

Optimalisasi Energi Panas Pada *Coffee Dryer* Dengan Tenaga Hybrid Collector Panas dan Gas LPG

Salman Alfarisi Arifin
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Nurul Jadid
Probolinggo, Indonesia
salman.alfarisi4949@gmail.com

Ilmi Rizki Imaduddin
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Nurul Jadid
Probolinggo, Indonesia
ilmi.eeunuja@gmail.com

Fuad Hasan
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Nurul Jadid
Probolinggo, Indonesia
fuadhasan@unuja.ac.id

Nanang Romandoni
Program Studi Mesin Otomotif
Politeknik Negeri Madiun
Kota Madiun, Indonesia
nanang@pnm.ac.id

Abstrak—Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain dan membuat pengering biji kopi dengan sumber panas yang berasal dari kolektor surya dan gas LPG untuk pengeringan biji kopi, mesin pengering kopi dengan memanfaatkan tenaga *hybrid* menggunakan kolektor dan gas LPG. Menguji kinerja dan menghitung energi pada pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat yang telah dihasilkan. Penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahapan meliputi : (1) pemanas kolektor dan gas, (2) pengujian sensor LM35, DHT11, (3) uji fungsional. Setelah dilakukan pengujian yakni dengan cara mengamati dan mengukur langsung hal-hal yang dilakukan pada alat pengering tersebut kemudian dilakukan pengolahan serta evaluasi data penelitian. Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, menunjukkan bahwa keragaman dari pengering dan kolektor surya lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Hubungan massa biji kopi terhadap waktu, dengan menggunakan energy kolektor surya dan gas LPG untuk mengeringkan biji kopi sebesar 5 kg, dengan kesetimbangan air biji kopi 19%-12% membutuhkan waktu 2 jam. Untuk proses pengeringan yang optimal dapat dilakukan pada jam 13.00 WIB, dengan kondisi cuaca cerah.

Kata Kunci: *Optimalisasi; Tenaga Hybrid; Collector Panas; Gas LPG.*

I. PENDAHULUAN

Proses pasca panen ialah kegiatan penanganan hasil panen, mulai dari pemanenan hingga sampai menjadi produk yang siap dikonsumsi. Penanganan pasca panen kopi merupakan salah satu hal sangat penting dalam usaha tani kopi[1]. Dalam hasil olahan pertanian yang telah dipanen ialah bahan biologi yang tetap mempunyai kandungan kadar air lumayan cukup tinggi. Hal inilah yang berpotensi menyebabkan kerusakan hasil pertanian. Karena kerusakan serupa dapat menyebabkan menurunnya mutu baik dengan secara kuantitatif ataupun kualitatif yang merupakan susut berat karena rusak, memar, cacat dan lain-lain[2].

Pengolahan pasca panen hasil pertanian atau perkebunan harus benar-benar diolah secara baik. Karena hal tersebut bias menambah daya gunanya sehingga dapat lebih bermanfaat bagi kesejahteraan petani. Hal yang sama dapat dilakukan

dengan mempertahankan kesegaran atau melestarikannya dalam bentuk aslinya dan diproses sehingga dapat tersedia setiap saat sampai kepada pihak konsumen dalam kondisi yang diinginkan konsumen[3].

Proses yang dapat membuat ketahanan atau mengawetkan penyimpanan hasil dari pertanian yaitu dengan pengeringan. Pengeringan ialah merupakan upaya mengurangi kadar air hingga batas yang diinginkan, sehingga reaksi pada biologi terhenti dan mikroorganisme tidak dapat berkembang di dalamnya. Hingga pada saat ini mayoritas masyarakat melakukan pengeringan biji kopi secara alami menggunakan energi matahari, pengeringan ini dijemur langsung oleh panas matahari. Dalam proses pengeringan, kadar air awal pada biji kopi secara umum adalah 48.7% dan kadar air maksimal pada biji kopi kering menurut SNI adalah 12.5%. Namun jika menggunakan proses pengeringan alami ini, memerlukan waktu berkisar 2 minggu lamanya. Belum lagi jika kondisi cuaca buruk dan tidak bersahabat, terutama saat musim penghujan akan mengakibatkan proses pengeringan secara alami berlangsung tidak optimal. Sehingga menyebabkan kualitas biji kopi menurun[4].

Proses pengeringan buatan membutuhkan solusi, untuk melakukan distribusi optimalisasi guna mengatasi persoalan tersebut. Mesin pengering kopi dengan memanfaatkan tenaga *hybrid* menggunakan kolektor dan gas LPG. Mesin pengering kopi dengan memanfaatkan energi panas menggunakan elemen pemanas listrik ini memiliki kelebihan yaitu dapat mengurangi waktu dan tenaga petani dalam melakukan pengeringan bahan-bahan biji kopi dan waktu penetrasi panas yang diperlukan oleh biji kopi.

A. Pengeringan

Pengeringan ialah proses mentransfer panas dengan uap air secara bersamaan yang membutuhkan energi panas dalam menguapkan suatu kandungan air yang dilepaskan dari permukaan benda atau bahan yang dikeringkan melalui alat pengeringan yang biasanya dalam bentuk panas. Pengeringan

juga bertujuan untuk mengurangi kadar air dari benda atau bahan sejauh pengembangan aktivitas enzim mikroorganisme yang dapat berpotensi pembusukan dihambat atau dihentikan. Dengan demikian bahan kering dapat memiliki waktu penyimpanan lebih lama[5].

B. Pemanfaatan Energi Matahari

Pemanfaatan pada energi matahari merupakan bentuk sumber energi alternatif dalam mengatasi krisis energi, terutama minyak bumi. Fenomena yang terjadi pada tahun 1970-an mendapat sorotan lumayan besar dari berbagai negara di Dunia. Karena jumlahnya yang begitu besar dan tidak terbatas, penggunaannya juga tidak menghasilkan polusi yang berdampak merusak lingkungan. Setiap menit matahari memancarkan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Potensi energi surya di Negara Indonesia yang tercatat cukup besar, sekitar 4,8 KWh / m² atau setara dengan 112.000 GWp, tetapi hanya 10 MWp yang telah dimanfaatkan. Angka ini merupakan gambaran yang berpotensi cukup besar untuk pasar sebuah pengembangan energi surya untuk masa depan[5].

C. Tinjauan Perpindahan Panas

Dalam merencanakan perangkat dengan penggunaan tenaga surya, dan perlu diketahui bahwa semua jenis perpindahan panas dapat terjadi selama siklus. Sama halnya ketika kolektor menerima panas dari matahari, maka hal itu terjadi melalui radiasi, kemudian terdapat panas dari sebuah pelat dan sisi kolektor yang bergerak dengan konveksi juga konduksi ke udara dan isolator[5].

D. Kolektor Surya

Kolektor surya adalah perangkat yang dapat mengumpulkan atau menyerap radiasi matahari dan dikonversikan menjadi panas. Dalam kolektor surya ini, dapat juga didefinisikan dalam perpindahan panas untuk menghasilkan energi panas yang memanfaatkan radiasi energi matahari sebagai sumber energi utama. Kolektor surya dapat beroperasi tanpa menghasilkan suara (tidak seperti turbin dengan angin besar) sehingga tidak menyebabkan kegemparan/polusi suara. Energi matahari adalah pilihan energi yang sangat baik untuk daerah-daerah terpencil, ketika jaringan distribusi listrik tidak praktis atau tidak mungkin dipasang. Mengingat pada rasio elektrifikasi yang terdata di Indonesia baru mencapai 55 - 60%, juga hampir semua tempat yang belum terjamah aliran arus listrik adalah daerah pelosok yang jauh dari pembangkit listrik[5].

E. Konduksi

Konduksi adalah proses mentransfer panas yang mengalir dari benda-benda yang bersuhu lebih besar ke benda-benda yang bersuhu lebih kecil melalui benda penyambung yang diam (tidak mengalir). Laju perpindahan panas konduksi dapat dinyatakan oleh Hukum Fourier[6].

$$Q_c = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dimana,

Q_c = Laju perpindahan panas (Watt)

K = Konduktivitas thermal (W/m.K)

A = Luas penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

$\left(\frac{dT}{dx}\right)$ = Gradien temperature dalam aliran panas (K/m)

F. Konveksi

Konveksi adalah proses pemindahan panas dari bahan bersuhu lebih besar ke bahan bersuhu lebih kecil melalui bahan penyambung, di mana bahan penyambung harus mempunyai sifat fluida (konduktivitas thermal, panas dan kerapatan spesifik). Persyaratan pertama untuk mekanisme pada perpindahan panas konveksi ialah terjadinya aliran fluida. Perpindahan panas konveksi pada pengeringan yang terjadi pada fluida dengan mekanisme yang menggunakan (udara)[6].

$$Q_h = hA (T_s - T_\infty)$$

Dimana,

Q_h = Laju perpindahan panas (Watt)

h = Koefisien konveksi (W / m².K)

A = Luas permukaan kolektor (m²)

T_s = Temperatur dinding (K)

T_∞ = Temperatur udara lingkungan (K)

G. Radiasi

Radiasi merupakan proses pemindahan panas dari benda bersuhu tinggi pada benda bersuhu rendah yang tidak memakai zat atau benda penghubung, dan panas memancar melalui radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi dalam alat ini terjadi pada penyerap kolektor surya. Peristiwa radiasi yang dipancarkan oleh matahari, dan dikonversi dalam bentuk panas terjadi pada plat absorber dan pengaruh emisivitas permukaan ke benda hitam (plat absorber). Radiasi yang telah diterima oleh area kolektor dengan asumsi efisiensi kaca 90%, intensitas radiasi yang dihasilkan dari alat ukur, dan dihitung per menit, sehingga energi radiasi bisa dihitung juga dengan menggunakan rumus[5].

$$Q = I \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot F'$$

Dimana:

Q = Energi Radiasi Masuk Kolektor (Watt)

I = Intensitas radiasi (W/m²)

A = Luas penampang kolektor(m²)

Δt = Selang waktu perhitungan (s)

F' = Faktor efisiensi kolektor

v = Transmisifitas kaca

α = Absorbsifitas pelat

H. Parameter Pengeringan Energi Panas Gas

1. Laju Pengeringan

Tingkat pengeringan bahan dapat bervariasi tergantung pada bahan dan proses pengeringan yang

digunakan. kenaikan suhu dapat menentukan tingkat penguapan air dalam material saat pengeringan[7].

2. Suhu Udara Pengeringan

Suhu bahan bisa dipengaruhi dari suhu udara pengeringan, namun juga dipengaruhi dari kadar air awal dengan kadar air akhir bahan, pada suhu udara pengeringan bahan pangan dari hasil pertanian yang baik adalah antara 45-75 °C. Untuk suhu pengeringan di bawah 45 °C mikroba dan jamur masih bereaksi dan dapat berpotensi merusak produk, yang mengakibatkan daya tahan dan kualitas produk menjadi rendah. Tetapi, pada suhu pengeringan yang tertera di atas 75 ° C, berpotensi merusak struktur kimia dan fisik produk. Karena ketika terjadi perpindahan panas juga massa air yang terlalu cepat dan dapat berpengaruh pada perubahan struktur bahan[7].

3. Kecepatan Udara Aliran Pengering

Laju pengeringan dapat terjadi begitu cepat jika udara pengeringan mempunyai kandungan panas yang sejenis dengan volume juga laju aliran lebih besar sehingga menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi pula untuk dapat menembus bagian bahan

4. Kadar Air Bahan

Kadar air bahan menunjukkan besarnya kadar air, ada dua cara untuk menentukan kadar air bahan yaitu berdasarkan berat kering dan berat basah. Karena salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses pengeringan adalah kadar air. Kandungan air merupakan zat yang mempengaruhi jumlah bahan yang ditambahkan terhadap jumlah air yang menguap dan lamanya proses pengeringan[7].

5. Kelembapan Relatif

Kelembapan relatif di udara yang terjadi selama pengeringan memperlihatkan kemampuan udara dalam menyerap uap air. Udara panas dikeluarkan di ruang pengering yang dengan perlahan akan memanaskan juga menguapkan massa air di dalam biji. Uap air tidak langsung keluar dari ruang pengering, melainkan menjenuhkan udara di sekitar bahan[7].

I. Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan dipakai untuk mengetahui tingkat keberhasilan proses pengeringan kopi dengan menggunakan pengering tipe plat datar. Efisiensi pengeringan dapat pula dihitung berdasarkan rasio antara jumlah energi terhadap panas dan penguapan air yang terkandung dalam satu bahan menggunakan energi selama proses pengeringan.[7].

II. METODOLOGI

Pada metodologi penelitian ini akan membahas metode penelitian, gambaran umum sistem optimalisasi pengeringan.

A. Alat dan Bahan

Bahan dan alat pada penggunaan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu bahan untuk pembuatan alat pengering surya tipe plat datar dan bahan untuk pengujian performansi. Bahan untuk pembuatan kolektor surya adalah

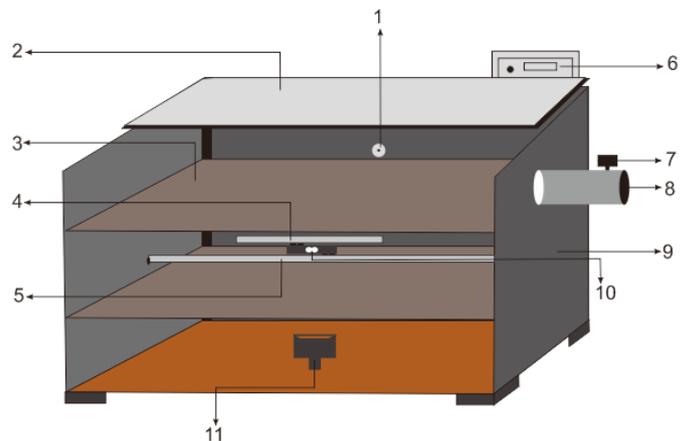
besi galvalum, plat aluminium, plat seng, kaca, plat *stainless steel*. Bahan umum yang akan digunakan pada pembuatan pengering merupakan bahan-bahan sebagai berikut : tabung gas argon, mata bor, paku, baut, rivet, dan elektroda (bahan las).

Beberapa peralatan yang digunakan pada pembuatan pengering ialah peralatan las listrik dan peralatan bengkel (gergaji, tang, palu, obeng, pemotong plat, pemotong kaca, tang rivet dan sebagainya), adapun peralatan yang digunakan untuk uji fungsional alat adalah timbangan digital, lux meter, termometer, anemometer, timbangan (5kg), dan stopwatch.

B. Observasi Kebutuhan

Pada observasi kebutuhan yang dilakukan dengan menganalisis energi yang diperlukan untuk pengeringan kopi. Manfaat dan harapan pengguna pengering yaitu mengeringkan biji kopi, dan apabila telah dibangun, dapat menggantikan cara pengeringan konvensional. Serta dilakukan juga observasi perbedaan dari mekanisme pengering tipe flat bed dengan menggunakan listrik dibandingkan dengan penggunaan pengering tipe flat bed tanpa listrik.

C. Rancangan Fungsional



Gambar 1. Desain Mesin Pengering Kopi Hybrid

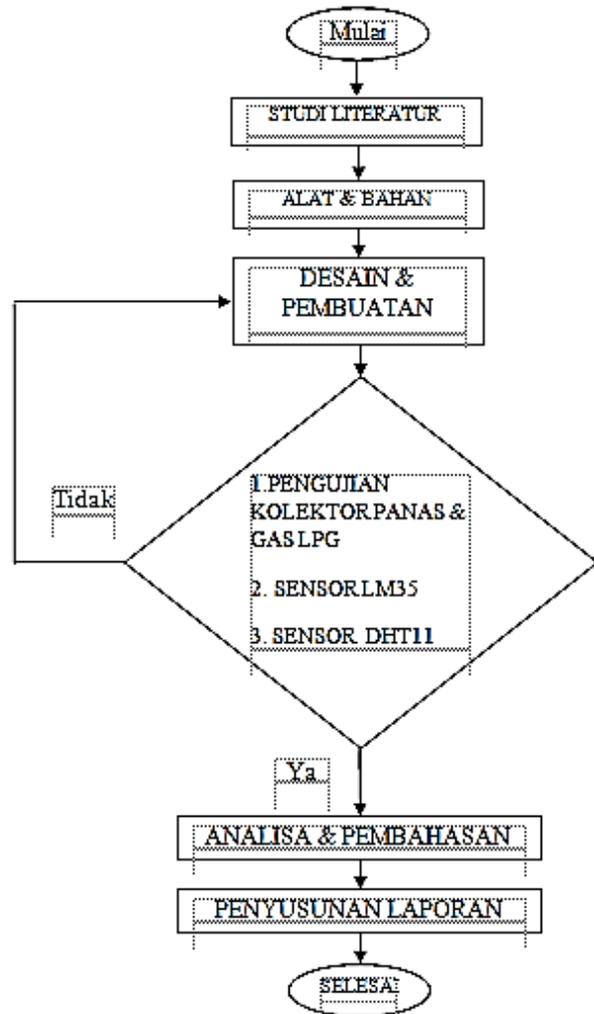
Keterangan :

1. Sensor LM35
2. Kolektor
3. Rak
4. Pangkon atas dudukan *load cell*
5. Pangkon bawah dudukan *load cell*
6. Box panel
7. Motor servo
8. *Exhaust* (Pembuangan uap udara dalam ruangan)
9. Plat aluminium
10. Sensor *Load cell*
11. Tungku pemanas

Tabel 1. Bahan Dan Alat Yang Digunakan

No	Alat	Fungsi
1	Arduino Uno	Sebagai mikrokontroler sebuah program
2	Arduino Mega 2560	Sebagai penghubung system kontrol singkat dan arus lebih
3	Relay	Komponen untuk menyambung dan memutuskan arus listrik pada sebuah rangkaian
4	Motor Servo	Komponen penggerak rangkaian untuk mengendalikan kecepatan, <i>on</i> dan <i>off</i> pada fans dan selang regulator
5	Gas LPG	Sebagai bahan bakar alat pada pengering kopi
6	Seng Aluminium	Sebagai lapisan dinding pada alat pengering kopi
7	Galfalum	Sebagai rangka pada alat pengering kopi
8	Kaca	Untuk pintu penutup dan lapisan atap pada kolektor pemanas
9	Stainlis	Sebagai penerima radiasi matahari
10	Paku Ripet	Sebagai alat penyambung plat besi secara permanen
11	Box Panel	Bahan untuk tempat ruangan pada komponen dan pengaman pada panel listrik
12	Besi	Untuk penyangga box panel
13	Akrilik	Lapisan pengaman pada komponen yang terpasang di dalam box panel
14	Fans	Sebagai fan indor untuk pendingin suhu di dalam ruangan
15	Tungku Kompor	Alat untuk penyangga pada kompor
16	Regulator Gas	Untuk pengendali keluaran gas
17	LPG 3kg	Sebagai bahan bakar pada pengering kopi
18	Sensor Load Cell	Sebagai perangkat digunakan untuk pengukuran berat, kadar air pada biji kopi
19	Sensor LM35	Untuk mengubah besaran suhu pada ruangan dalam bentuk tegangan
20	Sensor DHT11	Sebagai monitoring suhu dan kelembapan ruangan pengering
21	DC TO DC Convertet	Untuk mengkonversi tegangan masukan searah secara konstan menjadi tegangan keluaran searah
22	Terminal	Sebagai jembatan aliran arus listrik
23	Kabel Male Female	Sebagai penghubung komponen ke arduino
24	Kabel	Penghubung aliran

Prosedur gambaran umum sistem optimalisasi pengeringan

**Gambar 2.** Flochwat Alur Penelitian

D. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum dilakukan penelitian uji fungsional pada kolektor surya plat datar, hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu yaitu persiapan alat dan bahan yang diperlukan pada saat pengujian dilakukan, diantaranya :

- Pemasangan kaca penutup transparan pada kolektor surya.
- Pemasangan termometer pada pipa tembaga, ruang absorber, output, dan kaca.
- Tata letak Termometer Bola Kering (TBK) dan Termometer Bola Basah (TBB) di dekat kolektor untuk mengetahui RH lingkungan di sekitar kolektor.
- Peletakan lux meter di dekat kolektor surya.
- Peletakan kolektor surya pada posisi yang tetap.

E. Pengujian Fungsional Bak Pengering dan Kolektor Panas

Pada penelitian uji fungsional ruangan pengering (bak pengering) dan kolektor panas dilakukan selama 7 hari. Pengujian ini dilakukan selama 9 jam dan pengambilan data dilakukan dengan rentang waktu 60 menit dimana pengujian dilakukan pada pukul 09.00 WIB - 17.00 WIB.

F. Parameter Pengujian

- 1) Suhu
- 2) Kecepatan Udara
- 3) Kelembapan Relatif
- 4) Iradiasi Surya

III. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian Kondisi Cuaca

1. Pengujian Pengering Kopi Memakai Kolektor Surya Dan Gas

Dalam penelitian ini rancangan alat pengering memakai kolektor surya dan gas diciptakan dengan memakai pemograman arduino uno kemudian pada proses konstruksinya dilakukan dari tahap pengukuran, dan perancangan sehingga mendapatkan hasil pembuatan seperti gambar 3.



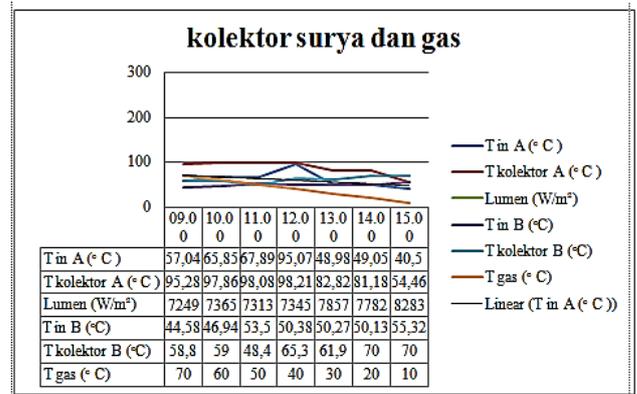
Gambar 3. Hasil Perancangan Mesin Pengering Kopi Tenaga

Dari perancangan mesin pengering kopi tenaga hybrid pengujian awal dilakukan kelayakan alat pengering kopi yang dilakukan beberapa titik untuk pengambilan temperature. Adapun tabel uji kelayakan alat sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Kolektor Surya Dan Gas

Waktu (jam)	Temperature Kolektor surya (°C)		Intensitaas Cahaya (W/m ²)	Temperature Kolektor gas (°C)		T _{GAS} (°C)
	T _{in} (°C)	T _{kolektor} (°C)		T _{in} (°C)	T _{kolektor} (°C)	
	09.00	57,04		95,28	7249	
10.00	65,85	97,86	7365	46,94	59,0	60
11.00	67,89	98,08	7313	53,50	48,4	50
12.00	95,07	98,21	7345	50,38	65,3	40
13.00	48,98	82,82	7857	50,27	61,9	30
14.00	49,05	81,18	7782	50,13	70,0	20
15.00	40,50	54,46	8283	55,32	70,0	10

Dari tabel 2. dapat dilihat temperature rata-rata tertinggi adalah 95,07 pada jam 12.00 dimana temperature mulai meningkat pada jam 11.00 intensitas matahari tertinggi pada jam 13.00 dengan demikian temperature yang diinginkan tercapai yaitu 48,98 °C



Gambar 4. Pengaruh kolektor surya dan gas

Dari grafik di atas telah menunjukkan hasil antara massa biji kopi dengan lama pengeringan pada biji kopi dan pada setiap variasi suhu, pemasukan udara dari pengering antara 45 - 97 °C menunjukkan suhu udara yang memasuki mesin pengering, hal ini terjadi hingga batas kadar air yang diinginkan. Jadi dapat disimpulkan bahwasanya semakin besar suhu udara yang masuk pada mesin pengering, dan semakin lama pula proses pengeringan massa biji kopi akan berkurang.

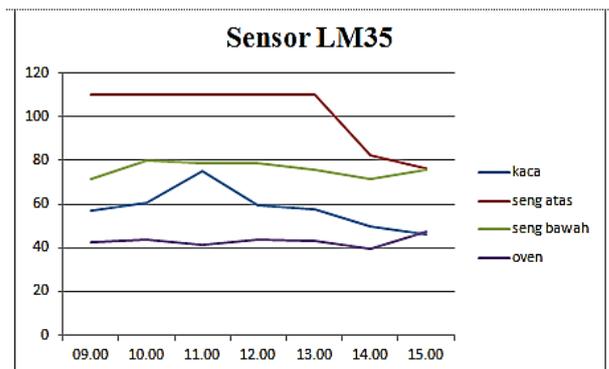
B. Pengujian Sensor LM35 pada Alat Pengering Kopi

Pada pengujian suhu dilakukan dengan mencatat nilai suhu kelembapan oven, suhu pada seng atas, suhu pada seng bawah, dan suhu oven. Tujuan dalam pengujian untuk mengetahui hubungan dan respon suhu pada alat pengering kopi terhadap waktu yang dibutuhkan.

Tabel hasil pengujian sensor LM35 (suhu) biji kopi pada alat pengering kopi ditunjukkan dalam tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian sensor LM35

Waktu (jam)	Suhu rata-rata (°C)			
	Kelembapan Oven	Seng atas	Seng bawah	Oven
09.00	24	109,89	71,393	42,442
10.00	21,6	109,89	79,815	44,00
11.00	25,8	109,89	78,569	41,2
12.00	21	109,89	78,849	43,493
13.00	19	109,89	75,893	43,097
14.00	22,6	82,34	71,317	39,36
15.00	27,913	76,12	75,818	47,566



Gambar 5. Hasil sensor LM35 pada alat pengering kopi

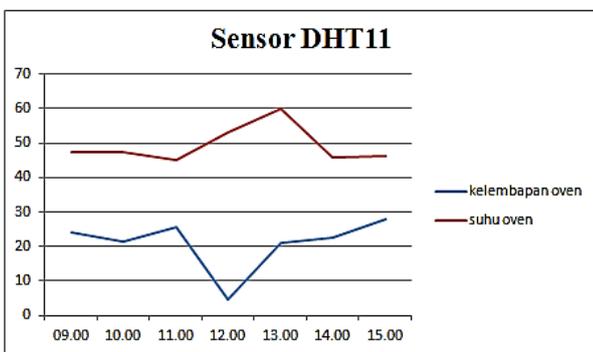
Pada grafik 5. menunjukkan bahwa temperature selama waktu pengambilan sampel yang dilakukan selama 7 jam yang diambil dalam per 10 menit, dapat disimpulkan bahwa panas yang optimal terletak pada jam 13.00.

C. Pengujian Sensor DHT pada Alat Pengering Kopi

Pada pengujian suhu dilakukan dengan mencatat nilai suhu kelembaban oven, dan suhu oven. Tujuan dalam pengujian untuk mengetahui hubungan dan respon suhu pada alat pengering kopi terhadap waktu yang dibutuhkan. Tabel hasil pengujian sensor DHT (suhu) biji kopi pada alat pengering kopi ditunjukkan dalam tabel.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor DHT

Waktu (jam)	Suhu rata-rata (°C)	
	Kelembapan Oven	Suhu oven
09.00	24	47,2
10.00	21,6	47,2
11.00	25,8	45,2
12.00	21	53
13.00	19	59,9
14.00	22,6	46
15.00	27,913	46,342



Gambar 6. Hasil sensor DHT terhadap mesin pengering kopi

Dari grafik di atas hasil pengambilan sampel yang keempat diatas, menunjukkan bahwa pengeringan dengan menggunakan sensor dalam kurun waktu yang sama yakni 10 menit. Lebih cepat pengeringan dengan secara konduksi dibandingkan pengeringan secara konveksi dengan nilai rata-rata suhu lebih tinggi dan kelembapannya sangat rendah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian pada mesin pengering biji kopi dengan memanfaatkan energi panas dari kolektor panas dan gas LPG, Maka dapat di ambil beberapa kesimpulan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diantaranya sebagai berikut :

1. Pada penelitian alat pengering kopi ini *fan* berada di samping box dan saat dilakukan konduksi *fan* tidak dipakai sebagai penyebaran panas jadi murni penyebaran panasnya dengan memanfaatkan konduksi termal.
2. Berdasarkan hasil uji fungsional menunjukkan bahwa keragaman dari pengering dan kolektor surya lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi cuaca.
3. Untuk proses pengeringan yang optimal dapat dilakukan pada jam 13.00 WIB, dengan kondisi cuaca cerah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada editor dan *reviewer* atas segala saran, dalam hal ini butuh perbaikan dan penyempurnaan, baik dari segi penulisan masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga di haturkan kepada pihak-pihak yang telah mensupport penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Syah, R. Agustina, and R. Moulana, "Rancang Bangun Pengering Surya Tipe Bak Untuk Biji Kopi," *Rona Tek. Pertan.*, vol. 9, no. 1, pp. 25–39, 2016, doi: 10.17969/rtp.v9i1.4382.
- [2] A. G. Prayogi, "OPTIMASI CORN DRYER (CD) DENGAN MEMANFAATKAN KONDUKSI TERMAL DARI HEATING ELEMENT.,"
- [3] D. K. Sirap, K. Jambu, and L. K. Praktek, "PROSES SORTASI DI KELOMPOK TANI RAHAYU IV ,," 2018.
- [4] R. Hidayat, F. Ubaidillah, and H. Siswanto, "Optimasi Proses Pengeringan Kopi Dengan Menggunakan Mason Dryer," *J. Ilm. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 10, no. 2, pp. 17–30, 2018.
- [5] F. R. Arikundo and M. Hazwi, "Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar Untuk Penghasil Panas Pada Pengering Produk Pertanian Dan Perkebunan," *J. e-Dinamis*, vol. 8, no. 4, pp. 194–203, 2014.
- [6] A. Burhanuddin, "Skripsi karakteristik kolektor surya plat datar dengan variasi jarak kaca penutup dan sudut kemiringan kolektor." 2006, doi: 10.1109/JQE.1987.1073559.
- [7] Z. Djafar, W. H. Piarah, Z. Djafar, and R. Riadi, "Analisis Prestasi Pengering Kopi Berbasis Bahan Bakar Gas (LPG)," *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains Dan Teknologi*, vol. 4, no. November. pp. 399–408, 2018.