilai maksimum 56.43 °C dengan temperatur inlet 100 °C.
- Desain varian 1 adalah desain yang paling baik dibandingkan varian 2, karena nilai temperatur rak-1 s.d 5 mendekati hasil optimum pada temperatur inlet 100 °C. Terdapat temperatur berlebih pada rak-6 s.d 7 namun tidak terlalu jauh yaitu 61.19 °C dan 62.48 °C.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Pancasila yang telah mendanai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Lubis dan A. Sugiyono, "Overview of Energy Planning in Indonesia," dalam *Technical Committee Meeting to Asses and Compare the Potential Rule of Nuclear Power and Other Option in Alleviating Health and Environmental Impacts Electricity Generation*, Vienna, Austria, 1996.
- [2] Indarti, "Country Paper," dalam *Indonesia regional seminar on commercialization of biomass*, Guangzhou, China, 2001.
- [3] K. Abdullah, *Biomass Energy Potential and Utilization in Indonesia*, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2002.
- [4] E. Koswara, "Analisis Penyebaran Panas Pada Alat Pengering Jagung Menggunakan CFD," Majalengka, Jawa Barat, 2017.
- [5] D. Hendra dan S. Darmawan, "Pembuatan Briket Arang Dari Serbuk Gergajian Kayu Dengan Penambahan Tempurung Kelapa," *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, pp. 1-9, 2000.
- [6] W. Paryatmo, *Perpindahan Kalor dan Massa Teori Dasar dan Aplikasi*, Jakarta: Engineering Clinics FTUP, 2011.