

Rancang Bangun Ulang Oven Pengering Listrik

Marwan Johan Hutajulu^{1*}, Dianta Mustofa Kamal², dan Yuli Mafendro Dedet
Eka Saputra³

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Pasca Sarjana, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

E-mail address: marwan.johanhutajulu.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

Abstrak

Oven pengering listrik adalah oven yang menggunakan listrik sebagai sumber energi untuk menghasilkan panas oven, tenaga listrik sebagai daya utama yang menggerakkan heater dan pengendali oven. Oven kondisi saat ini masih memiliki kekurangan. Hasil evaluasi dari penelitian pada oven didapatkan bahwa oven tersebut belum diketahui nilai efisiensi termal, belum adanya saluran pengeluaran kondensat, dan belum memiliki panel kontroler yang cukup baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kinerja dari oven tersebut, berdasarkan hasil evaluasi tersebut perlu menambahkan isolator, sehingga heat loss dari oven akan semakin kecil sehingga suhu luar oven juga akan lebih dingin, dan juga menambahkan saluran pengeluaran kondensat agar kondensat bisa keluar, sehingga tidak menyebabkan oven berkarat, dan juga memodifikasi panel kontrol agar bisa mengatur suhu stabil, mengatur waktu, serta mengetahui informasi daya. Dari hasil perhitungan, efisiensi dari oven dengan isolator asbes sebesar 81,3% sedangkan oven dengan isolator asbes dan ceramic fiber dapat mencapai 86,9%.

Kata-kata kunci: Oven, Efisiensi, Perpindahan panas, dan pengujian oven.

Abstract

Electric drying ovens are ovens that use electricity as an energy source to produce oven heat, electricity as the main power that drives the heater and oven controller. Oven current conditions still have drawbacks. The results of the evaluation of the research on the oven found that the thermal efficiency value of the oven was not known, there was no condensate discharge channel, and did not have a good enough controller panel. The purpose of this research is to improve the performance of the oven, based on the evaluation results it is necessary to add an insulator, so that the heat loss from the oven will be smaller so that the outside temperature of the oven will also be cooler, and also add a condensate outlet so that the condensate can come out, so it doesn't causing the oven to rust, and also modifying the controller panel so that it can set a stable temperature, set the time, and know the power information. From the calculation results, the efficiency of the oven with asbestos insulator is 81.3% while the oven with asbestos insulator and ceramic fiber can reach 86.9%.

Keywords: Ovens, Efficiency, Heat transfer and oven testing.

1. PENDAHULUAN

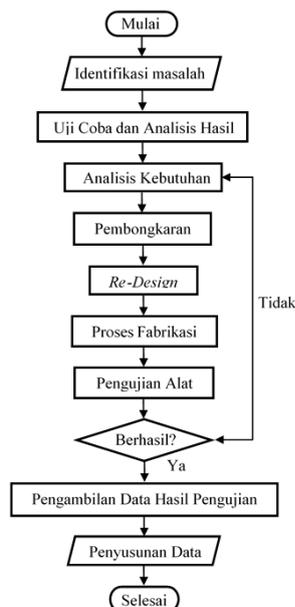
Oven berfungsi sebagai sebuah perangkat pengering yang dimanfaatkan untuk menghilangkan kelembaban dari produk, menggantikan fungsi radiasi matahari. Cara kerja mesin oven pengering ini terletak pada proses penghilangan kelembaban produk pada suhu yang dapat diatur secara konstan sesuai kebutuhan. Pendekatan metode pengeringan yang dimanfaatkan oleh mesin pengering ini dikenal sebagai pengeringan dengan bantuan sumber panas buatan. Pengeringan ini terdiri dari berbagai jenis peralatan di mana transfer panas berlangsung melalui mekanisme konduksi, konveksi, atau radiasi. Secara umum, peralatan pengering yang menggunakan mekanisme perpindahan panas melalui konveksi mengandalkan aliran udara panas yang disalurkan untuk menjaga penyebaran panas secara merata ke seluruh bagian bahan yang sedang dikeringkan. Di sisi lain, peralatan pengering dengan mekanisme perpindahan panas melalui konduksi umumnya memanfaatkan permukaan padat sebagai pengantar panasnya [1].

Performa optimal dari oven pengering listrik memiliki tingkat kepentingan yang tinggi untuk memastikan bahwa proses pengeringan berjalan dengan efisiensi, penghematan energi, dan kualitas yang tinggi. Pemilihan bahan isolator pada oven mampu mempengaruhi hasil performa dari oven itu sendiri. Seperti yang telah dikenal, penggunaan isolator merupakan salah satu aspek penting dalam sistem penyimpanan energi panas. Isolator termal merupakan bahan-bahan atau kombinasi material yang memiliki kemampuan untuk menghalangi pergerakan energi panas. Jumlah energi yang hilang melalui bahan isolator termal tergantung pada sifat-sifat termal dan ketebalan bahan yang digunakan, serta kemampuan isolator dalam menahan beban panas, yang memiliki batas tertentu yang sesuai dengan komposisi material dan kondisi lingkungan sekitarnya[2]. Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Husaini mengenai penambahan isolator pada mesin pemanggang biji kopi tipe drum berputar menunjukkan bahwa energi rata-rata yang terbuang melalui cerobong saat proses pemanggangan pada suhu 113°C sebesar 3,4 J/kg atau 0,34 MJ, dan pada suhu 140°C sebesar 0,36 MJ [2]. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan isolator pada dinding luar ruang pemanggangan memberikan hasil yang efektif.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan dan pengembangan oven pengering listrik yang sudah ada, dengan tujuan mencapai efisiensi yang lebih tinggi, distribusi panas yang lebih merata, serta kontrol suhu yang lebih akurat. Dengan pendekatan ini, hasil akhir oven pengering listrik yang akan diciptakan diharapkan memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi, kemampuan pengaturan suhu yang lebih akurat, dan proses pengeringan yang lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

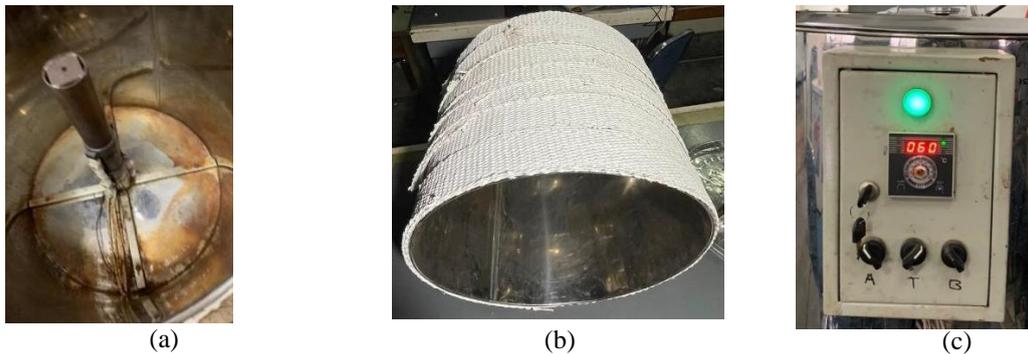
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah rancang bangun ulang. Pada bagian ini akan dibahas bagaimana proses modifikasi oven pengering listrik. Secara keseluruhan proses pembuatan dan penyelesaian penelitian ini digambarkan dalam diagram alir yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

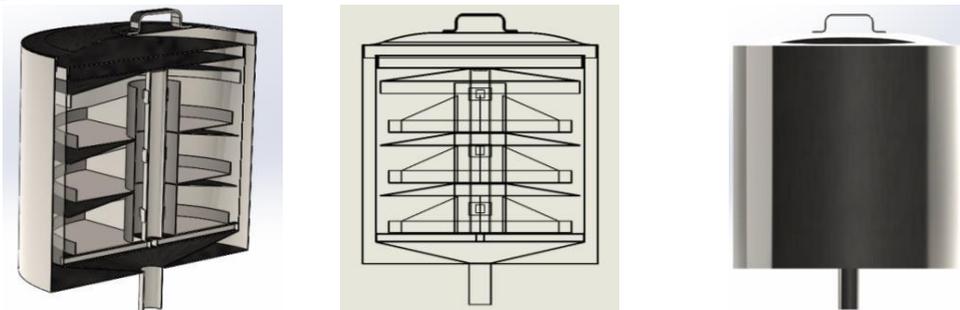
Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah dan melakukan evaluasi pada oven pengering listrik sebelumnya. Setelah dilakukan identifikasi masalah dilanjutkan melakukan uji coba untuk mengetahui bagaimana performa oven listrik ini. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan analisis pada oven listrik ini. Diketahui oven listrik memiliki beberapa kelemahan di antara lainnya adalah oven belum memiliki saluran kondensat sehingga dapat menimbulkan genangan pada bagian bawah oven sehingga mudah melibatkan korosi pada oven, oven hanya menggunakan satu isolator sehingga panas oven cepat keluar, kontrol pengendalian *temperature* belum stabil sehingga suhu didalam oven berbeda dengan suhu yang ada pada LCD *panel control*, dan yang terakhir oven belum memiliki kWh ampere sehingga belum diketahuinya kebutuhan listrik pada suatu proses. Dari kelemahan yang terdapat pada oven listrik sebelumnya, maka di akan dimodifikasi dengan penambahan saluran kondensat, penambahan isolator, penambahan LCD *panel control*, serta penambahan kWh ampere.

Setelah melakukan analisis maka dilanjutkan ke proses pembongkaran alat untuk melakukan pengamatan pada setiap komponen yang ada pada oven listrik dan pengukuran pada komponen tersebut. Pada proses ini bertujuan agar memudahkan penulis dalam mendesain ulang oven listrik tersebut. Setelah semua komponen terpisah yaitu adalah melakukan proses pengukuran pada setiap komponen yang ada.

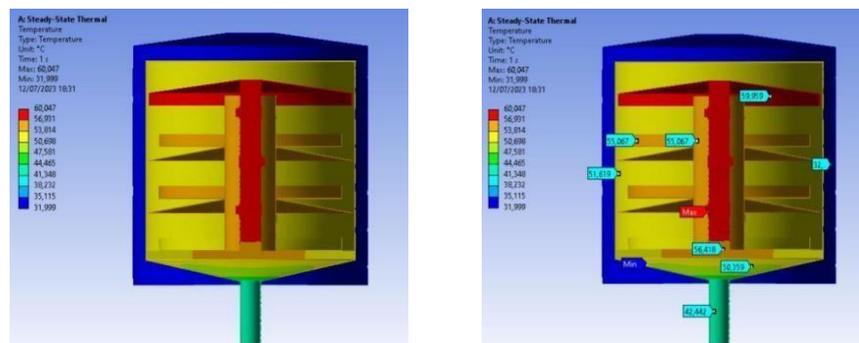


Gambar 2. Bagian bawah oven listrik yang belum memiliki saluran kondensat pada gambar (a). Gambar (b) menunjukkan isolator oven yang hanya terdapat satu jenis. Gambar (c) menunjukkan LCD *panel control* yang suhunya belum stabil

Setelah mengetahui dimensi setiap komponen pada oven pengering listrik maka dilanjut dengan proses perancangan. Pada proses ini digunakan *software 3D design* untuk mendesainnya dan *software CFD* untuk melakukan simulasi penyebaran panas pada oven. Berikut hasil desain ulang oven pengering listrik dan hasil simulasi CFD.



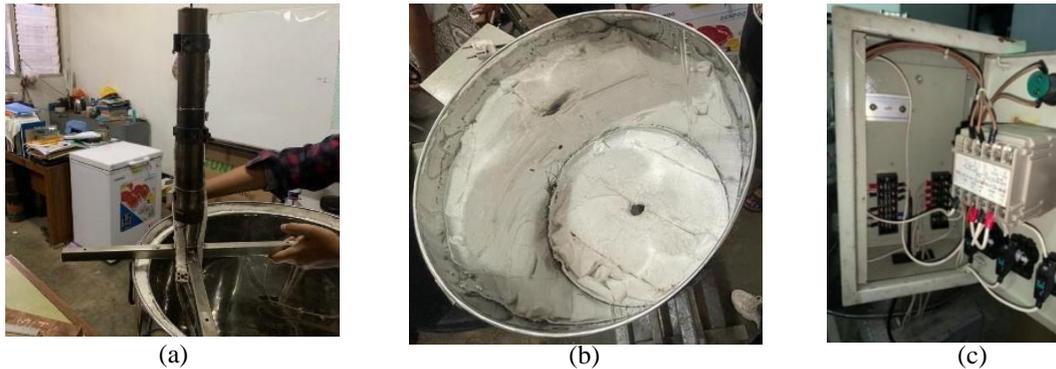
Gambar 3. Hasil Perancangan Ulang Oven Pengering Listrik



Gambar 4. Hasil simulasi perpindahan panas pada oven *re-design*

Pada gambar 4. menunjukkan hasil dari simulasi oven pengering listrik yang telah di *re-design*. Parameter yang digunakan pada analisis simulasi CFD ini adalah suhu *heater* pada bagian dalam oven di *setting* dengan suhu 60°C dengan daya pada *heater* adalah 600 Watt. Pada hasil simulasi dapat dilihat pada suhu bagian dalam oven yang tertera pada gambar dengan warna oranye menunjukkan suhu sekitar 55°C - 56°C. Lalu pada bagian dalam oven yang terdapat pada pinggiran oven yang dekat dengan dinding oven yang tertera pada gambar dengan warna kuning menunjukkan suhu sekitar 50°C - 51°C. Dapat dilihat pada hasil simulasi perpindahan panas dalam oven sudah merata.

Selanjutnya adalah proses fabrikasi yaitu proses pembuatan alat yang terdiri dari proses pemilihan bahan, penyambungan dengan pengelasan hingga proses perakitan. Setelah semua komponen dari turbin angin terpasang maka dapat dilanjut ke proses pengujian alat dan pengambilan data hasil pengujian. Pada proses fabrikasi dan pengujian alat dilaksanakan di Gedung M Politeknik Negeri Jakarta.



Gambar 5. Proses perakitan heater pada gambar (a). Gambar (b) menunjukkan perakitan penambahan isolator *ceramic fiber*. Gambar (c) menunjukkan perakitan proses kelistrikan

Setelah proses perakitan selesai maka akan dilakukan pengujian alat. Pengujian oven pengering listrik ini dilakukan dengan menggunakan jahe sebagai bahan percobaan. Pada proses pengujian menggunakan jahe sebanyak 1000 gram dengan ketebalan irisan jahe 2 mm. Suhu pemanasan diatur sebesar 60 °C dengan waktu proses pengeringan yang dilakukan selama 24 jam. Hasil dari pengujian ditargetkan adalah untuk menghilangkan kadar air jahe yaitu sekitar 80% - 95% [3].



Gambar 6. Jahe sebelum dilakukan proses pengeringan pada gambar (a). Gambar (b) menunjukkan hasil dari proses pengeringan jahe menggunakan oven

Setelah mendapatkan data dari proses pengujian maka akan dilakukan proses penyusunan data penelitian yaitu dari perhitungan untuk mengetahui tahanan termal pada oven, *heat loss* pada oven, serta nilai efisiensinya. Untuk menghitung tahanan termal pada oven dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [4].

$$R_k = \frac{Ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk} \quad (1)$$

Keterangan :

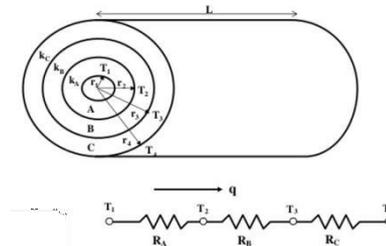
R = *Thermal Residence* (W/K)

L = panjang silinder (m)

r = jari – jari silinder (m)

k = Angka konduktivitas termal ($W/m.K$)

Kerugian panas konduksi (*heat loss*) terjadi ketika energi panas yang memiliki suhu lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah, melewati bahan isolator dan pendukung lainnya.[4] Dalam menghitung *heat loss* dapat menggunakan rumus sebagai berikut.



Gambar 7. Gambar sketsa perpindahan panas yang terdapat pada setiap lapisan isolator oven

$$q = \frac{T_1 - T_4}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (2)$$

Keterangan :

T = suhu yang terdapat pada oven (K)

R = *Thermal Residence* (W/K)

Adapun nilai efisiensi termal (η) yang merupakan kinerja dari suatu alat dimana pada penelitian ini membandingkan antara panas yang keluar dengan panas yang masuk. Perhitungan nilai efisiensi termal dapat menggunakan rumus sebagai berikut [4].

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \quad (3)$$

Keterangan:

η = Efisiensi (%)

Q_{out} = Panas yang keluar (Watt)

Q_{in} = Panas yang masuk (Watt)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan data hasil pengujian, data perhitungan, dan analisis dari hasil perhitungan.

Hasil pengujian oven

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian oven sebelum dilakukan modifikasi dan oven yang telah dilakukan modifikasi.

1. Pengujian oven sebelum modifikasi

Proses pengujian dilakukan pengeringan jahe sebanyak 1000 gram dengan ketebalan irisan jahe 2 mm. Suhu pemanasan diatur sebesar 60 °C.

Tabel 1. Data hasil pengujian oven sebelum modifikasi

Jam	Suhu °C		Berat (gram)		Persentase %
	Dalam	Luar	Awal	Akhir	
6	60	32,1	1000	840	16
6	60	32,3	840	700	30
6	60	32,2	700	480	48
6	60	32,4	480	220	22
6	60	32,6	220	100	90

Dapat dilihat pada tabel 1. merupakan hasil dari uji coba yang dilakukan pada oven sebelumnya yang belum dilakukan modifikasi. Dari hasil pengujian untuk mengurangi kadar air pada jahe sebesar 90% memerlukan waktu selama 30 jam, dari berat jahe 1000 gram dihasilkan jahe kering sebesar 100 gram.

2. Pengujian oven setelah modifikasi

Proses pengujian dilakukan pengeringan jahe sebanyak 1000 gram dengan ketebalan irisan jahe 2 mm. Suhu pemanasan diatur sebesar 60 °C.

Tabel 2. Data hasil pengujian setelah modifikasi

Jam	Suhu °C		Berat (gram)		Persentase %
	Dalam	Luar	Awal	Akhir	
6	60	33,3	1000	800	20
6	60	33,2	800	400	60
6	60	33,3	400	200	80
6	60	33,2	200	100	90

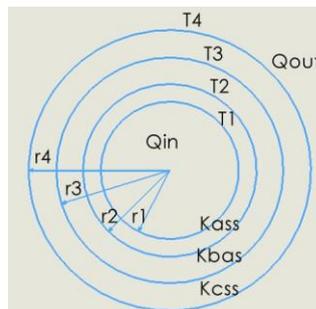
Dapat dilihat pada tabel 2. merupakan hasil dari uji coba yang dilakukan pada oven yang telah dilakukan modifikasi. Dari hasil pengujian untuk mengurangi kadar air pada jahe sebesar 90% memerlukan waktu selama 24 jam, dari berat jahe 1000 gram dihasilkan jahe kering sebesar 100 gram.

Perhitungan Perpindahan Panas pada Oven

Pada proses ini akan dilakukan perhitungan tahanan termal pada oven, *heat loss* pada oven, serta nilai efisiensinya.

1. Perhitungan tahanan termal pada oven sebelum modifikasi.

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan tahanan termal pada oven sebelum modifikasi yang terdiri dari 3 lapisan, yaitu *stainless steel* pada lapisan pertama, isolator asbes pada lapisan kedua, dan *stainless steel* pada lapisan ketiga. Perhitungan tahanan termal pada setiap lapisannya di simbolkan dengan R_1, R_2, R_3 .



Gambar 8. Sketsa perpindahan panas oven sebelum modifikasi dengan isolator asbes

Tahanan termal lapisan pertama pada oven dengan material *stainless steel*.

$$R_1 = \frac{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2\pi L k_{ss}}$$

$$R_1 = \frac{\ln \left(\frac{0,251 \text{ m}}{0,249 \text{ m}} \right)}{2\pi \cdot 0,48 \text{ m} \cdot 16 \text{ W/m.K}}$$

$$R_1 = 0,0001658 \text{ W/K}$$

Tahanan termal lapisan kedua pada oven dengan material asbes.

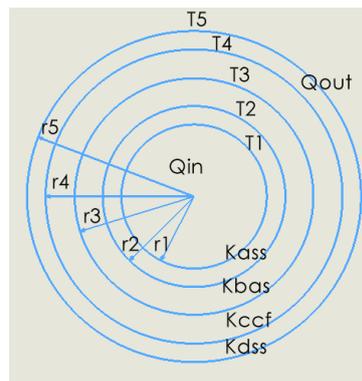
$$R_2 = \frac{\frac{\ln(r_3)}{r_2}}{\frac{2\pi Lk_{as}}{(0,281\text{ m})}} \\ R_2 = \frac{2\pi \cdot 0,48\text{ m} \cdot 0,1\text{ W/m.K}}{R_2 = 0,3743515\text{ W/K}}$$

Tahanan termal lapisan ketiga pada oven dengan material *stainless steel*.

$$R_3 = \frac{\frac{\ln(r_4)}{r_3}}{\frac{2\pi Lk_{ss}}{(0,283\text{ m})}} \\ R_3 = \frac{2\pi \cdot 0,48\text{ m} \cdot 16\text{ W/m.K}}{R_3 = 0,0001469\text{ W/K}}$$

2. Perhitungan tahanan termal pada oven setelah modifikasi

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan tahanan termal pada oven sebelum modifikasi yang terdiri dari 4 lapisan, yaitu *stainless steel* pada lapisan pertama, isolator asbes pada lapisan kedua, dan *ceramic fiber* pada lapisan ketiga, dan *stainless steel* pada lapisan keempat. Perhitungan tahanan termal pada setiap lapisannya di simbolkan dengan R_1, R_2, R_3, R_4 .



Gambar 9. Sketsa perpindahan panas oven setelah modifikasi dengan isolator asbes dan *ceramic fiber*.

Tahanan termal lapisan pertama pada oven dengan material *stainless steel*.

$$R_1 = \frac{\frac{\ln(r_2)}{r_1}}{\frac{2\pi Lk_{ss}}{(0,251\text{ m})}} \\ R_1 = \frac{2\pi \cdot 0,45\text{ m} \cdot 16\text{ W/m.K}}{R_1 = 0,0001769\text{ W/K}}$$

Tahanan termal lapisan kedua pada oven dengan material asbes.

$$R_2 = \frac{\frac{\ln(r_3)}{r_2}}{\frac{2\pi Lk_{as}}{(0,256\text{ m})}} \\ R_2 = \frac{2\pi \cdot 0,45\text{ m} \cdot 0,1\text{ W/m.K}}{R_2 = 0,0697611\text{ W/K}}$$

Tahanan termal lapisan ketiga pada oven dengan material *ceramic fiber*.

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi L k_{cf}}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{0,281\text{ m}}{0,256\text{ m}}\right)}{2\pi \cdot 0,45\text{ m} \cdot 0,12\text{ W/m.K}}$$

$$R_3 = 0,2746225\text{ W/K}$$

Tahanan termal lapisan keempat pada oven dengan material *stainless steel*.

$$R_4 = \frac{\ln\left(\frac{r_5}{r_4}\right)}{2\pi L k_{SS}}$$

$$R_4 = \frac{\ln\left(\frac{0,283\text{ m}}{0,281\text{ m}}\right)}{2\pi \cdot 0,45\text{ m} \cdot 16\text{ W/m.K}}$$

$$R_4 = 0,0001568\text{ W/K}$$

3. Perhitungan *heat loss* pada oven sebelum modifikasi

Untuk mencari *heat loss* yang dialami oven, kita mendapat data dari pengukuran suhu di bagian luar oven dengan menggunakan *thermostat* yaitu sebesar 32°C atau sebesar 305,15 K, dan suhu bagian dalam oven yang di *setting* dengan suhu 60°C.

$$q = \frac{T_1 - T_4}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$q = \frac{(333,15 - 305,15)K}{(0,0001658 + 0,3743515 + 0,0001469)\text{ W/K}}$$

$$q = 74,733\text{ W}$$

4. Perhitungan *heat loss* pada oven setelah modifikasi

Untuk mencari *heat loss* yang dialami oven, kita mendapat data dari pengukuran suhu di bagian luar oven dengan menggunakan *thermostat* yaitu sebesar 33°C atau sebesar 306,15 K, dan suhu bagian dalam oven yang di *setting* dengan suhu 60°C.

$$q = \frac{T_1 - T_5}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$q = \frac{(333,15 - 306,15)K}{(0,0001769 + 0,0697611 + 0,2746225 + 0,0001568)\text{ W/K}}$$

$$q = 78,325\text{ W}$$

5. Perhitungan nilai efisiensi oven sebelum modifikasi

Daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan oven sebelum modifikasi adalah 400 Watt, maka perhitungan efisiennya sebagai berikut.

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}}$$

$$\eta = \frac{400\text{ W} - 74,733\text{ W}}{400\text{ W}}$$

$$\eta = 81,3\%$$

6. Perhitungan nilai efisiensi oven setelah modifikasi

Daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan oven setelah modifikasi adalah 600 Watt, maka perhitungan efisiennya sebagai berikut.

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}}$$

$$\eta = \frac{600 W - 78,325 W}{600 W}$$

$$\eta = 86,9 \%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa modifikasi oven dengan melakukan penambahan saluran kondensat, penambahan isolator, penambahan LCD *panel control*, serta penambahan kWh ampere dapat meningkatkan performa pada oven. Hasil modifikasi pada oven menunjukkan peningkatan efisiensi sekitar 5,6% dari efisiensi oven sebelumnya 81,3% meningkat menjadi 86,9%.

REFERENSI

- [1] Subandi, Suparman, & Sukiyaki. (2015). Modifikasi Oven Bekas sebagai Alat Pengering Multi Fungsi. *Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung*, 7(2), 77–144.
- [2] Husaini, F., Syafriadi, S., & Mustaqimah, M. (2022). Uji Kinerja Mesin penyangrai biji kopi tipe rotary drum dengan penambahan isolator. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1), 582–589. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i1.19151>
- [3] Widiaswanti, E., Yunitarini, R., Novianti, T., & Kartiningsih, A. (2023). Investigasi Kajian Kinetik Pengeringan Jahe dalam Pembuatan Simplisia. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(1), 4413–4421.
- [4] Aqil, & Rachmat. (2016). Bab 1 Klasifikasi Dan Mekanisme Perpindahan Panas. In *Bahan Ajar Perpindahan Panas 1* (PP. 1–11).