

Analisis Distribusi Panas pada Variasi Posisi Pipa dan Diameter Pipa Penghantar Panas terhadap Efisiensi Pengeringan Rengginang Menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Wira Febrian¹, Mietra Anggara¹, Fadli Dzil Ikram¹, Aldrin¹

¹Teknik Mesin, Universitas Teknologi Sumbawa, Sumbawa, Indonesia

Email: wirafebri15@gmail.com

ABSTRAK

Selama proses pengeringan bekerja akan terjadi perpindahan panas dalam ruangan pengering. Perpindahan panas terjadi akibat aliran fluida di dalam pipa dari tungku pemanas dan blower kedalam ruangan pengering belum merata. Maka dari itu analisa perpindahan panas perlu dilakukan agar tidak terjadi distribusi panas menyebar hanya ke satu bagian rak atau sudut ruang pengering yang mengalami panas berlebih dan ada bagian rak atau sudut yang bertemperatur rendah (panas tidak merata). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas terhadap distribusi panas menggunakan computational fluid dynamic (CFD), laju pengeringan rengginang dan efisiensi pengeringan rengginang. Penelitian ini menggunakan metode simulasi menggunakan laptop dan melakukan metode eksperimen untuk validasi data. Hasil penelitian menunjukkan posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan pipa berukuran 1 inch) mendistribusikan udara panas yang cukup merata keseluruh bagian rak mesin pengering rengginang otomatis, yang memiliki temperatur paling tinggi di sensor ke 3 dan paling rendah disensor ke 4. Posisi ini memiliki rata-rata temperatur 46,9°C dan toleransi temperatur 2,1°C. Kemudian melakukan validasi eksperimen dengan hasil <5% dan didapatkan laju pengeringan rengginang sebesar 1,04 g/menit atau 0,0624 kg/jam serta efisiensi pengeringan rengginang sebesar 1,25%.

Kata Kunci: Distribusi panas, laju pengeringan, efisiensi pengeringan

Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Rengginang adalah salah satu makanan tradisional khas Indonesia yang dibuat dari bahan beras ketan putih atau hitam, umumnya berbentuk lingkaran dengan ukuran tertentu, berasa manis atau gurih, dan mempunyai tekstur renyah. Ada beberapa macam variasi rengginang dengan cara pembuatan yang berbeda-beda, terutama pada bumbu yang ditambahkan, bentuk, dan juga ukurannya. Meskipun demikian, secara umum proses pembuatan rengginang relatif sama atau serupa [8]. Pada proses penjemuran atau pengeringan yang masih menggunakan sinar matahari, sehingga ketergantungan pada kondisi cuaca saat pengeringan menjadikan persoalan tersendiri. Apalagi di musim penghujan antara bulan Januari sampai Mei bisa mempengaruhi produksi [10].

Salah satu tahap penting dalam pembuatan rengginang adalah pengeringan. Pengeringan terbagi atas dua yaitu: pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pengeringan alami merupakan pengeringan dengan cara konvensional yang memanfaatkan radiasi sinar surya, sedangkan pengeringan buatan adalah pengeringan dengan menggunakan mesin atau menggunakan bahan bakar fosil ataupun biomassa sebagai energi pengeringnya. Proses pengeringan merupakan hal yang penting untuk diperhatikan karena keberhasilan produk dan kerenyahannya tergantung dari proses pengeringan. Kerenyahannya rengginang sangat ditentukan oleh kadar airnya. Semakin banyak mengandung air, maka rengginang akan semakin kurang renyah [6]. Proses pengeringan rengginang bertujuan untuk menurunkan kadar air dalam rengginang. Rengginang basah mengandung banyak air, jika tidak segera dikeringkan akan menjadi tempat yang sangat baik bagi pertumbuhan bakteri pembusuk maupun mikroorganisme lainnya. Sehingga melalui proses pengeringan aktifitas bakteri akan terhambat dan proses pembusukan dapat dicegah. Pengeringan pada rengginang dilakukan hingga kadar air mencapai standar SNI.

Pada penelitian sebelumnya, Pembuatan mesin pengering rengginang menggunakan Dimensi panjang 70 cm, lebar 66 cm dan tinggi 147 cm. Kapasitas 4 rak / loyang Setiap 1 rak memiliki ukuran 40 x 40 cm yang muat sekitar 40 biji rengginang dengan diameter rengginang 4 cm [9]. Maka untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dimensi dikembangkan mesin pengering rengginang otomatis dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 50 cm dan tinggi 130 cm. Kapasitas 5 rak / loyang, Setiap 1 rak memiliki ukuran 50 x 45 cm yang muat sekitar 60 biji rengginang dengan diameter rengginang 5 cm. Kemudian Mesin pengering rengginang menggunakan pipa galvanis untuk mendistribusikan panas yang penelitian sebelumnya menggunakan besi yang dilubangkan dan pengembangan-pengembangan lainnya pada mesin pengering rengginang. Selama proses pengeringan bekerja akan terjadi perpindahan panas dalam ruangan pengering. Perpindahan panas terjadi akibat aliran fluida di dalam pipa dari tungku pemanas dan blower kedalam ruangan pengering belum merata. Maka dari itu analisa perpindahan panas perlu dilakukan agar tidak terjadi distribusi panas menyebar hanya

ke satu bagian rak atau sudut ruang pengering yang mengalami panas berlebih dan ada bagian rak atau sudut yang bertemperatur rendah (panas tidak merata), semisalnya hal tersebut terjadi dapat menyebabkan rengginang pada bagian rak atau sudut dengan panas rendah akan mengakibatkan rengginang masih basah dan mudah berjamur sehingga tidak bisa digoreng dan dipasarkan. Diharapkan dengan pengaturan posisi pipa yang disimulasikan menggunakan metode Computational Fluid dynamic mendapatkan hasil distribusi panas yang menyebar rata keseluruh bagian rak atau sudut ruang mesin pengering rengginang. Berikut adalah penggunaan CFD dalam mensimulasikan penyebaran panas yaitu :

Penelitian tentang penyebaran panas telah dilakukan dengan meneliti alat pengering jagung menggunakan CFD. Dengan hasil, sebaran panas awalnya terjadi tidak cukup merata karena penggunaan hanya 1 titik sumber pemanas. Akan tetapi hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan blower sebagai penyebar panas sehingga distribusi panas dapat menyebar lebih merata [3]. Penelitian Analisis eksperimental pada Computational Fluid Dynamic (CFD) dari distribusi aliran udara termal dalam oven pemanggang roti skala kecil. menunjukkan bahwa dengan CFD dan pemilihan model aliran yang cermat, juga penerapan kondisi batasan yang realistis, dapat memberikan prediksi suhu yang akurat di seluruh bagian oven [2]. Adapun menggunakan CFD untuk alat penelitian eksperimental yaitu perubahan bentuk geometri pada alat pengering yang awalnya tidak terdistribusi panas dengan baik dengan melakukan perubahan geometri pada diffuser yang awalnya panjang kemudian dipendekkan. Hasilnya memperoleh hasil distribusi panas yang cukup merata pada alat pengering bahan pangan dikarenakan pengurangan panjang diffuser [5]. Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat kenapa kita harus menggunakan CFD, yaitu Insight (Pemahaman mendalam), Foresight (Prediksi menyeluruh) dan Efficiency (Efisiensi waktu dan biaya) [4].

Melihat dari beberapa kesimpulan jurnal diatas, dapat disimpulkan dengan menggunakan metode Computational Fluids Dynamic (CFD) dapat mensimulasikan distribusi panas pada ruangan mesin pengering rengginang melalui variasi posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas . sehingga kita dapat melihat penyebaran panas dengan pengaturan mana yang baik untuk pengeringan pada rak atau sudut mesin pengering rengginang agar memperoleh hasil pengeringan yang sempurna pada rengginang. Maka dari itu Informasi terkait aliran fluida pada ruangan mesin pengering rengginang berguna untuk penentuan rancangan posisi pipa dan diameter penghantar panas pipa pengeringan dari latar belakang tersebut, maka penulis mengambil judul skripsi yaitu "*Analisis Distribusi Panas pada Variasi Posisi Pipa dan Diameter Pipa Penghantar Panas terhadap Efisiensi Pengeringan Rengginang menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)*".

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan April dan bulai Mei tahun 2023. Selain itu, penelitian ini akan dilaksanakan di Workshop Teknik Mesin Universitas Teknologi Sumbawa.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi perangkat lunak (software) dan perangkat keras (hardware) dalam menjalankan simulasi penelitian dan pengambilan data penelitian.

1). Alat Penelitian

a). Perangkat Lunak (Software)

- Autodesk Inventor 2020

Autodesk Inventor adalah software CAD untuk mendesain geometri mesin pengering rengginang.

- Ansys Workbench Student Version

Ansys perangkat lunak analisa engineer yang digunakan untuk mensimulasikan distribusi temperature pada mesin pengering rengginang.

b). Perangkat Keras (hardware)

- Laptop

Pada penelitian ini, digunakan laptop dengan spesifikasi yang lumayan untuk melaksanakan proses simulasi, dimulai dari proses design geometri sampai proses analisa simulasi.

TABLE I. SPESIFIKASI LAPTOP UNTUK PROSES SIMULASI

Perangkat	Spesifikasi
Procesor	Intel(R) Celeron(R) N4020 CPU @1.10 GHz (2 CPUs), ~1.1 GHz
RAM	8 GB

VGA Card	SSD 256 GB (NVMe®)
Operating system	Windows 10 Pro 64-bit

- Alat Validasi (Data Logger, Termokopel, Anemometer dan timbangan digital)

Dalam melakukan pengujian validasi temperature dari posisi yang baik dalam simulasi, diperlukan probe termokopel tipe K yang disambungkan ke data logger kemudian data temperatur akhir yang diperoleh dapat dimasukkan kedalam laptop. Jumlah titik pengukuran ada 4 sehingga dibutuhkan 4 probe yang masing-masing disambungkan ke data logger. Data temperature yang dihasilkan berupa tabel. Sedangkan untuk mengukur kecepatan udara pipa menggunakan anemometer. anemometer diletakkan di output lubang pipa untuk mendapatkan hasil pengukuran kecepatan udara dan suhu output pipa blower serta timbangan untuk mengukur massa dari rengginang sebelum dan sesudah dikeringkan.

2). Bahan Penelitian

a). Mesin Pengering Rengginang

Mesin pengering rengginang dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 50 cm dan tinggi 130 cm.

b). Rengginang

Rengginang yang digunakan adalah rengginang yang masih basah dengan sampel rengginang seberat 0,6 kg.

Desain Gambar Mesin Pengering Rengginang

Digunakan untuk proses simulasi dan proses pembuatan gambar desain mesin pengering rengginang dibuat dengan menggunakan software autodesk inventor 2020. Berikut terlampir pada gambar 1.



Fig. 1. Desain Mesin Pengering Rengginang

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini dipisahkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1). Variabel Bebas

a). Posisi Heater Pipa

- Posisi 1 (pipa disamping vertikal)
- Posisi 2 (pipa disamping horizontal)
- Posisi 3 (pipa dibelakang horizontal)

b). Diameter Pipa

- 1). 3/4 Inch
- 2). 1 Inch

2). Variabel Terkontrol

- Inlet temperatur 60°C

3). Variabel Terikat

- a). Distribusi panas
- b). Laju pengeringan
- c). Efisiensi pengeringan

Langkah-langkah Penelitian

Metode penelitian yang dilaksanakan adalah dengan metode simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic) dan eksperimen. Pada simulasi variabel posisi 1 dan selanjutnya simulasi dengan variabel posisi 2 dan 3 serta menggunakan ukuran pipa 3/4 inch dan 1 inch. Posisi pipa yang baik akan dilakukan uji eksperimen untuk validasi. Langkah yang dilaksanakan untuk mendapatkan metode ini sebagai berikut :

- Mesin pengering rengginang memiliki beberapa komponen utama, bagian yang utama untuk penelitian ini adalah pipa penghantar panas.
- Melakukan simulasi pada posisi 1 dengan menggunakan pipa penghantar ukuran 3/4 inch dan 1 inch untuk mendapatkan data simulasi pada ansys.
- Setelah melakukan simulasi dengan aplikasi ansys sehingga mendapatkan data dari posisi 1, maka bisa dilanjutkan dengan posisi 2 dan 3 dengan ukuran pipa 3/4 inch dan 1 inch.
- Menghitung distribusi panas pada simulasi ke posisi 1, 2 dan 3.
- Perbandingan distribusi hasil simulasi posisi 1, 2 dan 3 yang baik, akan dipilih sebagai tempat melakukan uji eksperimen untuk memvalidasinya dengan error $\leq 5\%$, serta mendapatkan laju pengeringan dan efisiensi pengeringan rengginang.

Posisi akan terpilih jika :

- Temperatur yang dihasilkan merata atau toleransi terkecil keseluruhan bagian mesin pengering rengginang dengan melihat hasil simulasi CFD pada setiap posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas.

Analisa Data

1). Proses Simulasi Distribusi

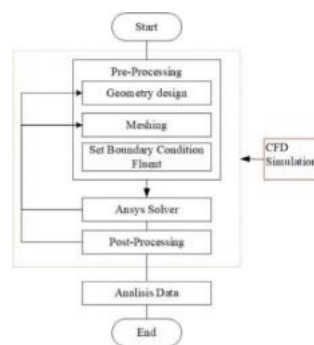


Fig. 2. Proses Simulasi Distribusi

2). Menentukan hasil simulasi untuk divalidasi

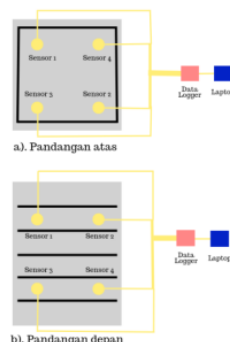
Data hasil simulasi dihitung untuk mendapatkan rata-rata (mean) distribusi panas dengan baik dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{mean} = \frac{\text{jumlah data sensor}}{\text{banyak data sensor}}$$

Kemudian menentukan toleransi nilai dari maksimum dan minimum hasil sensor-sensor simulasi CFD.

3). Proses validasi hasil simulasi dan eksperimen

Data temperature diambil menggunakan data logger dan probe termokopel tipe K. data berupa temperatur pada mesin. data diambil selama 35 menit untuk mencapai input 60°C dan diambil suhu temperatur akhir untuk posisi pipa dan diameter pipa yang terdistribusi dengan baik. Jika perhitungan yang diperoleh dari simulasi dan hasil validasi eksperimen menghasilkan error kurang dari $<5\%$. Maka simulasi dan eksperimen yang dilakukan berhasil.



Gambar 3. Skema Rangkaian Validasi (a) Pandangan Atas, (b) Pandangan Depan

Validasi dilakukan dengan menghitung keakuratan dari simulasi numerik yaitu dengan menghitung selisih antara nilai eksperimen dan nilai simulasi dengan persentase nilai eksperimen. Maka digunakan rumus :

$$\varepsilon = \left| \frac{Z_a - Z_s}{Z_a} \right|$$

Dimana Z_a adalah nilai Eksperimen dan Z_s adalah data simulasi. Oleh karena itu, proses tersebut telah terverifikasi untuk dapat memperoleh hasil yang dapat diterima.

4). Perhitungan laju pengeringan

Perhitungan laju pengeringan digunakan dengan menentukan massa awal dan massa akhir rengginang serta waktu pengeringan.

5). Perhitungan efisiensi pengeringan

Perhitungan efisiensi pengeringan digunakan dengan menentukan energi kalor pengeringan dan energi pembakaran rengginang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1). Hasil rata-rata dan toleransi nilai simulasi disetiap sensor pada posisi 1, posisi 2 dan posisi 3 menggunakan pipa berukuran 3/4 inch dan 1 inch

a). Posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 1 dengan pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 47,3°C, sensor 2 yaitu 45,7°C, sensor 3 yaitu 43,5°C, dan sensor 4 yaitu 44,3°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 45,2°C dan toleransi 3,8°C.

TABLE II. POSISI 1 (PIPA DISAMPING VERTIKAL DAN BERUKURAN 3/4 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	47,3°C	45,2°C	3,8°C
Sensor 2	45,7°C		
Sensor 3	43,5°C		
Sensor 4	44,3°C		

b). Posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 1 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 1 dengan pipa disamping vertikal dan berukuran 1 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 50,7°C, sensor 2 yaitu 44,1°C, sensor 3 yaitu 49,7°C, dan sensor 4 yaitu 51,1°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 48,9°C dan toleransi 7,2°C.

TABLE III. POSISI 1 (PIPA DISAMPING VERTIKAL DAN BERUKURAN 1 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	50,7°C	48,9°C	7,2°C
Sensor 2	44,1°C		
Sensor 3	49,7°C		
Sensor 4	51,1°C		

c). Posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 2 dengan pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 45,6°C, sensor 2 yaitu 43,9°C, sensor 3 yaitu 42,0°C, dan sensor 4 yaitu 44,3°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 43,9°C dan toleransi 3,6°C.

TABLE IV. POSISI 2 (PIPA DISAMPING HORIZONTAL DAN BERUKURAN 3/4 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	45,6°C	43,9°C	3,6°C
Sensor 2	43,9°C		
Sensor 3	42,0°C		
Sensor 4	44,3°C		

d). Posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 1 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 2 dengan pipa disamping horizontal dan berukuran 1 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 49,4°C, sensor 2 yaitu 49,1°C, sensor 3 yaitu 48,1°C, dan sensor 4 yaitu 46,8°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 48,3°C dan toleransi 2,6°C.

TABLE V. POSISI 2 (PIPA DISAMPING VERTIKAL DAN BERUKURAN 1 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	49,4°C	48,3°C	2,6°C
Sensor 2	49,1°C		
Sensor 3	48,1°C		
Sensor 4	46,8°C		

e). Posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 3 dengan pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 43,5°C, sensor 2 yaitu 46,3°C, sensor 3 yaitu 42,8°C, dan sensor 4 yaitu 44,7°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 44,3°C dan toleransi 3,5°C.

TABLE VI. POSISI 3 (PIPA DIBELAKANG HORIZONTAL DAN BERUKURAN 3/4 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	43,5°C	44,3°C	3,5°C
Sensor 2	46,3°C		
Sensor 3	42,8°C		
Sensor 4	44,7°C		

f). Posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch)

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 3 dengan pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur simulasi yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 46,3°C, sensor 2 yaitu 47,8°C, sensor 3 yaitu 47,9°C, dan sensor 4 yaitu 45,8°C. Kemudian mendapatkan rata-rata temperature 46,9°C dan toleransi 2,1°C.

TABLE VII. POSISI 3 (PIPA DIBELAKANG HORIZONTAL DAN BERUKURAN 1 INCH)

Titik Pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Mean	Toleransi
Sensor 1	46,3°C	46,9°C	2,1°C
Sensor 2	47,8°C		
Sensor 3	47,9°C		
Sensor 4	45,8°C		

Berdasarkan hasil simulasi diatas, diperoleh posisi distribusi panas terbaik untuk dilanjutkan uji eksperimen dengan temperatur rata-rata (mean) yakni 46,9°C dan toleransi yakni 2,1°C pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 3 dengan pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch.

2). Hasil persentase validasi simulasi dan eksperimen pada mesin pengering rengginang posisi 3 dengan pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch

Pada simulasi mesin pengering rengginang posisi 3 dengan pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch mendapatkan hasil pengukuran temperatur terdistribusi dengan baik yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 46,3°C, sensor 2 yaitu 47,8°C, sensor 3 yaitu 47,9°C, dan sensor 4 yaitu 45,8°C. Sedangkan hasil pengukuran temperatur dengan eksperimen yakni berturut turut pada sensor 1 yaitu 48,43°C, sensor 2 yaitu 48,33°C, sensor 3 yaitu 48,39°C, dan sensor 4 yaitu 47,45°C.

TABLE VIII. PERSENTASE VALIDASI SIMULASI DAN EKSPERIMEN POSISI 3 (PIPA DIBELAKANG HORIZONTAL DAN BERUKURAN 1 INCH)

Titik pengukuran	Temperatur Simulasi °C	Temperatur Eksperimen °C	Validasi Error
Sensor 1	46,3°C	48,43°C	4,40%

Sensor 2	47,8°C	48,33°C	1,09%
Sensor 3	47,9°C	48,39°C	1,01%
Sensor 4	45,8°C	47,45°C	3,47%

3). Laju pengeringan dan efesiensi pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang

TABLE IX. LAJU PENGERINGAN DAN EFESIENSI PENGERINGAN

Parameter	Nilai
Laju Pengeringan	1,04 g/menit atau 0,0624 kg/jam
Efesiensi Pengeringan	1,25%

PEMBAHASAN

1). Hasil Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic)

a). Variasi posisi pipa terhadap distribusi panas

- Diameter pipa 3/4 inch pada rak 2

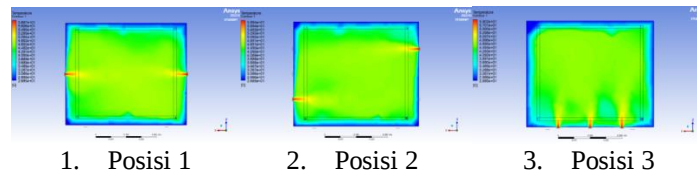


Fig. 3. Diameter pipa 3/4 inch pada rak 2

TABLE X. DIAMETER PIPA 3/4 INCH PADA RAK 2

Rak 2	Posisi 1	Posisi 2	Posisi 3
Sensor 1	47,3°C	45,6°C	43,5°C
Sensor 2	45,7°C	43,9°C	46,3°C
Mean	46,5°C	44,7°C	44,9°C
Toleransi	1,6°C	1,8°C	2,8°C

Pada posisi 1 terlihat cukup banyak yang berwarna hijau dan masih berwarna kuning muda, sedangkan pada posisi 2 terlihat warna kuning muda lebih dominan dibandingkan warna hijau serta pada posisi 3 terlihat masih lumayan banyak warna hijau dibandingkan warna kuning muda, hal ini disebabkan karena penempatan lubang keluaran udara panas dan jumlah lubang pipa mempengaruhi distribusi panas didalam ruang simulasi sehingga berdasarkan warna masih banyak yang berwarna hijau dibandingkan warna kuning muda. Pada posisi 1 memiliki rata-rata temperatur 46,5°C dan toleransi temperatur 1,6°C, Pada posisi 2 memiliki rata-rata temperatur 44,7°C dan toleransi temperatur 1,8°C, dan Pada posisi 3 memiliki rata-rata temperatur 44,9°C dan toleransi temperatur 2,8°C, sehingga dapat disimpulkan posisi 1 adalah yang terdistribusi dengan baik pada pipa 3/4 inch pada rak 2.

- Diameter pipa 3/4 inch pada rak 5

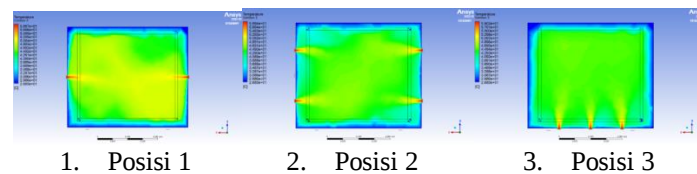


Fig. 4. Diameter 3/4 inch pada rak 5

TABLE XI. DIAMETER PIPA 3/4 INCH PADA RAK 5

Rak 2	Posisi 1	Posisi 2	Posisi 3
Sensor 3	43,5°C	42,0°C	42,8°C
Sensor 4	44,3°C	44,3°C	44,7°C
Mean	43,9°C	43,15°C	43,75°C
Toleransi	0,8°C	2,3°C	1,9°C

Pada posisi 1 terlihat masih banyak yang berwarna hijau disudut ruangan dan masih lumayan berwarna kuning muda, sedangkan pada posisi 2 terlihat banyak warna kuning dibandingkan warna hijau diantara lubang keluaran pipa serta pada posisi 3 terlihat masih lumayan banyak warna kuning muda hampir menyeluruh dibandingkan warna hijau hal ini disebabkan karena penempatan lubang keluaran udara panas dan jumlah lubang pipa mempengaruhi distribusi panas didalam ruang simulasi sehingga berdasarkan warna, warna kuning hampir dominan dibandingkan warna hijau. Pada posisi 1 memiliki rata-rata temperatur 43,9°C dan toleransi temperatur 0,8°C, Pada posisi 2 memiliki rata-rata temperatur 43,15°C dan toleransi temperatur 2,3°C, dan Pada posisi 3 memiliki rata-rata temperatur 43,75°C dan toleransi temperatur 1,9°C, sehingga dapat disimpulkan posisi 1 adalah yang terdistribusi dengan baik pada diameter pipa 3/4 inch pada rak 2.

- Diameter pipa 1 inch pada rak 2

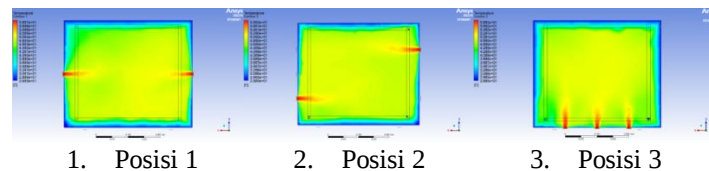


Fig. 5. Diameter pipa 1 inch pada rak 2

TABLE XII. DIAMETER PIPA 1 INCH PADA RAK 2

Rak 2	Posisi 1	Posisi 2	Posisi 3
Sensor 1	50,7°C	49,4°C	46,3°C
Sensor 2	44,1°C	49,1°C	47,8°C
Mean	47,4°C	49,25°C	47,05°C
Toleransi	6,6°C	0,3°C	1,5°C

Pada posisi 1 terlihat lumayan banyak yang berwarna kuning tetapi ada warna hijau yang dominan disebelah depan kanan, sedangkan pada posisi 2 terlihat warna kuning hampir menyeluruh dan hampir tidak ada warna hijau serta pada posisi 3 terlihat kuning hampir menutupi rak simulasi, hal ini disebabkan karena penempatan lubang keluaran udara panas dan jumlah lubang pipa mempengaruhi distribusi panas didalam ruang simulasi sehingga berdasarkan warna lumayan banyak yang berwarna kuning dibandingkan warna hijau. Pada posisi 1 memiliki rata-rata temperatur 47,4°C dan toleransi temperatur 6,6°C, Pada posisi 2 memiliki rata-rata temperatur 49,25°C dan toleransi temperatur 0,3°C, dan Pada posisi 3 memiliki rata-rata temperatur 47,05°C dan toleransi temperatur 1,5°C, sehingga dapat disimpulkan posisi 2 adalah yang terdistribusi dengan baik pada diameter pipa 1 inch pada rak 2.

- Diameter pipa 1 inch pada rak 5

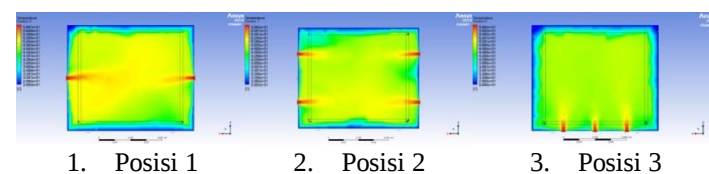


Fig. 6. Diameter pipa 1 inch pada rak 5

TABLE XIII. DIAMETER PIPA 1 INCH PADA RAK 5

Rak 2	Posisi 1	Posisi 2	Posisi 3
Sensor 3	49,7°C	48,1°C	47,9°C
Sensor 4	51,1°C	46,8°C	45,8°C
Mean	50,4°C	47,45°C	46,85°C
Toleransi	1,4°C	1,3°C	2,1°C

Pada posisi 1 terlihat sudah banyak yang berwarna kuning dibandingkan warna hijau, sedangkan pada posisi 2 terlihat warna kuning lebih dominan dibandingkan warna hijau diantara lubang keluaran panas serta pada posisi 3 terlihat warna kuning hampir menutupi ruang simulasi. hal ini disebabkan karena penempatan lubang keluaran udara panas dan jumlah lubang pipa mempengaruhi distribusi panas didalam ruang simulasi sehingga berdasarkan warna, warna kuning hampir menyeluruh terdistribusi dengan baik didalam ruang simulasi. Pada posisi 1 memiliki rata-rata temperatur 50,4°C dan toleransi temperatur 1,4°C, Pada posisi 2 memiliki rata-rata temperatur 47,45°C dan toleransi temperatur 1,3°C dan Pada posisi 3 memiliki rata-rata

temperatur $46,85^{\circ}\text{C}$ dan toleransi temperatur $2,1^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat disimpulkan posisi 2 adalah yang terdistribusi dengan baik pada diameter pipa 1 inch pada rak 5.

b). Variasi diameter pipa terhadap distribusi panas

• Posisi 1 pada rak 2

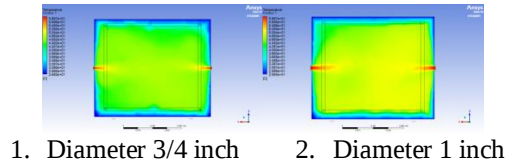


Fig. 7. Posisi 1 pada rak 2

TABLE XIV. POSISI 1 PADA RAK 2

Rak 2	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	$46,5^{\circ}\text{C}$	$47,4^{\circ}\text{C}$
Toleransi	$1,6^{\circ}\text{C}$	$6,6^{\circ}\text{C}$

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur $46,5^{\circ}\text{C}$ dan toleransi temperatur $1,6^{\circ}\text{C}$ dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur $47,4^{\circ}\text{C}$ dan toleransi temperatur $6,6^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat disimpulkan diameter 3/4 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 1 rak 2.

• Posisi 1 pada rak 5

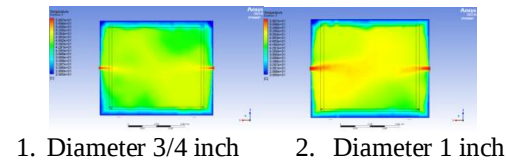


Fig. 8. Posisi 1 pada rak 5

TABLE XV. POSISI 1 PADA RAK 5

Rak 5	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	$43,9^{\circ}\text{C}$	$50,4^{\circ}\text{C}$
Toleransi	$0,8^{\circ}\text{C}$	$1,4^{\circ}\text{C}$

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur $43,9^{\circ}\text{C}$ dan toleransi temperatur $0,8^{\circ}\text{C}$ dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur $50,4^{\circ}\text{C}$ dan toleransi temperatur $1,4^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat disimpulkan diameter 3/4 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 1 rak 5.

• Posisi 2 pada rak 2

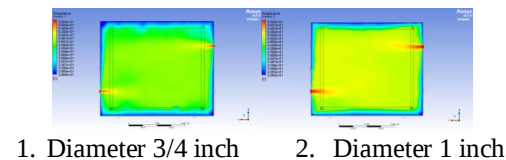


Fig. 9. Posisi 2 pada rak 2

TABLE XVI. POSISI 2 PADA RAK 2

Rak 2	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	$44,7^{\circ}\text{C}$	$49,25^{\circ}\text{C}$
Toleransi	$1,8^{\circ}\text{C}$	$0,3^{\circ}\text{C}$

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena

perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur 44,7°C dan toleransi temperatur 1,8°C dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur 49,25°C dan toleransi temperatur 0,3°C, sehingga dapat disimpulkan diameter 1 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 2 rak 2.

- Posisi 2 pada rak 5

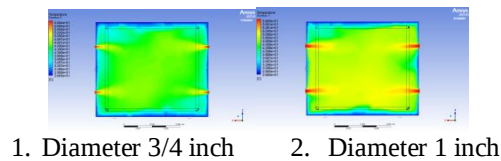


Fig. 10. Posisi 2 pada rak 5

TABLE XVII. POSISI 2 PADA RAK 5

Rak 5	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	43,15°C	47,45°C
Toleransi	2,3°C	1,3°C

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur 43,15°C dan toleransi temperatur 2,3°C dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur 47,45°C dan toleransi temperatur 1,3°C, sehingga dapat disimpulkan diameter 1 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 2 rak 5.

- Posisi 3 pada rak 2

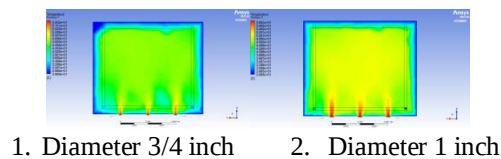


Fig. 11. Posisi 3 pada rak 2

TABLE XVIII. POSISI 3 PADA RAK 2

Rak 2	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	44,9°C	47,0°C
Toleransi	2,8°C	1,5°C

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur 44,9°C dan toleransi temperatur 2,8°C dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur 47,0°C dan toleransi temperatur 1,5°C, sehingga dapat disimpulkan diameter 1 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 3 rak 2.

- Posisi 3 pada rak 5

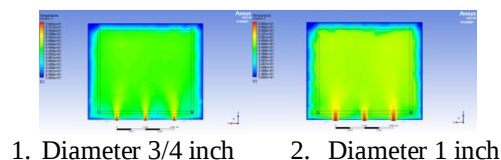


Fig. 12. Posisi 3 pada rak 5

TABLE XIX. POSISI 3 PADA RAK 5

Rak 5	Diameter 3/4 inch	Diameter 1 inch
Mean	43,75°C	46,85°C
Toleransi	1,9°C	2,1°C

Pada diameter pipa 3/4 inch terlihat warna dominan berwarna hijau dari pada warna kuning sedangkan pada diameter pipa 1 inch terlihat warna dominan warna kuning dari pada warna hijau. Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya kecepatan udara dan diameter pipa penghantar panas. Pada diameter 3/4 inch memiliki rata-rata temperatur 43,75°C dan toleransi temperatur 1,9°C dan pada diameter 1 inch memiliki rata-rata temperatur 46,85°C dan toleransi temperatur 2,1°C, sehingga dapat disimpulkan diameter 3/4 inch adalah yang terdistribusi dengan baik pada posisi 3 rak 5.

c). Hasil Simulasi Setiap Posisi

- Posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

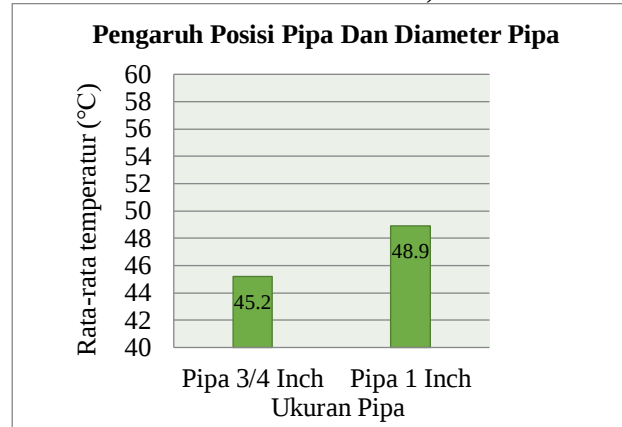


Fig. 13. Temperatur rata-rata posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch) menggunakan kecepatan udara 1,6 m/s dengan jenis aliran transisi yang mempengaruhi udara panas terdistribusi dengan baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 45,2°C dengan toleransi temperatur 3,8°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kebiruan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 1(pipa disamping vertikal dan berukuran 3/4 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara hanya berfokus pada ruangan bagian atas ruangan mesin pengering rengginang saja hanya sedikit aliran udara yang terdistribusi kebawah hal ini menyebabkan distribusi panas yang kurang merata antara ruangan mesin pengering rengginang bagian bawah dengan bagian atas. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa semakin tepat penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas maka semakin sedikit ruangan mesin pengering rengginang yang bertemperatur rendah.

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi 1 (pipa disamping vertikal dan berukuran 1 inch) menggunakan kecepatan udara 2,1 m/s dengan jenis aliran turbulen yang mempengaruhi udara panas terdistribusi cukup baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 48,9°C dengan toleransi temperatur 7,2°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kehijauan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 1(pipa disamping vertikal dan berukuran 1 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara hanya berfokus pada ruangan bagian atas ruangan mesin pengering rengginang saja hanya sedikit aliran udara yang terdistribusi kebawah hal ini menyebabkan distribusi panas yang kurang merata antara ruangan mesin pengering rengginang bagian bawah dengan bagian atas. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa semakin tepat penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas maka semakin sedikit ruangan mesin pengering rengginang yang bertemperatur rendah.

- Posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

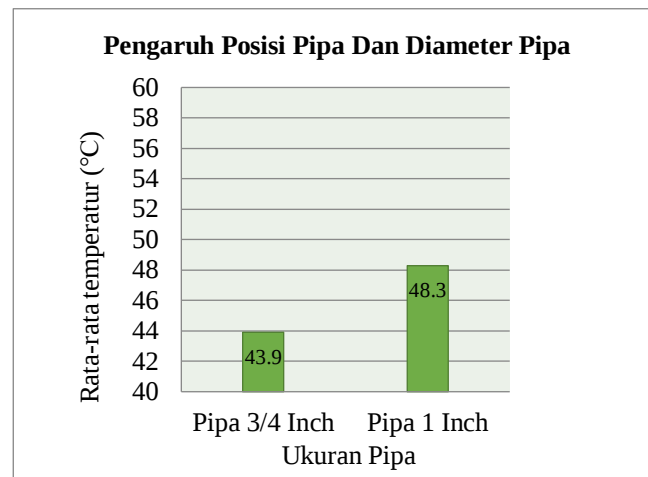


Fig. 14. Temperatur rata-rata posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch) menggunakan kecepatan udara 1,6 m/s dengan jenis aliran transisi yang mempengaruhi udara panas terdistribusi dengan baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 43,9°C dengan toleransi temperatur 3,6°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kehijauan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 3/4 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara hanya berfokus pada ruangan bagian atas ruangan mesin pengering rengginang saja hanya sedikit aliran udara yang terdistribusi kebawah hal ini menyebabkan distribusi panas yang kurang merata antara ruangan mesin pengering rengginang bagian bawah dengan bagian atas. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa semakin tepat penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas maka semakin sedikit ruangan mesin pengering rengginang yang bertemperatur rendah.

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 1 inch) menggunakan kecepatan udara 2,1 m/s dengan jenis aliran turbulen yang mempengaruhi udara panas terdistribusi dengan baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 48,3°C dengan toleransi temperatur 2,6°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kehijauan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 2 (pipa disamping horizontal dan berukuran 1 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara hanya berfokus pada ruangan bagian atas ruangan mesin pengering rengginang saja hanya sedikit aliran udara yang terdistribusi kebawah hal ini menyebabkan distribusi panas yang kurang merata antara ruangan mesin pengering rengginang bagian bawah dengan bagian atas. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa semakin tepat penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas maka semakin sedikit ruangan mesin pengering rengginang yang bertemperatur rendah.

- Posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

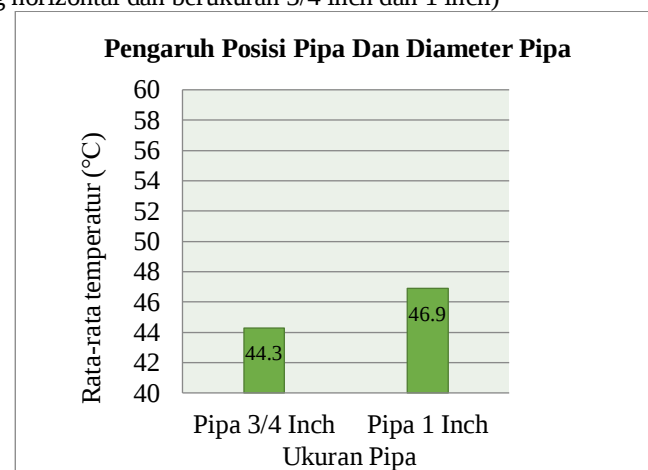


Fig. 15. Temperatur rata-rata posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch dan 1 inch)

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch) menggunakan kecepatan udara 1,6 m/s dengan jenis aliran transisi yang mempengaruhi udara panas terdistribusi dengan baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 44,3°C dengan toleransi temperatur 3,5°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kehijauan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 3(pipa dibelakang horizontal dan berukuran 3/4 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara lumayan berfokus pada ruangan bagian atas ruangan mesin pengering rengginang saja lumayan sedikit aliran udara yang terdistribusi kebawah hal ini menyebabkan distribusi panas yang kurang merata antara ruangan mesin pengering rengginang bagian bawah dengan bagian atas. Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa semakin tepat penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas maka semakin sedikit ruangan mesin pengering rengginang yang bertemperatur rendah.

Pada gambar simulasi dilakukan dengan parameter batasan yang sama pada masing – masing posisi dan kecepatan udara blower. Hasil tampilan suhu udara dalam ruangan mesin pengering rengginang pada posisi 3(pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch) menggunakan kecepatan udara 2,1 m/s dengan jenis aliran turbulen yang mempengaruhi udara panas terdistribusi dengan sangat baik selama proses simulasi sehingga memiliki nilai rata rata temperatur ruangan mesin sebesar 46,9°C dengan toleransi temperatur 2,1°C. Pada gambar setiap rak yang dihasilkan dari proses simulasi terlihat bagian yang tidak terdistribusi panas yang ditandai dengan warna kehijauan dikarenakan penurunan kecepatan udara. pada posisi 3(pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch) ini berdasarkan streamline aliran udara memperlihatkan bahwa aliran udara cukup terdistribusi secara menyeluruh pada ruangan bagian atas dan bawah ruangan mesin pengering rengginang dibandingkan posisi lainnya. Sehingga berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch) sangat tepat pada penempatan posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas untuk mengeringkan rengginang.

2). Validasi simulasi dan eksperimen posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch)

Pada tabel 8. hasil validasi temperatur akhir yang dilakukan dengan cara membandingkan data simulasi CFD dengan data eksperimen. Validasi dilakukan dengan lama waktu 35 menit pada posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch) berturut-turut menghasilkan error sensor 1 sebesar 4,40%, sensor 2 sebesar 1,09%, sensor 3 sebesar 1,01%, dan sensor 4 sebesar 3,47%.

Hasil validasi suhu pada ke-empat titik sensor mesin pengering rengginang menunjukkan hasil simulasi yang mendekati hasil eksperimen. Hal ini ditandai dengan persen kesalahan kurang dari 5% pada posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch) . Error yang paling tertinggi terdapat pada sensor 1 sebesar 4,40% yang dapat disebabkan oleh faktor lain seperti human error, kerusakan pada alat ukur, dan lain-lain. Dengan hasil error kurang dari 5 % maka simulasi dapat dilanjutkan pada perhitungan laju pengeringan dan efesiensi pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang.

3). Laju pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang

Pada laju pengeringan mencari data hasil pengukuran massa awal, massa akhir dan selang waktu [1].

$$\Delta B = \frac{m_0 - m_1}{\Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

ΔB = Laju pengeringan (g/menit)

m_0 = Massa awal rengginang (g)

m_1 = Massa akhir rengginang (g)

Δt = Lama pengeringan (menit)

Pada tabel 9. Laju pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang didapatkan setelah melakukan hasil simulasi dan ekseperimen pada posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch). Laju pengeringan didapatkan dengan mengurangi massa awal rengginang dengan massa akhir rengginang dan selanjutnya dibagi dengan lama pengeringan. Pada posisi 3 tersebut dapat mendistribusikan udara panas dengan baik di setiap rak sehingga dapat mengeringkan rengginang dari 0,6 Kg menjadi 0,381 Kg selama 3,5 jam dengan temperatur 60°C, sehingga mendapatkan hasil perhitungan laju pengeringan yaitu 1,04 g/menit atau 0,0624 Kg/jam. Semakin lama waktu pengeringan maka semakin cepat laju pengeringan rengginang.

4). Efesiensi pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang

Perhitungan efesiensi pengeringan menggunakan rumus sebagai berikut [7] :

- Energi pembakaran

$$Q_p = m_{gl} \times Q_{LHV} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

Q_p = Energi pembakaran rengginang (kJ/kg)

m_{gl} = Massa gas LPG (kg)

Q_{LHV} = Low Heating Value Gas LPG = 46.600 kJ/kg

- Energi kalor pengeringan

1). Panas Laten

$$Q_l = h_{fg} (m_b - m_k) \dots\dots\dots(3)$$

2). Panas Sensibel

$$Q_s = C_p \cdot m_a (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(4)$$

3). Energi Kalor pengeringan

$$Q_e = (Q_l + Q_s) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

Q_e = Energi kalor pengeringan (kJ/Kg)

Q_l = Panas Laten (kJ/Kg)

Q_s = Panas Sensibel (kJ/Kg)

m_b = Massa rengginang basah (Kg)

m_k = Massa rengginang kering (Kg)

m_a = Massa awal rengginang (Kg)

h_{fg} = Nilai Panas Laten Penguapan Air (kJ/Kg)

C_p = Nilai Panas Jenis Air (kJ/Kg°C)

T_1 = Temperatur Awal (°C)

T_2 = Temperatur Pengeringan (°C)

- Efisiensi Pengeringan

$$\eta = \frac{Q_e}{Q_p} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

η = Efisiensi pengeringan rengginang (%)

Q_e = Energi kalor pengeringan (kJ)

Q_p = Energi pembakaran rengginang (kJ)

Pada tabel 9. Efisiensi pengeringan menggunakan mesin pengering rengginang didapatkan setelah melakukan hasil simulasi dan eksperimen pada posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan berukuran 1 inch). Efisiensi pengeringan dihitung dengan mengetahui energi pembakaran yaitu dengan mengkalikan massa gas lpg dengan low heating value (LHV) gas lpg. Selanjutnya mengetahui energi kalor pengeringan dengan menjumlahkan panas sensibel dengan panas laten dan kemudian perhitungan energi pembakaran dibagi nilai kalor pengeringan. Pada posisi 3 tersebut dapat mendistribusikan udara panas dengan baik di setiap rak sehingga dapat mengeringkan rengginang dari 0,6 Kg menjadi 0,381 Kg selama 3,5 jam dengan temperatur 60°C, sehingga mendapatkan hasil efisiensi pengeringan rengginang yaitu 1,25%.

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan validasi eksperimen yang sudah dilaksanakan, sehingga dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Setelah dibandingkan antara ketiga simulasi variabel posisi pipa dan diameter pipa, didapatkan posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan pipa berukuran 1 inch) yang terbaik dengan memiliki temperatur paling tinggi di sensor ke 3 dan paling rendah di sensor ke 4. Posisi ini memiliki rata-rata temperatur 46,9°C dan toleransi temperatur 2,1°C. Kemudian melakukan validasi eksperimen dengan hasil <5%, sehingga dapat mendistribusikan udara panas yang merata keseluruh bagian rak mesin pengering rengginang.
2. Setelah dilakukan eksperimen di posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan pipa berukuran 1 inch) didapatkan laju pengeringan rengginang sebesar 1,04 g/menit atau 0,0624 kg/jam.
3. Setelah dilakukan eksperimen di posisi 3 (pipa dibelakang horizontal dan pipa berukuran 1 inch) didapatkan efisiensi pengeringan rengginang didapatkan sebesar 1,25%.

REFERENSI

- [1] Kamil, M., Widayat, W., & Rahayu, S. (2014). Optimalisasi Kadar Air Pada Pengeringan Rumput Laut Menggunakan Alat Pengering Solar Dryer. Jurnal Teknik Kimia USU. 3(3). 61-67.

- [2] Khatir, Z., Paton, J., Thompson, H., Kapur, N., Toropov, V., Lawes, M., & Kirk, D. (2012). Computational Fluid Dynamics (CFD) Investigation Of Air Flow And Temperature Distribution In A Small Scale Bread-Baking Oven. *Applied Energy*, 89(1), 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.02.002>.
- [3] Koswara, E. (2017). Analisis Penyebaran Panas Pada Alat Pengering Jagung Menggunakan Cfd (Studi Kasus Uptd Balai Benih Palawija Cirebon). *J- Ensitac*, 3(2), 81–85. <https://doi.org/10.31949/j-ensitac.v3i2.640>.
- [4] Lubis, F.A., & Ambarita, H. (2013). SIMULASI RUANG INKUBATOR BAYI YANG MENGGUNAKAN PHASE CHANGE MATERIAL SEBAGAI PEMANAS RUANG INKUBATOR. *e-Dinamis*, 4(4).
- [5] Miftachul Huda, D.D.S. (2021). Analisis Aliran Udara Pada Ruang Pengering Low Temperature Dryer Dengan Simulasi CFD. *Jurnal Inovasi Mesin Simulasi CFD*. 3(2), 74–82.
- [6] Naim, M., Burhanuddin B., Lapondu, D. & Rosla, R. 2018. Rancang bangun protipe oven pengering rumput laut untuk UKM di wilayah Kabupaten Luwu Timur. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 10(1). 47-10.
- [7] Prasetya, W., Basuki, P.P.D., Tobing, S., Gunawan, H., & Goenawan, S.I. (2019). PENDAMPINGAN USAHA LELE ASAP DI PESANTREN DARUL FALLAH, BOGOR. In Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat. *SEPAKAT*.1(1).
- [8] Saptariana, S., Putri, M.F. & Agustina, T. (2014). Peningkatan Kualitas Produksi Rengginang Ketan Menggunakan Teknologi Pengering Buatan. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*. 12(1).10-15.
- [9] Sinaga, E. J., Artiyani, A., Yulianti, E., & Setyawati, H. (2020). PENERAPAN ALAT PENERING RENGGINANG DI DESA TIRTOMARTO KECAMATAN AMPELGADING KABUPATEN MALANG. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*. 10(1), 32-35.
- [10] Tamami, N.D.B. 2013. Peluang Usaha Kuliner Khas Madura berbahan singkong pada Agroindustri Krepek tette di pamekasan. *Jurnal agriekonomika*. 2(1).