

ANALISIS KINERJA DAN LAJU PENGERINGAN PADA PENGERING HYBRID DENGAN VARIASI SUMBER ENERGI PEMANAS

Jamal Jamal¹⁾, Lewi Lewi¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the performance of drying coffee utilizing solar energy, biomass energy and the hybrid system of solar energy and biomass energy. The general objective of this study is to increase the quantity and quality of coffee production, which has an impact on improving the standard of living of the community, especially farmers who are involved in coffee processing. The research method is carried out by experimental design, the research begins with the design of the hybrid system dryer, followed by the manufacture of the hybrid drying system between solar energy and biomass energy, then testing the performance of the hybrid system dryer. Furthermore, the test results are compared to get the best performance from the three test models, these results will later be used as a basis for product manufacture and further research. The drying rate using the hybrid system is greater than the drying rate using solar energy and biomass energy. The total efficiency of using solar energy is greater than the total efficiency of using the hybrid system and biomass energy. The use of biomass energy results in the lowest drying rate and total efficiency.

Keywords: coffee, dryer, hybrid, solar, biomass

1. PENDAHULUAN

Sulawesi Selatan salah satu wilayah penghasil kopi unggul di Indonesia. Kopi merupakan salah satu minuman yang mampu untuk memberikan efek fisiologis yakni energi [1]. Ada banyak sekali manfaat kopi, berikut adalah efek minum kopi bagi kesehatan [2]: Meningkatkan fungsi otak dan memperbaiki mood; menstimuli fungsi saraf dan menambah energi; meredakan sakit kepala; pencegahan penyakit Parkinson dan Alzheimer; dan mengurangi resiko diabetes tipe II. Kualitas kopi dapat menurun akibat penanganan pasca panen yang kurang optimal, sehingga penting melakukan penanganan pasca panen yang optimal, salah satunya adalah proses pengeringan.

Bahan pangan termasuk kopi, saat panen memiliki kadar air yang lebih sehingga memicu adanya kegiatan fisiologis, mengalami perubahan baik secara fisik maupun kimiawi. Secara umum, semakin tinggi kandungan air suatu bahan pangan, semakin cepat bahan pangan mengalami kerusakan atau penurunan mutu [3]. Jika proses pengeringan tidak dilakukan dengan cepat, maka kualitas dan kuantitas bahan pangan akan menyusut drastis [4]. Proses utama yang terjadi pada pengeringan adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila panas diberikan kepada bahan tersebut. Proses pengeringan akan memperpanjang umur penyimpanan bahan pangan [3],[5]. Pengeringan sangat tergantung pada parameter eksternal seperti suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara; sifat-sifat bahan yang dikeringkan seperti karakteristik permukaan (kasar atau halus), komposisi kimia (gula dan pati) struktur fisik (porosity, kerapatan, dll), ukuran dan bentuk produk [3].

Pengurangan kadar air pada proses pengeringan hanya sampai batas di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Ada 2 tujuan utama pengeringan, yaitu meningkatkan umur simpan dan mengurangi berat atau volume bahan, namun ada empat tujuan lain yang bisa di capai, yaitu [6]:

Mengurangi risiko kerusakan karena aktivitas mikroba. Mikroba memerlukan air untuk pertumbuhannya, sehingga bila kadar air bahan berkurang, maka aktivitas mikroba dapat dihambat atau dimatikan;

Menghemat ruang penyimpanan atau pengangkutan;

Untuk mendapatkan produk yang lebih sesuai dengan penggunaannya;

Untuk mempertahankan nutrisi yang berguna yang terkandung dalam bahan pangan, misalnya mineral, vitamin, dsb.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan, yaitu [7]:

Faktor yang berhubungan dengan udara pengering. Yang termasuk dalam golongan udara pengering adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara;

Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan. Yang termasuk dalam golongan sifat bahan adalah ukuran bahan, kadar air awal, dan tekanan parsial dalam bahan.

¹⁾Korespondensi penulis: Jamal Jamal, Telp 081343670304, jamal_mesin@poliupg.ac.id

Makin tinggi suhu udara pengering, makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pengeringan, pada kelembaban udara rendah, perbedaan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan besar, sehingga pemindahan uap air dari dalam bahan ke luar semakin cepat [8].

Menurut [9], prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian yaitu:

Panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan Air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut pindah panas ke dalam dan pindah massa keluar. Pindah massa adalah pemindahan air keluar dari bahan komoditi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah: Luas permukaan; perbedaan suhu sekitar; kecepatan aliran udara; tekanan udara

Pengeringan biasanya merupakan langkah terakhir dari sederetan operasi, dan hasil pengeringan biasanya siap dikemas. Pada proses pengeringan terjadi dua proses, yaitu [10]:

Proses perpindahan panas yaitu sebuah proses yang terjadi karena perbedaan temperatur, panas yang dialirkan akan meningkatkan suhu bahan yang lebih rendah yang menyebabkan tekanan uap air didalam bahan lebih tinggi dari tekanan uap air di udara.

Proses perpindahan massa yaitu suatu proses yang terjadi karena kelembapan relatif udara pengering lebih rendah dari kelembapan relatif bahan, panas yang dialirkan di atas permukaan bahan akan meningkatkan tekanan uap air bahan sehingga tekanan uap air bahan akan lebih tinggi dari tekanan uap air udara pengering.

Pada setiap pengering harus diperhatikan suhu pengeringan dimana tidak melampaui suhu kritis dari bahan yang dikeringkan, karena dapat merusak bahan yang akan dikeringkan.

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya dan biomassa serta hybrid yang dikaji. Kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya dan biomassa meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditunjukkan oleh efisiensi pengering, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari produk udara yang memanasinya [11].

Sumber Tenaga untuk Proses Pengeringan ada beberapa, yaitu:

Pengeringan alamiah menggunakan energi matahari.

Pengeringan alami yang sederhana adalah dengan menggunakan sinar Matahari langsung atau tidak langsung. Pengeringan alami memanfaatkan radiasi surya, suhu dan kelembaban udara sekitar serta kecepatan aliran fluida untuk proses pengeringan.

Pengeringan menggunakan energi biomassa.

Tanaman selama masa hidupnya membentuk biomassa yang digunakan untuk membentuk bagian-bagian tubuhnya. Dengan demikian perubahan akumulasi biomassa dengan umur tanaman akan terjadi dan merupakan indikator pertumbuhan tanaman yang paling sering digunakan [12].

Pengeringan gabungan (metode hybrid energi matahari dan energi biomassa).

Pengeringan gabungan (metode hybrid energi matahari dan energi biomassa) adalah pengeringan dengan energi matahari dan bahan bakar energi biomassa dilakukan secara bersamaan.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian tentang pengering sistem hybrid telah dilakukan oleh Akhmad Suharja dan Muh. Basir [13]. Penelitian tersebut membahas tentang alat pengering jagung yang menggunakan hybrid energi matahari dan energi biomassa. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan waktu pengeringan jagung sistem hybrid energi matahari dan energi biomassa relatif lebih cepat dari sistem pengeringan alami. Pengembangan yang dilakukan adalah pada sistem penukar kalor pada pengering biomassa serta model dari sistem pengering.

Penelitian pengering surya dengan sistem hybrid menggunakan fan sebagai energi tambahan untuk meningkatkan perpindahan panas konveksi karena adanya aliran konveksi paksa telah dilakukan yaitu dengan menggunakan kolektor surya sistem rumah kaca dengan sistem hibrid [14-17], menggunakan kolektor surya sistem rumah kaca [18].

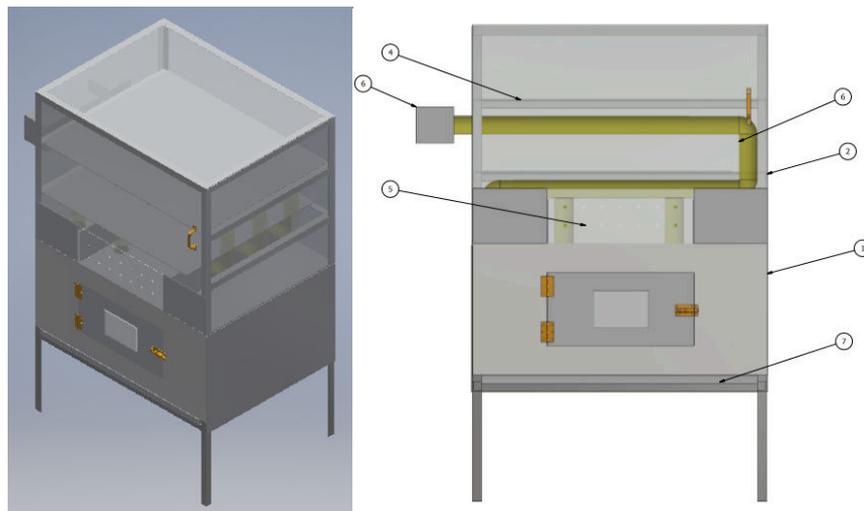
Pada kegiatan ini, dirancang dan dibuat alat pengering kopi dengan sistem hybrid energi matahari dan energi biomassa. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif dan banyak dimanfaatkan karena ketersediaannya yang tak terbatas di daerah tropis seperti Indonesia. Penggunaan energi biomassa (kayu, briket, dan lain-lain) cocok untuk pengeringan karena mudah didapatkan dan relatif lebih murah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Energi Alternatif Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang berlokasi di kota Makassar provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Penelitian dilakukan

dalam empat tahap yaitu tahap perencanaan, tahap pembuatan, tahap pengujian dan tahap evaluasi hasil penelitian.

Tahap perencanaan telah dilakukan sebelumnya yaitu alat yang dibuat adalah pengering kopi hybrid. Alat ini mendapatkan sumber panas dari energi matahari dan pembakaran energi biomassa. Penyerapan energi matahari langsung diteruskan ke ruang pengering yang ditutupi oleh kaca sehingga energi akan terhimpun dengan adanya efek rumah kaca, penyerapan energi panas biomassa melalui pipa-pipa dimana udara panas dalam ruang panas dialirkan melalui pipa-pipa ke dalam ruang pengering sehingga terjadi pertukaran panas dengan udara dalam ruang pengering sehingga suhunya akan meningkat. Adapun hasil tahap perencanaan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar Isometri dan Rencana Desain Alat Penelitian

Keterangan : 1. Ruang bakar 2. Dinding kaca 3. Pipa penyalur panas 4. Rak bahan makanan
5. Ruang Pengering 6. Pipa penyalur asap 7. Tempat pembuangan hasil pembakaran

Setelah tahap perencanaan, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan komponen alat untuk perangkat keras. Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing rancang bangun adalah sebagai berikut: Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan; membuat rangka alat pengering *hybrid*; membuat tungku pembakaran; membuat rak; memasang kaca kolektor pada rangka; memasang rak dan tungku pembakaran pada rangka

Setelah tahap pembuatan, maka akan dilanjutkan dengan proses pengujian. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan kinerja dan laju pengeringan pada pengering sistem hybrid dengan variasi sumber energi pemanas. Hasil yang diharapkan dari pengujian adalah untuk memperoleh:

Kinerja dan laju pengeringan pengeringan dengan energi surya sebagai sumber panas;

Kinerja dan laju pengeringan pengeringan dengan energi biomassa sebagai sumber panas;

Kinerja dan laju pengeringan pengeringan dengan energi hybrid yaitu energi surya dan energi biomassa sebagai sumber panas.

Pengujian dengan menggunakan energi matahari:

Menyiapkan alat pengering *hybrid* dan bahan uji; menempatkan alat pada tempat yang terkena cahaya matahari; mengukur massa bahan tiap rak yang akan diuji; mengukur temperatur ruang pengering; mengukur temperatur dan massa bahan yang diuji setiap jam; mencatat hasil pengujian ke tabel pengamatan. Pengujian dilakukan 3 hari mulai pukul 09.00 sampai 16.00 WITA.

Pengujian dengan menggunakan energi biomassa:

Menyiapkan alat pengering kopi *hybrid* dan bahan uji; mengukur massa bahan tiap rak yang akan diuji; menyalakan api menggunakan biomassa pada ruang bakar; mengukur temperature ruang pengering; mengukur temperature dan massa tiap jam; mencatat hasil pengujian di tabel pengamatan; pengujian dilakukan 3 hari pukul 18.00 sampai 21.00 WITA.

Pengujian dengan menggunakan energi matahari dan energi biomassa:

Menyiapkan alat pengering kopi *hybrid* dan bahan uji; mengukur massa bahan tiap rak yang akan diuji; menyalakan api menggunakan biomassa pada ruang; mengukur temperatur ruang pengering; mengukur massa

bahan uji dan temperatur setiap jam; mencatat hasil pengujian ke tabel pengamatan. Pengujian dilakukan 3 hari mulai pukul 09.00 sampai 16.00 WITA.

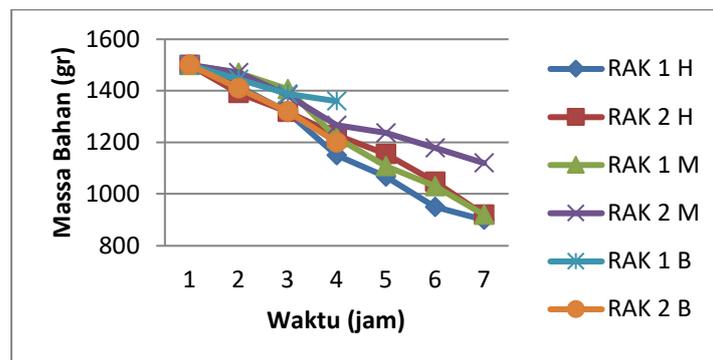
Setelah dilakukan pengujian maka tahap akhir adalah analisa hasil pengujian. Persamaan yang digunakan dalam menganalisis data adalah antara lain: Perhitungan kalor, yang mana digunakan untuk menghitung besarnya kalor pada pengeringan dengan energi matahari dan dengan energi biomassa; perhitungan laju pengeringan dengan energi matahari, energi biomassa, dan kombinasi energi matahari dan energi biomassa; perhitungan Q_{in} dan Q_{out} ; perhitungan efisiensi pada proses pengeringan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan desain dan rancang bangun yang dilanjutkan dengan pengujian kinerja dan pengolahan data, maka diperoleh hasil seperti pada gambar 2 hingga gambar 4.

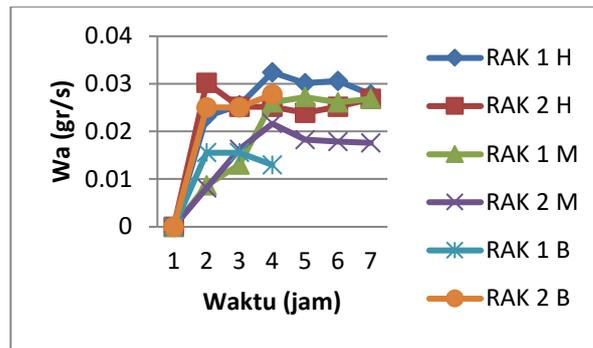
Berdasarkan gambar 2, dapat diketahui bahwa penurunan massa bahan berbanding lurus dengan lama waktu pengeringan. Pada pengeringan menggunakan energi *hybrid* (H), penurunan massa bahan rak 1 hampir sama dengan rak 2, massa awal rak 1 dan rak 2 masing-masing sebesar 1500 gram setelah pengujian 7 jam, massa akhir rak 1 sebesar 900 gram dan rak 2 sebesar 920 gram. Pengeringan menggunakan energi matahari (M), dengan pengujian 7 jam, massa akhir rak 1 sebesar 920 gram dan rak 2 sebesar 1120 gram. Pada pengeringan menggunakan energi biomassa (B), dengan pengujian 4 jam, massa akhir rak 1 sebesar 1360 gram dan rak 2 sebesar 1200 gram.

Pengeringan dipengaruhi oleh temperatur ruang pengering, intensitas radiasi matahari, temperatur ruang bakar, dan temperatur lingkungan. Pengeringan dengan sistem *hybrid*, temperatur ruang pengering rata-rata 64,0 °C, intensitas radiasi matahari rata-rata 1121,8 watt/m², temperatur lingkungan rata-rata 35,6 °C dan temperatur ruang bakar rata-rata 51,2 °C. Pengeringan menggunakan energi matahari, temperatur ruang pengering rata-rata 56,1°C, intensitas radiasi matahari rata-rata 1096,5 watt/m², dan temperatur lingkungan rata-rata 34,3°C. Pengeringan menggunakan energi biomassa, temperatur ruang pengering rata-rata 55 °C, temperatur ruang bakar rata-rata 58,9 °C, dan temperatur lingkungan rata-rata 31,3 °C.

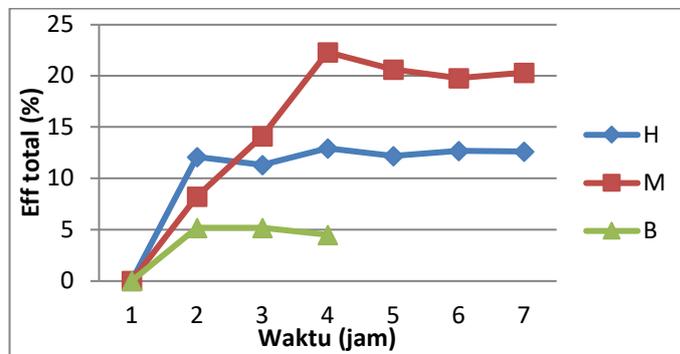


Gambar 2. Hubungan Massa Bahan dengan Waktu pada Pengujian *Hybrid*, Matahari dan Biomassa

Pada gambar 2 terlihat bahwa pada proses pengeringan menggunakan energi *hybrid* mengalami penurunan massa lebih besar dibandingkan pengering menggunakan energi matahari dan energi biomassa, baik pengujian dilakukan selama 4 atau 7 jam. Pada awal pengeringan penurunan kadar air lebih signifikan dibandingkan dengan akhir proses pengeringan. Saat awal pengeringan kandungan air yang diuapkan adalah yang terdapat pada permukaan bahan sehingga penurunan kadar air pada awal pengeringan berlangsung lebih cepat, selanjutnya kandungan air pada permukaan bahan digantikan dengan kandungan air yang berada ditengah. Pada akhir pengeringan membutuhkan waktu yang lebih lama karena kadar air mendekati minimum. Pada gambar 3, pengeringan menggunakan energi *hybrid*, pada rak 1 laju pengeringan rata-rata 0,02420 gr/s, sedangkan pada rak 2 laju pengeringan rata-rata 0,02235 gr/s. Pengeringan menggunakan energi matahari, pada rak 1 laju pengeringan rata-rata 0,01829 gr/s, sedangkan pada rak 2 laju pengeringan rata-rata 0,01424 gr/s. Pengeringan menggunakan energi biomassa, pada rak 1 laju pengeringan rata-rata 0,01101 gr/s, sedangkan pada rak 2 laju pengeringan rata-rata 0,01944 gr/s.



Gambar 3. Hubungan Laju Massa Air yang Dikeringkan dengan Waktu pada Pengujian *Hybrid*, Matahari dan Biomassa
 Pada gambar 3, Pengeringan kopi selama 4 jam, laju pengeringan tercepat adalah menggunakan energi *hybrid* yaitu pada rak 1 rata-rata 0,02025 gr/s dan rak 2 rata-rata 0,02013 gr/s, kemudian menggunakan energi matahari yaitu pada rak 1 rata-rata 0,01197 gr/s dan rak 2 rata-rata 0,01150 gr/s, dan yang terakhir pengeringan menggunakan energi biomassa yaitu pada rak 1 rata-rata 0,01101 gr/s dan rak 2 rata-rata 0,01944 gr/s.



Gambar 4. Hubungan Efisiensi Total dengan Waktu pada Pengujian Hybrid, Matahari dan Biomassa
 Pada gambar 4 terlihat bahwa pada proses pengeringan menggunakan energi *hybrid*, efisiensi total tertinggi 12,93 % dan terendah 11,30 %. Pada proses pengeringan menggunakan energi matahari, efisiensi total tertinggi 22,31 % dan terendah 8,22 %. Pada proses pengeringan menggunakan energi biomassa, efisiensi total tertinggi 9,13 % dan terendah 9,16 %. Pada gambar 4 juga terlihat bahwa efisiensi terbaik terjadi pada proses pengeringan menggunakan energi matahari dengan efisiensi total rata-rata 15,04 %, selanjutnya proses pengeringan menggunakan energi *hybrid* dengan efisiensi total rata-rata 10,54% dan terendah pada proses pengeringan menggunakan energi biomassa dengan efisiensi total rata-rata 6,86 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian/pengukuran dan analisa data serta perencanaan desain dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pengeringan kopi menggunakan energi *hybrid*, diperoleh laju pengeringan pada rak 1 rata-rata 0,02024 gr/s dan pada rak 2 rata-rata 0,02235 gr/s. Laju pengeringan menggunakan energi *hybrid* lebih besar dari laju pengeringan menggunakan energi matahari dan energi biomassa, tetapi efisiensi total lebih kecil dari efisiensi total dengan menggunakan energi matahari.
- 2) Pengeringan kopi menggunakan energi matahari, diperoleh laju pengeringan pada rak 1 rata-rata 0,01829 gr/s dan pada rak 2 rata-rata 0,01424 gr/s. Laju pengeringan menggunakan energi matahari lebih besar dari laju pengeringan menggunakan energi biomassa dengan efisiensi totalnya lebih besar dari efisiensi total menggunakan energi *hybrid* dan energi biomassa.
- 3) Pengeringan kopi menggunakan energi biomassa, diperoleh laju pengeringan pada rak 1 rata-rata 0,01101 gr/s dan pada rak 2 rata-rata 0,01944 gr/s. Laju pengeringan menggunakan energi biomassa lebih kecil dari laju pengeringan menggunakan energi *hybrid* dan energi matahari. Efisiensi total lebih kecil dari efisiensi total menggunakan energi *hybrid* dan energi matahari.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Miftahul. dkk. 2015. Penentuan Lama Sangrai Kopi Berdasarkan Variasi Derajat Sangrai Menggunakan Model Warna RGB Pada Model Warna RGB Pada Pengolahan Citra Digital. Laporan Hasil Penelitian. Jurusan Teknologi Industri Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
- [2] Priyo 2018. Manfaat Kopi. <https://www.merdeka.com/sehat/manfaat-kopi-klm.html>. (online). Diakses pada tanggal 1 Oktober 2019.
- [3] Muarif. 2013. Rancang Bangun Alat Pengering Di Tinjau Dari Specific Energy Consume Pada Kerupuk. Laporan Hasil Penelitian. Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- [4] Yuliandri. 2017. 3 Proses Pengering Kopi. <https://majalah.ottencoffee.co.id/3-proses-pengeringan-kopi/>.(online). Diakses pada tanggal 1 September 2019.
- [5] Riansyah. dkk. 2013. Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam dengan Menggunakan Oven. Laporan Hasil Penelitian. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya Indralaya Ogan Ilir.
- [6] Himawa. dkk. 2012. Perancangan Alat Pengering Mie Ramah Lingkungan. Laporan Hasil Penelitian. Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Briwijaya, Malang.
- [7] Syahrul. dkk. 2016. Pengaruh Variasi Kecepatan Udara dan Massa Bahan terhadap Waktu Pengeringan Jagung pada Alatfluidized bed. Laporan Hasil Penelitian Nusa Tenggara Barat . Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- [8] Ceningsih. dkk. 2012. Pengaruh Suhu dan Laju Alir Udara Pengeringan pada Pengeringan Karaginan Menggunakan Teknologi Spray Dryer. Laporan Hasil Penelitian. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegor, Semarang.
- [9] Suryani. dkk. 2016. Penentuan Konstanta Laju Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascolonium* L) Iris Menggunakan Tunnel Dehydrator. Laporan Hasil Penelitian. Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- [10] Syaiful. dkk. 2009. Profil Suhu pada Proses Pengeringan Produk Pertanian dengan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Laporan Hasil Penelitian. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Bengkulu.
- [11] Zamharir. dkk. 2016. Analisis Pemanfaatan Energi Panas Pada Pengering Bawang Merah Dengan Menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK). Laporan Hasil Penelitian. Mataram. Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram.
- [12] Trisnowati dkk. 2014. Pengaruh Takaran Pupuk Kandang dan Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temu Putih (*Curcuma zedoaria* L.). Laporan Hasil Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta .
- [13] Suharja Akhmad, Muh. Basir. 2014. Pengujian Unjuk Kerja Pengering Jagung Sistem Hibrid Matahari Dan Biomassa. Laporan Hasil Penelitian. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [14] Mulyantara L.T. dkk. 2008. Simulasi Pengeringan Jagung Pipilan Menggunakan Alat Pengering Surya Tipe Efek Rumah Kaca (ERK)-Hybrid Dengan Pengering Silinder Berputar. Jurnal Enjiniring Pertanian Vol.VI No.6 Hal.99-108. Edisi Oktober 2008. IPB, Bogor.
- [15] Surachman Hadi, dkk. 2008. Pengembangan dan Pengujian Kinerja Termal Pengering Lorong Hibrid Energi Surya-Biomassa Terpadu. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol.10 No.3 Hal.157-164. BPPT Puspipstek-Serpong.
- [16] Kamaruddin A., dkk. 2011. Unjuk Kerja Mesin Pengering Surya Hybrid ICDC Tipe Resirkulasi. KIPNAS X, 8-10 November 2011. Jakarta.
- [17] Agustina S.E., dkk. 2009. Implementasi Mesin Pengering Berenergi Terbarukan Hybrid (Surya dan Biomassa) Untuk Menghasilkan Produk Jagung Pipil yang Aman dan Bermutu Tinggi. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian Tahun 2009. IPB. Bogor.
- [18] Manulu L.P. 2010. Alat Pengering Tenaga Surya Untuk Industri Kopi Rakyat. Jurnal M.P.I. Vol.4 No.1 Hal.37-44 Edisi April 2010. ISSN 1410-3680, Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendanai kegiatan Penelitian ini melalui Hibah Penelitian Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang tahun anggaran 2020.