

## **Modifikasi Sistem Pengeringan Kopi Rak Susun Berbasis Lampu Spotlight dan Termostat STC 1000**

**Siswoyo Soekarno\*, Idah Andriyani, Soni Sisbudi Harsono, Dicky Nico Afrizal**

Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember, 68121, Indonesia

\*Penulis Korespondensi, email : [siswoyosoekarno@unej.ac.id](mailto:siswoyosoekarno@unej.ac.id)

### **ABSTRAK**

Proses pengeringan biji kopi sangat krusial dan dapat memengaruhi kualitas serta cita rasa produk kopi. Pengeringan adalah langkah di mana kandungan air dalam bahan berkurang hingga mencapai tingkat kelembapan yang ditentukan. Dalam penelitian ini, proses pengeringan dilakukan pada biji kopi jenis arabica menggunakan alat pengering kopi yang memanfaatkan lampu pijar spotlight. Penelitian ini bertujuan untuk mengubah dan membandingkan alat pengering biji kopi tipe rak susun yang menggunakan pemanas lampu pijar menjadi alat pengering biji kopi tipe rak susun dengan pemanas spotlight serta sistem kontrol termostat STC 1000 sebelum dilakukan modifikasi. Modifikasi alat pengering biji kopi bertujuan agar alat ini dirancang dengan biaya yang terjangkau dan tidak memerlukan daya yang tinggi dengan menggunakan lampu sorot. Parameter perbandingan alat pengering kopi sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi adalah suhu dan kelembaban, kandungan air, serta laju pengeringan. Pada perubahan alat pengering biji kopi tipe rak susun, diterapkan pemanas lampu pijar spotlight yang dikendalikan oleh sistem kontrol termostat STC 1000, terdiri dari 6 lampu pijar, dengan setiap lampu memiliki daya 40 Watt. Selama proses pengeringan yang berlangsung 30 jam, diperoleh nilai suhu berkisar antara 20°C - 40°C, serta kelembaban antara 60% - 90%. Selama proses pengeringan yang berlangsung 30 jam, kadar air akhir pada Rak-1 adalah 12,47%, Rak-2 11,42%, Rak-3 9,51%, dan Rak-4 7,24%. Hasil laju pengeringan untuk Rak-1 adalah 13 g/jam, untuk Rak-2 adalah 13,333 g/jam, untuk Rak-3 juga 13,333 g/jam, dan untuk Rak-4 adalah 15 g/jam. Alat pengering kopi dengan pemanas lampu pijar spotlight memiliki kapasitas sebanyak 6 kg kopi.

**Kata kunci:** Kopi, Lampu Pijar, Modifikasi, Pengeringan

### **ABSTRACT**

The coffee bean drying process is crucial and can affect the quality and taste of the coffee product. Drying is the step in which the water content in the material is reduced to a specified moisture level. In this study, the drying process was carried out on Arabica coffee beans using a coffee dryer that utilizes spotlight incandescent lamps. This study aims to modify and compare a stacked rack-type coffee bean dryer using incandescent heaters with a stacked rack-type coffee bean dryer using spotlight heaters and an STC 1000 thermostat control system before modification. The modification of the coffee bean dryer aims to design it at an affordable cost and without requiring high power by using spotlight lamps. The comparison parameters for the coffee bean dryer before and after modification are temperature and humidity, moisture content, and drying rate. In the modification of the stacked rack-type coffee bean dryer, a spotlight incandescent lamp heater controlled by the STC 1000 thermostat control system was applied, consisting of 6 incandescent lamps, each with a power of 40 Watts. During the 30-hour drying process, temperature values ranged from 20°C to 40°C, and humidity levels ranged

from 60% to 90%. During the 30-hour drying process, the final moisture content for Shelf-1 was 12.47%, Shelf-2 11.42%, Shelf-3 9.51%, and Shelf-4 7.24%. The drying rate for Rack-1 was 13 g/hour, for Rack-2 it was 13.333 g/hour, for Rack-3 it was also 13.333 g/hour, and for Rack-4 it was 15 g/hour. The coffee dryer with a spotlight incandescent heater has a capacity of 6 kg of coffee.

**Keywords :** Coffee, Drying, Incandescent Lamp, Modification.

## PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu minuman yang dihasilkan melalui proses pengolahan biji dari tanaman kopi. Kopi adalah salah satu komoditas tanaman dalam sektor perkebunan yang memiliki nilai ekonomi yang relatif tinggi dibandingkan dengan perkebunan lainnya dan berfungsi penting sebagai sumber devisa negara. Di Indonesia, kopi merupakan salah satu komoditas ekspor yang signifikan. Negara ini menduduki peringkat keempat dalam hal ekspor dan produksi kopi di dunia, setelah Brasil, Kolombia, dan Vietnam. Di Indonesia terdapat beberapa varietas kopi, di antaranya yang paling banyak ditanam oleh masyarakat adalah kopi Arabika dan kopi Robusta (Raysyah et al., 2021). Secara umum, kopi mengalami beberapa langkah pengolahan sebelum bisa dikonsumsi, yaitu pemetikan saat panen, penyortiran, pengeringan, pengupasan kulit kopi, pencucian, hulling, pemanggangan, dan penggilingan (Kembaren dan Muchsin, 2021).

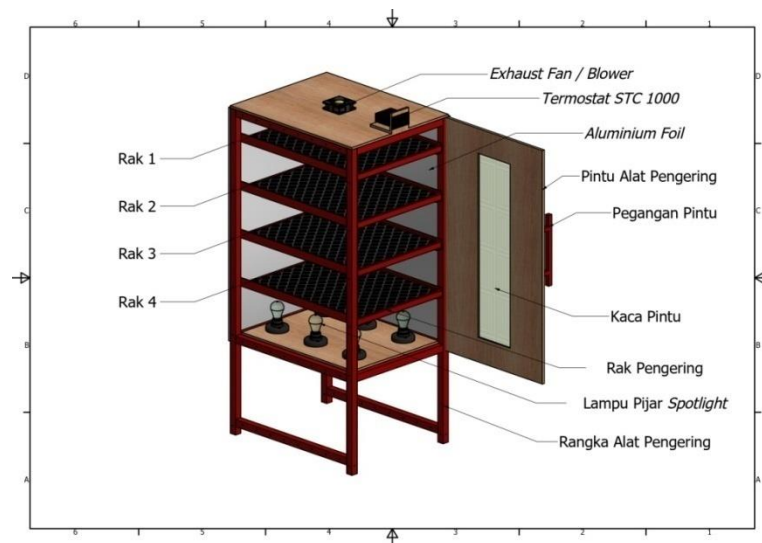
Pengeringan adalah proses yang sangat krusial dalam pengolahan kopi dan dapat berdampak pada kualitas serta karakter rasa produk kopi (Santoso et al., 2018). Pengeringan adalah proses pengurangan kadar air dalam material sampai mencapai tingkat kelembapan yang ditentukan. Proses pengeringan biji kopi bertujuan untuk memisahkan bagian dalam biji dari kulit serta untuk mengeluarkan kelembapan pada biji kopi agar bisa disimpan sebelum disangrai. Biji kopi dikeringkan sampai kadar airnya mencapai 10 - 13% (Edowai dan Tahoba, 2018). Menurut Selian et al., (2019) Pengeringan terbagi menjadi dua metode, yakni pengeringan konvensional dan pengeringan mekanik. Pengeringan tradisional adalah proses pengeringan yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas. Pengeringan mekanis adalah proses pengeringan yang dilakukan menggunakan pemanas tambahan, yang sering disebut mesin pengering. Hingga saat ini, petani kopi masih menggunakan metode konvensional untuk mengeringkan biji kopi, yaitu dengan mengeringkannya di bawah sinar matahari, di mana biji kopi ditempatkan di atas plastik terpal di lantai penjemuran.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Pangan dan Alat Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama bulan Mei hingga Juli 2024, dengan fokus utama uji fungsional alat pengering biji kopi menggunakan pemanas lampu pijar spotlight yang dilakukan pada bulan Juni, serta uji kinerja alat meliputi pengamatan terhadap parameter suhu, kelembapan, kadar air, dan laju pengeringan yang dilaksanakan dari bulan Juni hingga Juli 2024. Dalam penelitian ini, berbagai alat dan instrumen digunakan untuk menunjang proses pengujian. Di antaranya adalah alat pengering lampu pijar dengan ukuran 57 x 45 x 115 cm, enam buah lampu spotlight 40 watt, termostat STC 1000 bertegangan 220 volt, moisture meter, thermometer digital, mesin gerinda, bor, mesin las, oven merk Binder E28, timbangan analitik dan digital, desikator, penjepit cawan, palu, meteran, penggaris, alat tulis, serta kamera ponsel. Bahan-bahan yang digunakan meliputi kopi Arabika pasca panen sebanyak 6 kg, serta berbagai material untuk

modifikasi alat seperti pipa kotak, besi lingkaran dan siku, triplek, kawat ram, aluminium foil, baut mur, mata gerinda, soket bor, elektroda, kabel, kipas, cawan aluminium, kaca pintu, dan engsel.

Tahapan penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan yang dilakukan secara cermat berdasarkan daftar kebutuhan yang telah dirinci agar tidak terjadi kekurangan selama proses perakitan. Kopi yang digunakan berasal dari petani di Desa Sukorejo, Kecamatan Sumberwringin, Kabupaten Bondowoso. Sebelum modifikasi, dilakukan uji kinerja awal alat pengering untuk mendapatkan data dasar berupa suhu dan kelembaban ruang pengering, kadar air biji kopi, serta laju pengeringan. Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode oven dengan suhu 105°C selama 6 jam, menggunakan 12 sampel biji kopi yang sebelumnya telah dihancurkan dan ditimbang sebanyak 3 gram per cawan. Setelah pemanasan, sampel didinginkan di desikator selama 10 menit sebelum dilakukan penimbangan ulang untuk mendapatkan kadar air aktual. Setelah pengukuran awal, dilakukan proses pengeringan menggunakan alat sebelum modifikasi selama 30 jam. Pengeringan dilakukan secara merata dengan menimbang 1.500 gram kopi pada tiap rak (4 rak total) dan dilakukan pengecekan suhu setiap satu jam sekali. Selanjutnya, dilakukan perancangan gambar modifikasi alat menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2017 sebagai panduan dalam proses modifikasi. Proses modifikasi meliputi perbaikan rangka, pemasangan sistem kelistrikan lampu spotlight, integrasi sistem kontrol suhu menggunakan STC 1000, dan pelapisan bagian dalam alat dengan aluminium foil untuk efisiensi panas.



Gambar 1. Rancangan Modifikasi Alat Pengering Biji Kopi

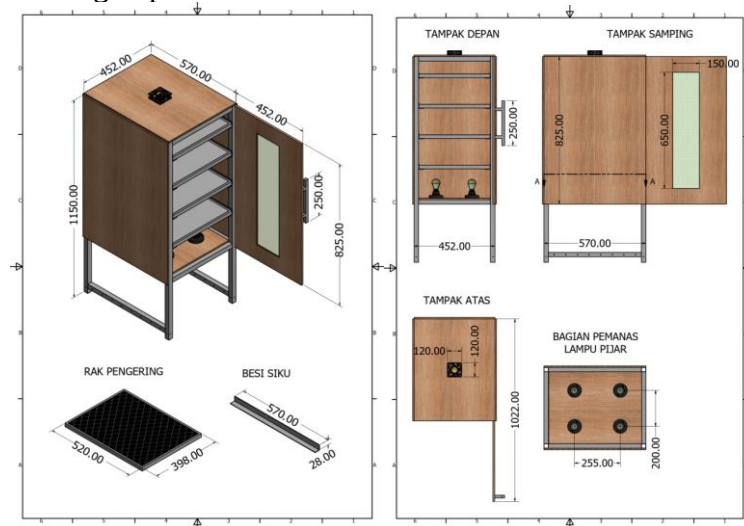
Uji fungsional alat pasca modifikasi dilakukan untuk memastikan seluruh komponen berfungsi sebagaimana mestinya. Termostat STC 1000 diuji untuk memastikan sistem kontrol suhu bekerja otomatis lampu akan mati saat suhu mencapai 40 °C dan menyala kembali saat suhu turun menjadi 39,5 °C. Lampu spotlight harus menyala secara merata, kipas exhaust diuji untuk memastikan dapat mengeluarkan udara panas dari ruang pengering, dan seluruh sistem diuji saat dialiri listrik. Jika ditemukan kerusakan atau kegagalan fungsi, maka dilakukan modifikasi ulang. Setelah semua komponen dinyatakan berfungsi dengan baik, dilakukan kembali uji kinerja pasca modifikasi dengan parameter yang sama seperti sebelum modifikasi, yaitu suhu, kelembaban, kadar air, dan laju pengeringan. Pengukuran kadar air pasca modifikasi juga dilakukan menggunakan metode oven. Seluruh rak diisi masing-masing 1.500

gram kopi untuk menjaga konsistensi data dan mencegah penumpukan bahan. Proses pengeringan berlangsung selama 30 jam dengan pengecekan suhu secara berkala setiap satu jam.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif deskriptif. Hasil pengujian dibandingkan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengamati perubahan signifikan antara kondisi alat sebelum dan sesudah modifikasi. Data yang dianalisis meliputi perubahan suhu dan kelembaban selama proses pengeringan, penurunan kadar air, serta laju pengeringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pengering kopi lampu pijar ini didesain menyerupai lemari satu pintu berbahan besi siku dan dilapisi triplek, dengan dimensi  $57 \times 45 \times 115$  cm. Alat memiliki 4 rak susun berjarak 15 cm, berukuran  $52 \times 40$  cm sebagai penampung biji kopi. Sumber panas berasal dari 4 lampu pijar 100 watt, dilengkapi blower kipas exhaust 21 watt. Total daya yang dibutuhkan untuk mengeringkan 6 kg kopi sekitar 421 watt..

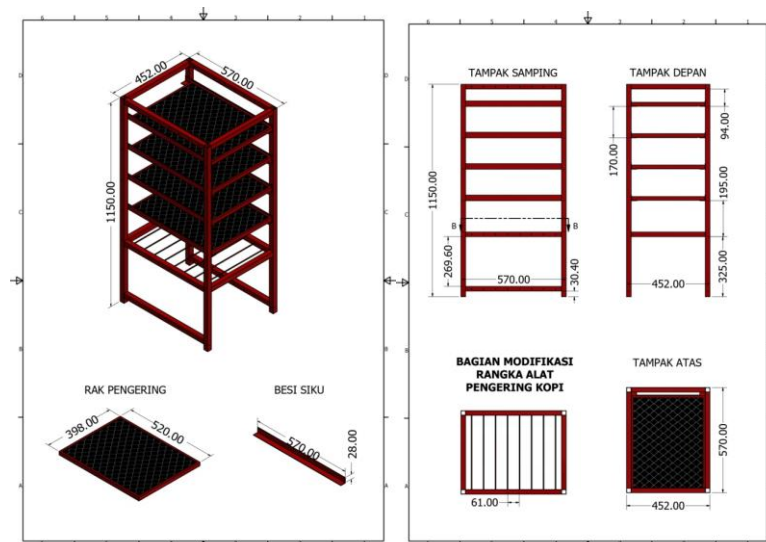


Gambar 2. Alat pengering sebelum modifikasi

Alat pengering kopi lampu pijar masih memiliki beberapa kekurangan sehingga perlu dimodifikasi. Modifikasi mencakup perbaikan rangka, rangkaian kelistrikan, penambahan sistem kontrol, dan pelapisan aluminium foil. Setiap komponen harus dimodifikasi dengan tepat agar alat berfungsi optimal dan menghasilkan kinerja maksimal.

### Modifikasi Rangka Alat Pengering

Rangka alat pengering ini menggunakan bahan besi, dikarenakan besi merupakan logam yang keras dan kuat serta banyak sekali gunanya dan dapat menahan beban dari sebuah mesin (Saleh dan Budiman, 2022).

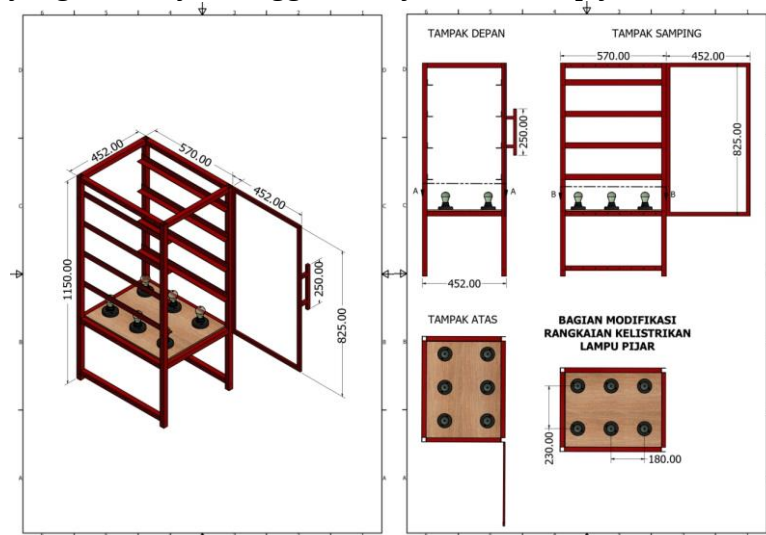


Gambar 2. Hasil Modifikasi Rangka Alat Pengering

Beberapa tahapan dalam pembuatan rangka alat pengering dimulai dari pengukuran bahan besi, dilanjutkan dengan pemotongan menggunakan mesin gerinda, dan penyambungan menggunakan las listrik. Modifikasi rangka dilakukan dengan menambahkan besi beton berbentuk lingkaran berdiameter 1 cm pada area pemanas sebagaiudukan lampu pijar spotlight, sehingga posisinya lebih stabil dan tidak mudah bergeser. Rangka kemudian dicat merah untuk melindungi permukaan besi dari risiko korosi atau karat (Pranata et al., 2022).

### Modifikasi Rangkaian Kelistrikan Lampu Pijar

Rangkaian listrik pada lampu pijar dimodifikasi dengan menambah jumlah lampu. Sebelumnya, alat pengering ini menggunakan rangkaian seri dengan empat lampu pijar berdaya 100 watt per lampu, yang semuanya menggunakan jenis bohlam pijar.



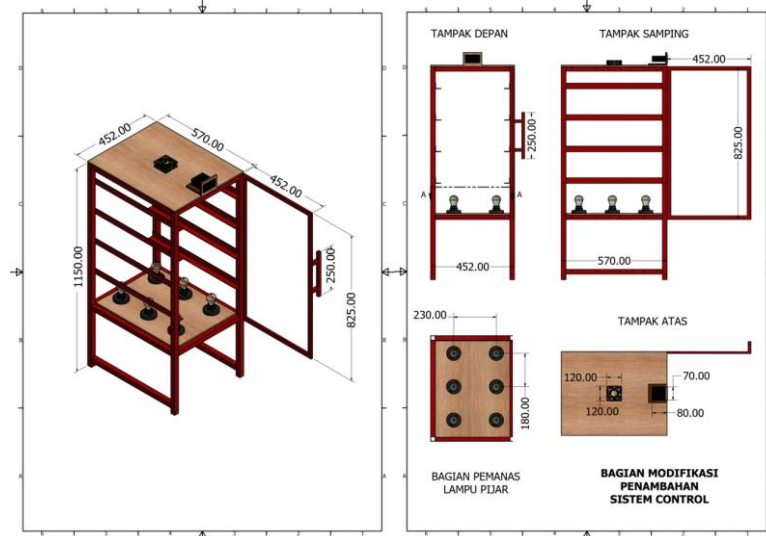
Gambar 3. Hasil Modifikasi Rangkaian Kelistrikan Lampu Pijar

Modifikasi rangkaian listrik dilakukan dengan menambah jumlah lampu menjadi enam unit, masing-masing menggunakan lampu Philips NR63 Spot 40W. Rangkaian lampu dirancang dalam dua baris, dengan tiga lampu pada tiap baris, guna memastikan distribusi panas merata selama proses pengeringan. Enam lampu tersebut disusun dalam rangkaian paralel, yang memungkinkan arus listrik mengalir melalui beberapa jalur (Rosman et al., 2019). Penambahan jumlah lampu ini bertujuan untuk meningkatkan suhu dalam ruang pengering sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat, namun tetap dengan konsumsi daya yang

lebih rendah dibandingkan sebelumnya. Intensitas cahaya dan panas meningkat seiring bertambahnya jumlah lampu pijar (Zainul et al., 2015). Selain itu, penggunaan lampu Philips NR63 Spot 40W juga dimaksudkan untuk menekan konsumsi daya, karena semakin kecil watt lampu, maka daya listrik yang dibutuhkan pun semakin rendah (Widiastuti, 2022). Dengan demikian, modifikasi ini memungkinkan alat bekerja lebih efisien, menghasilkan panas yang cukup tinggi untuk mempercepat pengeringan, namun tetap hemat energi dan biaya.

### Modifikasi Penambahan Sistem Control

*Termostat STC 1000* sebagai sistem control dari alat pengering kopi ini, dengan prinsip kerja apabila suhu yang dibutuhkan maka lampu akan otomatis mati, jika suhu akan turun maka lampu akan kembali menyala. *Termostat STC 1000* ini dilengkapi dengan sensor *Temperature sensor NTC*, dengan tegangan sebesar 220 V, Relay sebesar 5 A dan daya 3 watt.

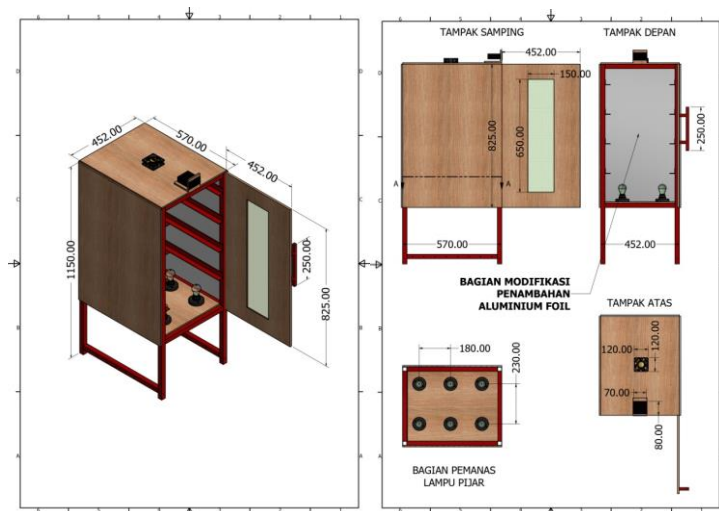


Gambar 4. Hasil Modifikasi Penambahan Sistem Control

Modifikasi alat pengering dilakukan dengan menambahkan sistem kontrol berupa termostat STC 1000 yang dipasang di bagian atas alat dan dihubungkan langsung ke kabel arus listrik pemanas lampu pijar. Termostat ini diatur untuk memutus aliran listrik secara otomatis saat suhu mencapai 40 °C, dan akan kembali mengaktifkan lampu jika suhu turun ke 39,5 °C. Fungsi utama termostat STC 1000 adalah mengatur nyala-mati lampu berdasarkan perubahan suhu di dalam ruang pengering (Patahngi et al., 2022). Alat ini dipilih karena harganya terjangkau, stabil dalam pengoperasian, memiliki sensor suhu bawaan, serta akurat dalam pengukuran (Simamora dan Ringo, 2023). Pengaturan ini penting karena suhu ideal pengeringan kopi berada di kisaran 40–50 °C, sedangkan suhu di atas 60 °C berisiko merusak cita rasa kopi (Gultom et al., 2019; Djafar et al., 2018). Penambahan sistem kontrol ini bertujuan agar suhu dalam ruang pengering tetap stabil dan sesuai kebutuhan, dengan mekanisme otomatis yang mematikan dan menyalakan lampu saat suhu mencapai batas yang telah ditentukan.

### Modifikasi Penambahan Alumunium Foil

Alat pengering kopi dengan pemanas lampu pijar ini dilapisi menggunakan bahan triplek setebal 8 mm pada seluruh sisi rangkanya. Penggunaan triplek tidak hanya bertujuan menutup struktur rangka, tetapi juga memberikan kekuatan tambahan dan tampilan yang lebih rapi. Menurut Kustiari et al. (2023), triplek dipilih karena harganya terjangkau serta mampu memperkuat dan memperindah alat tanpa mengurangi perannya sebagai isolator panas.



Gambar 5. Hasil Modifikasi Penambahan Aluminium Foil

Modifikasi alat pengering pemanas lampu pijar dengan penambahan pemasangan aluminium foil pada bagian lapisan dalam ruangan alat pengering kopi ini bertujuan sebagai peredam panas agar panas yang dihasilkan bisa optimum dalam ruangan (Hartono dan Sutjahjo, 2018). Aluminium foil memiliki sifat ringan, tahan korosi dan penghantar panas yang baik. Menurut Aziz dan Anggara, (2022) bahwa penambahan aluminium foil pada bagian sisi dalam alat pengering dapat meningkatkan efektivitas kinerja dari proses pengeringan.

### Uji Fungsional

Uji fungsional ini perlu dilakukan untuk mengetahui fungsi kerja dari komponen alat pengering kopi yang sudah di modifikasi apakah sudah bekerja dengan baik apa belum sebelum dilakukan uji kinerja pada alat pengering. Menurut Mahmudin dan Fitri, (2023) bahwa uji fungsional sebuah tindakan pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian komponen komponen dengan persyaratan fungsional yang ditentukan. Hasil uji fungsional dari alat pengering kopi ini sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Uji Fungsional Alat Pengering Kopi

| No | Uji Fungsional               | Berfungsi |       |
|----|------------------------------|-----------|-------|
|    |                              | Ya        | Tidak |
| 1. | <i>Termostat STC 1000</i>    | V         |       |
| 2. | Kipas Exhaust                | V         |       |
| 3. | Lampu Pijar <i>Spotlight</i> | V         |       |
| 4. | Tenaga mesin pengering kopi  | V         |       |

Berdasarkan tabel diatas bahwasanya uji fungsional komponen alat pengering kopi yang sudah di modifikasi sudah berfungsi dan bekerja dengan baik, sehingga dapat dikatakan layak untuk diuji kinerja dari alat pengering kopi ini. Tujuan dilakukan uji fungsional pada alat pengering kopi ini yaitu bertujuan untuk memeriksa apakah setiap bagian dari alat sudah bekerja sesuai fungsinya (Nofendri dan Haryanto, 2021).

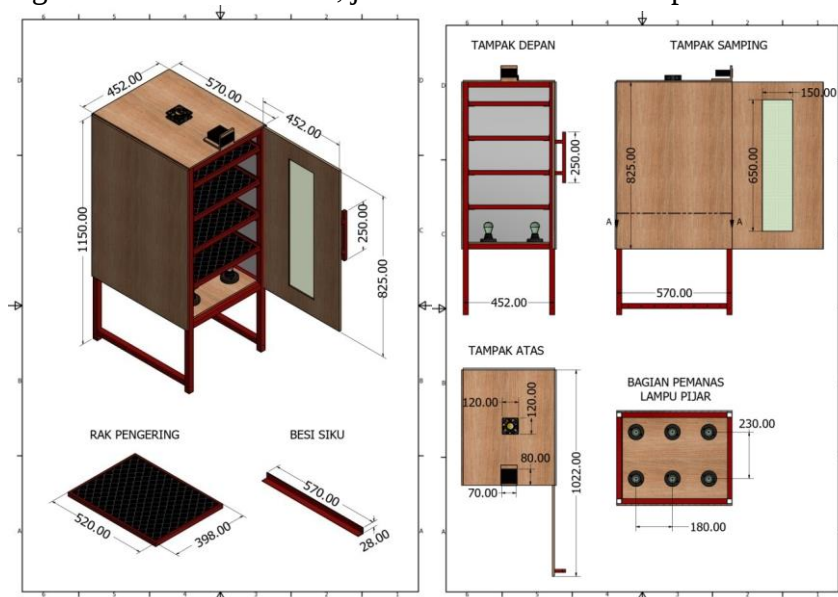
### Alat Pengering Sesudah Modifikasi

Alat pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini kurang lebih sama dengan alat pengering kopi sebelum dimodifikasi, hanya ada perubahan dalam pemanas lampu pijar *spotlight* dan penambahan sistem kontrol menggunakan *termostat STC 1000*. Alat pengering kopi ini sudah dilengkapi blower kipas exhaust dengan daya 21 watt dan sudah dilengkapi dengan sistem control menggunakan *termostat STC 1000* dengan daya 3 watt dan tegangan 220

volt. Alat pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini dengan kapasitas 6 kg membutuhkan kurang lebih kebutuhan daya sebesar 264 watt.

Prinsip kerja dari alat pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini kurang lebih sama dengan alat pengering kopi sebelum dimodifikasi. Lampu pijar *spotlight* yang berjumlah 6 lampu akan menyala dan menghasilkan sebuah panas sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengeringan kopi. Panas dari cahaya lampu pijar ini akan mengalir dan masuk kedalam rongga samping rak pengering secara zig zag sampai menuju ke bagian atas rak pengering. Alat pengering pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini dilengkapi blower kipas *exhaust* dengan tujuan untuk mengalirkan panas dari cahaya lampu pijar menuju ke bagian atas rak paling atas yang dapat membantu perubahan penurunan dan kenaikan suhu yang terjadi pada dalam ruangan alat pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight*. Alat pengering pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini sudah dilengkapi dengan sistem control *termostat STC 1000* yang berfungsi sebagai perangkat yang dapat memutuskan dan menyambungkan arus listrik saat perangkat mendeteksi adanya perubahan suhu yang terjadi di dalam ruangan alat pengering (Patahangi *et al.*, 2022).

Prinsip kerja *termostat STC 1000* ini diperkuat oleh pernyataan Simamora dan Ringo (2023) bahwa sistem control *termostat STC 1000* ini bekerja akan secara digital dengan menggunakan relay sebagai pengendali dan memiliki probe sebagai sensor yang berguna untuk menstabilkan dan mengukur suhu otomatis untuk menstabilkan dan mengukur suhu. Dimana, *termostat STC 1000* pada alat pengering kopi ini apabila suhu yang diinginkan, maka lampu pada alat pengering ini akan otomatis mati, jika suhu turun maka lampu akan kembali menyala.



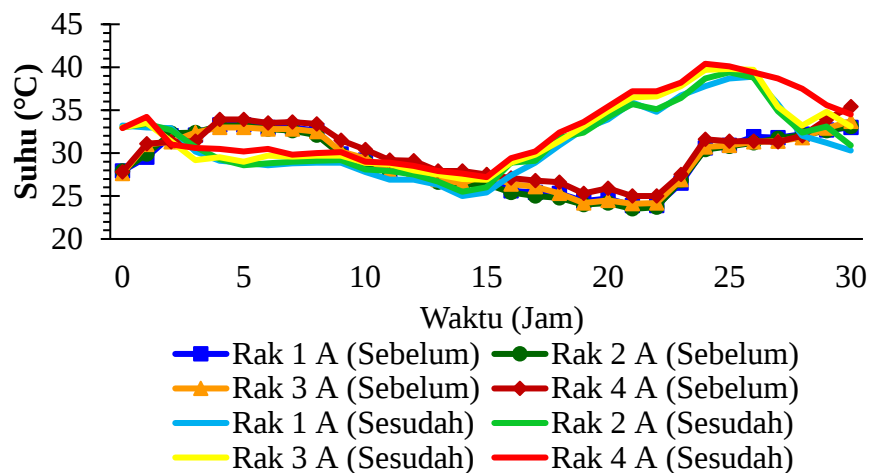
Gambar 6. Alat Pengering Sesudah Modifikasi

Perbandingan alat pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini setelah dimodifikasi lebih efisien penggunaan dengan penambahan sistem control *termostat STC 1000* yang dapat mengontrol suhu dalam ruangan pengering. Alat pengering pengering kopi pemanas lampu pijar *spotlight* ini juga secara ekonomi lebih murah dalam segi daya yang dibutuhkan dari awal alat pengering sebelum dimodifikasi membutuhkan daya kurang lebih sebesar 421 watt, setelah dilakukan modifikasi memerlukan daya kurang lebih sebesar 264 watt. Lampu pijar atau sering disebut lampu halogen yang digunakan sebagai pemanas alat pengering kopi ini sangat mempengaruhi besar kecilnya daya yang dibutuhkan, semakin besar daya (watt) lampu maka semakin terang dan panas lampu itu tergantung dari lampu (watt) yang kita gunakan. Daya (watt) pada lampu pijar atau lampu halogen menghasilkan panas yang tinggi sehingga

memperbesar risiko filamen putus dan perlu sering mengganti bohlam lampu tersebut (Nurliana *et al.*, 2023).

### Suhu Pengeringan

Suhu merupakan besaran fisik yang menunjukkan tingkat panas atau dinginnya suatu benda, biasanya dinyatakan dalam satuan derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Indarwati *et al.*, 2019). Menurut Rahayuningtyas dan Kuala (2016), suhu dan kelembaban merupakan faktor krusial dalam proses pengeringan karena keduanya dapat memengaruhi hasil akhir dari proses tersebut. Dalam penelitian ini, proses pengeringan kopi Arabika dilakukan menggunakan dua jenis alat, yaitu alat pengering dengan pemanas lampu pijar bohlam (sebelum dimodifikasi) dan alat pengering dengan pemanas lampu pijar spotlight (setelah dimodifikasi). Perbandingan suhu pada masing-masing rak dari kedua alat pengering tersebut disajikan dalam hasil pengukuran berikut.



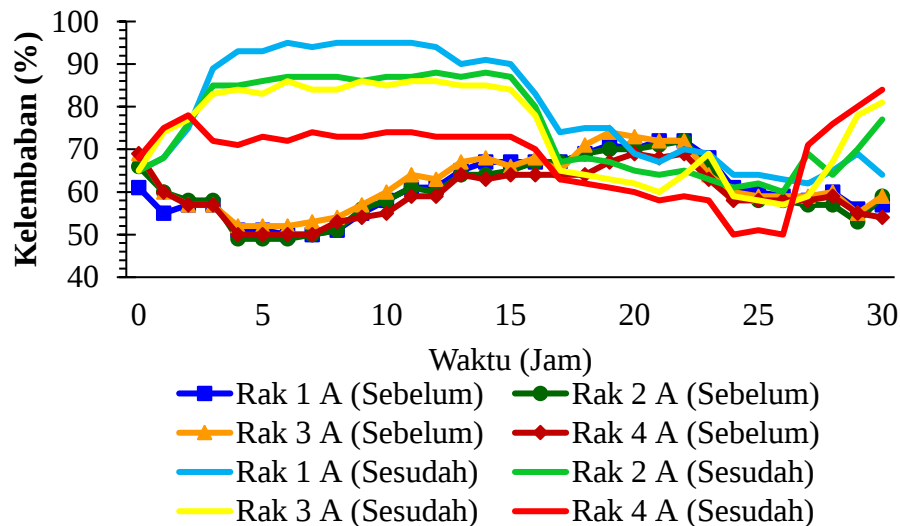
Gambar 7. Grafik Perbandingan Suhu Pengeringan Kopi

Gambar 7. memperlihatkan distribusi suhu di dalam ruang pengering selama proses pengeringan kopi yang berlangsung selama 30 jam. Suhu mengalami fluktuasi naik dan turun, yang disebabkan oleh aktivitas buka-tutup pada alat pengering. Suhu pada Rak-1, Rak-2, dan Rak-3 sebelum dan sesudah modifikasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, namun Rak-4 menunjukkan suhu yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena Rak-4 terletak lebih dekat dengan sumber panas berupa lampu pijar. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Rusli *et al.* (2018), yang menjelaskan bahwa suhu di bagian bawah alat pengering cenderung lebih tinggi karena posisi lebih dekat dengan elemen pemanas. Udara panas akan mengalir dari bawah ke atas, sehingga suhu akan menurun seiring ketinggian. Baik sebelum maupun sesudah modifikasi, alat pengering ini menunjukkan distribusi suhu yang tidak merata. Alat pengering tipe rak susun dengan pemanas lampu pijar di bagian atas dan bawah menghasilkan suhu yang berbeda di setiap rak, sehingga tidak mampu memberikan hasil pengeringan yang seragam pada biji kopi (Tumbal *et al.*, 2022).

Namun demikian, suhu pengeringan yang tercapai pada alat ini—baik sebelum maupun setelah modifikasi—masih berada dalam rentang yang direkomendasikan oleh Kementerian Pertanian (2012), yakni antara  $45^{\circ}\text{C}$  hingga  $50^{\circ}\text{C}$ . Penggunaan suhu di atas  $60^{\circ}\text{C}$  tidak disarankan karena dapat merusak kualitas cita rasa kopi. Selain itu, penggunaan lampu pijar sebagai sumber panas juga memengaruhi suhu dan kelembaban udara di dalam ruang pengering, yang berdampak pada proses pengeringan secara keseluruhan (Purnomo & Fzahrudin, 2024).

### Kelembaban Pengeringan

Kelembaban udara didefinisikan sebagai jumlah uap air yang terkandung di dalam atmosfer (Indarwati et al., 2019). Menurut Rahayuningtyas dan Kuala (2016), suhu dan kelembaban merupakan dua faktor krusial yang memengaruhi efektivitas proses pengeringan, karena keduanya dapat berdampak langsung terhadap hasil akhir pengeringan. Pada penelitian ini, proses pengeringan kopi arabika dilakukan menggunakan alat pengering kopi dalam dua tahap pengujian, yakni sebelum modifikasi dengan pemanas lampu pijar bohlam, dan setelah modifikasi menggunakan pemanas lampu pijar spotlight. Hasil pengukuran kelembaban pada setiap rak dari kedua jenis alat pengering tersebut diperbandingkan dan disajikan sebagai berikut.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kelembaban Pengeringan Kopi

Gambar 8. menunjukkan perubahan kelembaban udara di dalam ruang pengering selama proses pengeringan kopi yang berlangsung selama 30 jam. Terjadi fluktuasi kelembaban akibat aktivitas buka-tutup alat pengering selama proses berlangsung. Udara yang lebih lembab dalam ruang pengering akan memperlambat laju pengeringan kopi, karena setiap bahan memiliki tingkat kelembaban nisbi keseimbangan (*relative humidity equilibrium*) tersendiri, yaitu kondisi di mana bahan tidak lagi melepaskan atau menyerap uap air dari udara pada suhu tertentu (Susanto et al., 2021).

Khusus pada Rak-4, yang posisinya lebih dekat dengan pemanas lampu pijar, tercatat memiliki tingkat kelembaban yang lebih rendah. Hal ini mempercepat proses pengeringan karena udara kering mempercepat penguapan air dari bahan. Sebaliknya, semakin tinggi kelembaban udara di ruang pengering, semakin lambat proses pengeringan berlangsung (Rahayuningtyas dan Kuala, 2016).

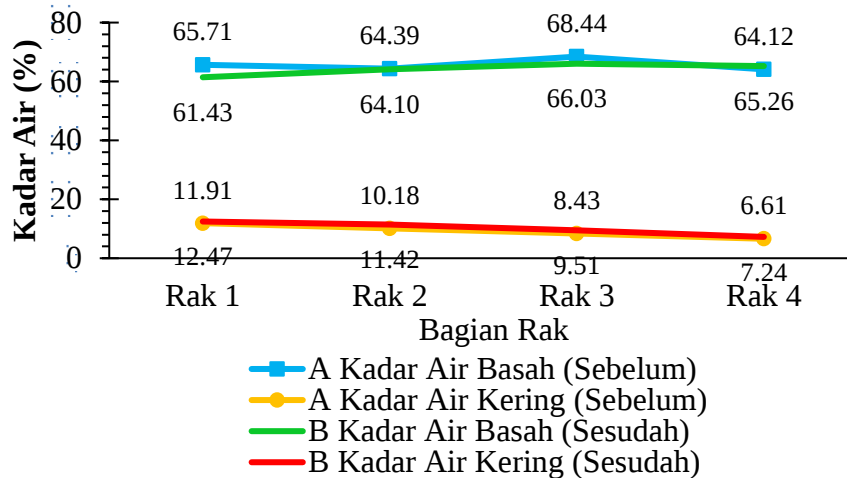
Kelembaban udara sangat dipengaruhi oleh suhu, di mana keduanya memiliki hubungan terbalik. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan kelembaban relatif. Tanggasari dan Jatnika (2023) menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu ruang pengering, semakin rendah kandungan uap air di udara akibat proses perpindahan panas dan massa yang lebih intens, sehingga percepatan pengeringan terjadi. Senada dengan itu, Hardiyanti dan Andraini (2022) menambahkan bahwa suhu tinggi menyebabkan penurunan kelembaban udara, dan faktor eksternal seperti keberadaan air di sekitar ruang pengering juga turut memengaruhi kondisi kelembaban selama proses berlangsung.

Perbandingan antara suhu dan kelembaban pada alat pengering sebelum dan sesudah modifikasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu dan kelembaban pada Rak-1 hingga Rak-

4 tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Namun, efisiensi pengeringan meningkat setelah dilakukan modifikasi karena alat telah dilengkapi sistem kontrol termostat STC 1000. Termostat ini tidak hanya mampu menjaga suhu sesuai pengaturan, tetapi juga dilengkapi sensor suhu internal yang secara otomatis mengatur dan menstabilkan suhu ruang pengering (Patahangi et al., 2022).

### Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting dalam pengujian bahan, karena berperan dalam menentukan mutu serta daya tahan suatu bahan terhadap potensi kerusakan. Semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam bahan, maka semakin besar risiko terjadinya kerusakan, baik akibat aktivitas biologis internal maupun karena kontaminasi mikroorganisme perusak (Daud et al., 2019). Gambar berikut menyajikan grafik hasil pengukuran kadar air pada kopi basah dan kering menggunakan alat pengering sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi.



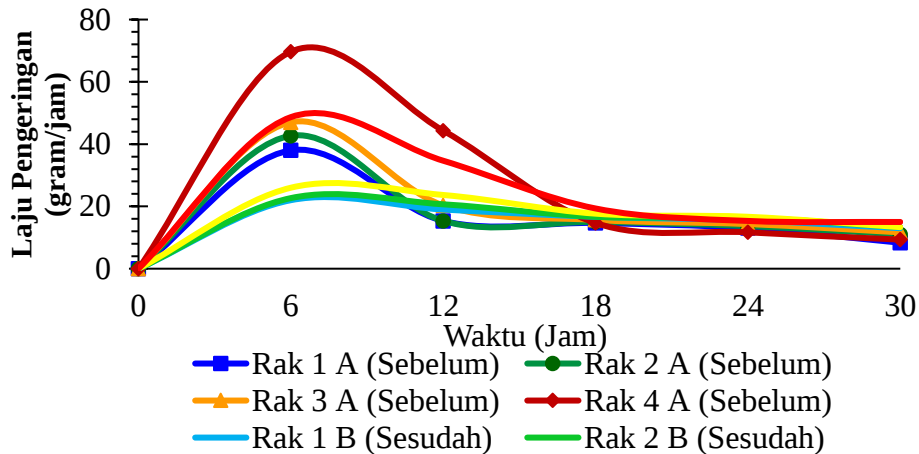
Gambar 9. Grafik Perbandingan Kadar Air

Dapat dilihat pada Gambar 9 menunjukkan penurunan pengukuran kadar air biji kopi menggunakan alat pengering kopi sebelum dan sesudah dimodifikasi memiliki pola penurunan yang seragam. Penurunan kadar air bahan kopi selama proses pengeringan berlangsung kandungan air dalam bahan kopi akan terus mengalami pengurangan yang disebabkan oleh penguapan suatu bahan dalam ruangan alat pengering, sehingga menyebabkan kandungan kadar air menurun (Sasmita *et al.*, 2018). Pada Rak-4 yang letaknya dekat dengan pemanas lampu, lebih cepat mengalami penurunan kadar air, dikarenakan suhu pada Rak-4 lebih tinggi dibanding suhu Rak-1, Rak-2, Rak-3. Hal ini sesuai dengan pernyataan Syafrinda dkk., (2018) bahwa semakin tinggi suhu dalam ruangan, maka semakin cepat terjadinya penguapan pengeringan dan semakin rendah kadar airnya. Proses pengeringan biji kopi menggunakan alat pengering sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi pada bagian rak paling atas Rak-1 diperoleh kadar air 11,91% dan 12,47%, sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-2008) syarat mutu kadar air biji kopi pengeringan maksimal 12,5%.

Perbandingan kadar air kopi basah dan kering pada alat pengering kopi sebelum dan sesudah modifikasi selama proses pengeringan berlangsung memiliki hasil kadar air yang tidak berbeda jauh. Pada proses pengeringan menggunakan alat pengering sebelum dimodifikasi lebih cepat mengalami penurunan kadar air, dikarenakan menggunakan lampu dengan daya 100 watt. Pemanas lampu pijar mempengaruhi proses pengeringan berlangsung, Hal ini diperkuat oleh pernyataan Abdussamad, (2022) bahwa lampu pijar dapat mempengaruhi proses pengeringan, semakin besar watt pada lampu, maka semakin terang pencahayaan lampu dan akan menghasilkan panas yang lebih besar saat dipancarkan.

## Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan perubahan jumlah kandungan air dalam bahan yang diuapkan dan berat akhir bahan yang dikeringkan dengan lamanya waktu pengeringan (Sushanti dan Sirwanti, 2018). Laju pengeringan dilakukan selama proses pengeringan berlangsung dan dilakukan selama 30 jam berlangsung untuk mendapatkan kadar air yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2907-2008) yaitu maksimal 12,5%. Berikut merupakan grafik hasil pengukuran laju pengeringan menggunakan alat pengering sebelum dan sesudah modifikasi.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Laju Pengeringan

Gambar 10 menunjukkan kurva laju pengeringan biji kopi selama proses berlangsung selama 30 jam. Hasil pengukuran menggunakan alat pengering sebelum dan sesudah modifikasi menunjukkan tren penurunan laju pengeringan yang relatif serupa. Dari grafik tersebut terlihat bahwa laju pengeringan mengalami penurunan secara bertahap setiap enam jam. Fenomena ini didukung oleh pernyataan Amin et al. (2018) yang menyebutkan bahwa penurunan laju pengeringan disebabkan oleh penguapan air dari bahan. Semakin banyak air yang menguap, maka kadar air dalam biji kopi menurun dan menyebabkan perlambatan laju pengeringan.

Arsyad (2018) juga menegaskan bahwa penurunan ini merupakan akibat langsung dari berkurangnya kadar air dalam bahan selama proses berlangsung. Lebih lanjut, menurut Ridhatullah dan Hasibuan (2019), penurunan laju pengeringan dipengaruhi oleh dua faktor utama: faktor internal seperti ukuran dan bentuk bahan, serta faktor eksternal seperti suhu, kelembaban, kecepatan, dan arah aliran udara.

Jika dibandingkan, alat pengering yang telah dimodifikasi menghasilkan laju pengeringan yang lebih tinggi dibandingkan alat sebelum dimodifikasi. Semakin besar nilai laju pengeringan, maka proses pengeringan akan berlangsung lebih cepat (Sushanti & Sirwanti, 2018).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa modifikasi pada alat pengering kopi dengan pemanas lampu pijar spotlight melibatkan beberapa tahapan, yaitu perbaikan pada rangka alat, modifikasi sistem kelistrikan lampu pijar, penambahan sistem kontrol termostat, serta pelapisan aluminium foil pada bagian dalam alat pengering, yang kemudian diuji melalui uji fungsional. Prinsip kerja alat ini secara umum masih serupa dengan

alat sebelum dimodifikasi, di mana panas yang dihasilkan dari lampu pijar digunakan untuk mengeringkan biji kopi. Namun demikian, distribusi panas lebih terarah melalui sistem aliran udara zig-zag dari bawah ke atas. Dari sisi efisiensi energi, alat yang telah dimodifikasi menunjukkan konsumsi daya yang lebih rendah, yakni sekitar 264 watt, dibandingkan dengan alat sebelum modifikasi yang membutuhkan daya sekitar 421 watt.

Hasil pengujian selama proses pengeringan menunjukkan bahwa rata-rata suhu alat sebelum modifikasi berkisar antara 29,0 °C hingga 29,9 °C, sedangkan setelah modifikasi meningkat menjadi 31,1 °C hingga 32,8 °C. Rata-rata kelembaban udara sebelum modifikasi berkisar antara 59,0% hingga 61,9%, sedangkan setelah modifikasi mengalami peningkatan hingga 68,4% hingga 79,0%. Kadar air akhir biji kopi setelah 30 jam pengeringan pada alat sebelum modifikasi berada pada kisaran 6,6% hingga 11,91%, sedangkan pada alat setelah modifikasi berkisar antara 7,24% hingga 12,47%. Sementara itu, laju pengeringan pada alat sebelum modifikasi berada pada kisaran 8,333 g/jam hingga 11,666 g/jam, sedangkan setelah modifikasi meningkat menjadi 13 g/jam hingga 15 g/jam. Dengan demikian, modifikasi alat pengering ini terbukti meningkatkan efisiensi energi dan mempercepat proses pengeringan biji kopi.

## REFERENSI

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional, (2008). Biji Kopi. *Standar Nasional Indonesia SNI 01-29- , 1-12*.
- Abdussamad, S. (2022). Implementasi Pengukuran Beban Resistif Pada Lampu Pijar. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)* , 4 (1), 83-86.
- Amin, S., Jamaluddin, & Rais, M. (2018). Laju Pindah Panas Dan Massa Pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Bak (Batch Dryer). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* , 4, 87-104.
- Arsyad, M. (2018). Pengaruh Pengeringan Terhadap Laju Penurunan Kadar Air Pada dan Berat Jagung (*Zea mays* L.) Untuk Varietas Bisi 2 dan NK22. *Jurnal Agropolitan* , 5 (1), 44-52.
- Aziz, Z. A., & Anggara, M. (2022). Analisis Kinerja Variasi Jenis dan Ketebalan Isolator Pada Dinding Ruang Mesin Pengering Kemiri. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro* , 11 (1), 71-80.
- Daud, A., Suriati, & Nuzulyanti. (2019). Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air Metode Thermogravimetri. *Jurnal Lutjanus* , 24 (2), 11-16.
- Edowai, D. N., & Tahoba, A. E. (2018). Proses Produksi Dan Uji Mutu Bubuk Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L) Asal Kabupaten Dogiyai, Papua. *Jurnal Agriovet* , 1 (1).
- Gultom, S. S., Ambarita, H., Gultom, M. S., & Napitupulu, F. H. (2019). Rancang Bangun Dan Pengujian Pengering Biji Kopi Tenaga Listrik Dengan Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal Dinamis* , 7 (4), 11-20.
- Hardiyanti, M., & Andraini, L. (2022). Hubungan Antara Suhu Dan Kelembaban Kadar Air Jagung. *Jurnal Portal Data* , 2 (10), 1-11.
- Hartono, B. T., & Sutjahjo, D. H. (2018). Perencanaan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Micro Oven Sebagai Media Praktikum Pengecatan. *Jurnal Rekayasa Mesin* , 4 (3), 11-17.
- Indarwati, S., Respati, S. M., & Darmanto. (2019). Kebutuhan Daya Pada Air Conditioner Saat Terjadi Perbedaan Suhu dan Kelembaban. *Jurnal Ilmiah Momentum* , 15 (1), 91-95.
- Kembaren, E. T., & Muchsin. (2021). Pengelolaan Pasca Panen Kopi Arabika Gayo Aceh. *Jurnal Visioner dan Strategis* , 10 (1), 29-36.
- Kementerian Pertanian. (2012). Pedoman Penanganan Pasca Panen Kopi. *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 52/PERMENTAN/OT.140/* , 1-14.

- Kustiari, T., Kurniawati, D., Alfiyanti, N. A., Widarti, & Muhdor, M. H. (2023). Pengolahan Ubi Ungu Dengan Alat Kabinet Dryer Lokal Pada Kelompok Wanita Tani Rengganis Desa Pakis Kecamatan Panti Kabupaten Jember. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* , 2 (8), 6037-6050.
- Mahmudin, O. K., & Fitri, M. (2023). Uji Fungsional dan Analisis Validasi Alat Uji Putaran Kritis Poros Dengan Beban. *Jurnal ALMIKANIK* , 5 (3), 134-140.
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin* , 6 (1), 1-11.
- Nurliana, Bunyamin, Koedoes, Y. A., Mokui, H. T., Jaya, S. N., & Aliansyah, A. N. (2023). Analisis Perbandingan Lampu Led Dengan Lampu Halogen Pada Air Field Lighting (Afl) Sebagai Upaya Efisiensi Penggunaan Energi Listrik di Bandar Udara Halu Oleo. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik* , 1 (1), 33-44.
- Patahangi, N. P., Munawir, & Wiwik, B. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Pada Ruang Penyimpanan Bahan Kimia di Hanggar Politeknik Penerbangan Makassar. *ournal of Aircraft Maintenance Engineering & Aviation Technologies (JAMETS)* , 1 (1), 7-10.
- Pranata, D. E., Risman, & Setiawan, H. P. (2022). Penelitian Tentang Analisis Perawatan Pada Mesin Sangrai Biji Kopi Otomatis. *Jurnal Teknik Mesin* , 8 (2), 24-34.
- Purnomo, B. P., & Fzahrudin, A. (2024). Perancangan dan Pengujian Cabinet Pengering Jagung Berbasis Lampu Pijar Holagen untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kebersihan Proses Pengolahan. *Methodical Research Journal* , 3 (3), 1-9.
- Rahayuningtyas, A., & Kuala, S. I. (2016). Pengaruh Suhu dan Kelembapan Udara Pada Proses Pengeringan Singkong (Studi Kasus : Pengeringan Tipe Rak). *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* , 4 (1), 99-104.
- Raysyah, S., Arinal, V., & Mulyana, D. I. (2021). Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan Metode KNN dan PCA. *Jurnal Sistem Informasi* , 8, 88-95.
- Ridhatullah, M. A., & Hasibuan, R. (2019). Pengaruh Ketebalan Bahan dan Jumlah Desikan terhadap Laju Pengeringan Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Pengering Kombinasi Surya dan Desikan. *Jurnal Teknik Kimia USU* , 8 (2), 61-66.
- Rosman, A., Risdayana, Yuliani, E., & Vovi. (2019). Karakteristik Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel Dengan Menggunakan Resistor. *urnal Ilmiah D'Computare* , 40-43.
- Rusli, R., Jamaluddin, & Yanto, S. (2018). Konduktivitas Panas dan Koefisien Pindah Panas Pada Proses Pengeringan Gabah Dengan Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* , 4, 126-135.
- Saleh, A., & Budiman, F. M. (2020). Rancang Bangun Rangka Pada Mesin Pencuci Keong Sawah. *Jurnal TEDC* , 14 (1), 1-7.
- Santoso, D., Muhidong, D., & Mursalim. (2018). Model Matematis Pengeringan Lapisan Tipis Biji Kopi Arabika (*Coffeae arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffeae cannephora*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* , 22 (1), 86-95.
- Sasmita, Jamaluddin, & Syam, H. (2018). Laju Pindah Panas Secara Koduksi dan Penguapan Air Selama Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* , 4, 77-85.
- Selian, N. A., Ridwansyah, & Ginting, S. (2019). Karakteristik Mutu Fisik, Kimia Dan Fungsional Tepung Ubi Kayu Dan Mocaf (Modified Cassava Flour) Dengan Metode Pengeringan Konvensional Dan Pengeringan Mekanis. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian* , 7 (2), 99-105.
- Simamora, A. M., & Ringo, K. S. (2023). Rancang Bangun Switch Control Thermostat Pada Water Heater Kapasitas 10 Liter Dengan Daya 300 Watt. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan* , 11 (1), 21-28.

- Susanto, E. E., Rahmadiano, F., & Pohan, G. A. (2021). Optimalisasi Laju Pengeringan Pada Alat Pengering Pakaian Yang Tidak Terpengaruh Waktu Dan Cuaca. *Jurnal Flywheel* , 12 (1), 1-9.
- Sushanti, G., & Sirwanti. (2018). Laju Pengeringan Chips Mocaf Menggunakan Cabinet Dryer. *Jurnal Galung Tropika* , 7 (3), 229-235.
- Syafrida, M., Darmanti, S., & Izzati, M. (2018). Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Kadar Air, Kadar Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Daun dan Umbi Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.). *Jurnal (Bioma) Berkala Ilmiah Biologi* , 20 (1), 44-50.
- Tanggasari, D., & Jatnika, A. R. (2023). Pengaruh Pengeringan Lapis Tipis Jagung (*Zea mays* L) sebagai Bahan Pakan dengan Suhu yang Berbeda. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem JKPTB* , 11 (1), 73-81.
- Tumbal, N., Ludong, D. P., & Lengkey, L. C. (2022). Modifikasi Alat Pengering Energi Surya Tipe Rak Untuk Pengeringan Bahan Pangan. *Ejournal.unsrat.ac.id* , 14 (4), 1-13.
- Widiastuti, S. (2022). Rancang Bangun Alat Pengatur Intensitas Cahaya Lampu Pijar Menggunakan Potensiometer. *Jurnal Sains dan Teknologi Elektro* , 12 (2), 141-150.
- Zainul, R., Alif, A., Aziz, H., Arief, S., & Darajat, S. (2015). Modifikasi Dan Karakteristik I-V Sel Fotovoltaik CU<sub>2</sub>O/CU-GEL NA<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Melalui Iluminasi Lampu Neon. *Jurnal Eksakta* , 2, 50-56.