

REKAYASA ALAT PENGERING LADA SISTEM ROTARY DENGAN PENGONTROL SUHU UNTUK PERBAIKAN MUTU BUBUK LADA

Engineering of Temperature Controlled Pepper System Rotary Dryer to Improve the Quality of Pepper Powder

Jantri Sirait^{1,2,*}, Bernatal Saragih^{2,3}, Anton Rahmadi^{2,3}

¹BSPJI Samarinda, Jl. M.T.Haryono No.1, Samarinda 75124, ²Prodi Magister Pertanian Tropika Basah, Faperta, Universitas Mulawarman, Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119,

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Faperta, Universitas Mulawarman, Jl. Tanah Grogot, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

*)Penulis korespondensi: jans.baristand@gmail.com

Submisi 3.10.2022; Penerimaan 15.05.2023; Dipublikasikan 31.12.2023

ABSTRAK

Rekayasa alat pengering lada sistem rotary (P, L dan T, 86, 59 dan 72 cm) dengan pengontrol suhu untuk perbaikan mutu bubuk Lada Borneo Samboja (LBS) bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pengolahan lada dengan mempersingkat waktu proses pengeringan.. Bahan rangka alat besi siku 4x4 cm, tabung alat pengering berbahan *stainless steel* diameter 70 cm panjang 50 cm dan pengaduk lada AS *stainless steel*. Menggunakan motor penggerak 1.380 rpm HP, 220/380 V. Sumber panas adalah LPG menggunakan pasir sebagai media transfer panas. Unjuk kerja mesin pengering rotari dicobakan pada suhu 40, 50 dan 60°C, putaran mesin 12,5; 13,0; 13,5 Hz, dan waktu pengeringan 6, 7 dan 8 jam. Kadar air lada kering 13,54% dan kadar piperin bubuk lada 6,6% sesuai dengan mutu bubuk lada hitam SNI 0005:2013 dengan waktu pengeringan 8 jam bekerja pada suhu 60°C dan putaran mesin 13,5 Hz. Asumsi proyeksi mesin pengering lada berproduksi 16 jam/hari, 15 hari kerja/bln, 20 kg/hari input lada basah dan output lada kering 17 kg/hari dengan harga lada/sachet (4 gram) Rp1.000, dan harga lada/kg Rp250.000. Investasi berdasarkan nilai *Payback Period* (PP) dinyatakan layak karena nilai PP (2 tahun 10 bulan 6 hari) lebih kecil dari umur ekonomis alat (10 tahun). *Net Present Value* (NPV) pengering lada dinyatakan layak (positif). *Profitability Index* (PI) pengering lada 7,01 lebih besar dari 1. *Internal Rate of Return* (IRR) pengering lada 61,08% lebih besar dari bunga pinjaman (14%). Dan nilai *Accounting Rate of Return* (ARR) pengering lada sebesar 140,85%.

Kata kunci: Lada bubuk, rekayasa mesin pengering rotari, lada Borneo, lada Samboja

ABSTRACT

Engineering of a rotary system pepper dryer (L, W and T of 86, 59 and 72 cm) with temperature control to improve the quality of Borneo Samboja Pepper powder aims to increase the productivity of pepper processing by shortening the drying process time. The material for the tool frame is 4x4 cm angle iron, the dryer tube is made of stainless steel with a diameter of 70 cm and a length of 50 cm and a stainless steel US pepper stirrer. Using a 1,380 rpm HP, 220/380 V. The heat source is LPG and sand as the heat transfer medium. The performance of the rotary dryer was tested at temperature of 40, 50 and 60°C, machine speed of 12.5, 13.0, 13.5 Hz, and drying time of 6, 7 and 8 hours. The water content of dry pepper is 13.54% and the piperine content of pepper powder is 6.6% according to the quality of black pepper powder SNI 0005:2013 with a drying time of 8 hours working at a temperature of 60°C and an engine speed of 13.5 Hz. Assuming the projected pepper dryer works 16 hours/day, 15 working days/month, 20 kg/day of wet pepper input and 17 kg/day of dry pepper output at a price of pepper/sachet (4 grams) Rp1,000, and the price of pepper/kg Rp 250.000. The investment is feasible based on some criterias. The PP value (2 years 10 months 6 days) is < the machine's economic life of 10 years. The Net NPV of pepper dryer is positive. The PI of pepper dryer is 7.01, which is > 1. The IRR of pepper dryer is 61.08% > the loan interest of 14%. And the value of the ARR of pepper dryer is 140.85%.

Keywords: Pepper powder, rotary dryer engineering, Borneo pepper, Samboja pepper

PENDAHULUAN

Kalimantan Timur beriklim tropis yaitu musim kemarau dan penghujan dikenal sebagai daerah penghasil kayu, hasil pertambangan dan hasil perkebunan. Jenis-jenis tanaman perkebunan yang dikembangkan di Kalimantan Timur antara lain: karet, kelapa, kopi, lada, kakao, kelapa sawit. Luas areal pertanaman lada di Kalimantan Timur pada tahun 2020 mencapai 8247 ha dengan jumlah produksi 3760 ton lada kering (Disbun, 2020).

Industri bubuk lada hitam (*black pepper*) dan lada putih (*white pepper*) dengan merk "Lada Borneo Samboja (LBS)" yang berada di Kalimantan Timur, Desa Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara, memiliki kapasitas produksi bubuk lada masih tergolong kecil yaitu 20 kg sekali produksi. Kendala yang dihadapi industri adalah proses pengeringan lada dan proses penggilingan lada. Proses pengeringan lada masih mengandalkan panas matahari sehingga ketergantungan dengan kondisi cuaca, jika cuaca panas petani dapat mengeringkan lada selama 3 s/d 4 hari.

Pada proses penggilingan lada, bubuk lada lengket atau menjadi jel di dalam saringan dan bubuk lada lengket pada kemasan plastik, hal ini terjadi karena kadar air lada yang dikeringkan belum memenuhi standar SNI Lada Putih 0004:2013 atau SNI Lada Hitam 0005:2013. Standar kadar air lada putih Mutu I adalah 13,0% dan Mutu II adalah 14,0%, sedangkan standar kadar air lada hitam Mutu I adalah 12,0% dan Mutu II adalah 14,0% (BSN, 2013).

Teknologi pengeringan lada telah banyak beredar dipasaran seperti; pengeringan dengan putaran drum, pengering dengan menggunakan sumber panas lampu pijar, pengeringan dengan microwave dan pengering bertenaga panas bumi. Pengering dengan putaran drum bervariasi dirancang dengan putaran drum 16,9 rpm dalam waktu 45 menit mampu menurunkan kadar air lada dari berat awal 1500 g menjadi 1.320 g dengan kadar air akhir 16,24% (Husin et al., 2020). Pengeringan dengan sumber panas bola lampu pijar ukuran 15,25,65 dan 75 watt masing-masing dua buah dengan kontrol suhu 50-55°C dengan dimensi 1200 x 600 mm.

akan tetapi kendala alat pengeringan ini adalah suhu pada masing-masing rak tidak merata, sehingga kadar air lada putih yang dikeringkan pada masing-masing rak berbeda (Wijianti et al., 2017). Pengeringan lada putih dengan menggunakan microwave mampu menurunkan kadar air dengan rata - rata 59,94%. Penurunan kadar air lada putih menggunakan pengering microwave dengan perlakuan pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal relative sama, akan tetapi pengeringan dengan perlakuan pemanasan awal dapat menurunkan kandungan mikroba (Hartulistiyoso et al., 2019). Pengering dengan bertenaga panas bumi dapat berlangsung siang dan malam tanpa ketergantungan dengan kondisi cuaca. Pemanfaatan panas bumi untuk keperluan pengeringan menggunakan teknologi *Heat Exchanger* dan *Downhole Heat Exchanger*. Prinsip kerja mesin pengering tenaga panas bumi yaitu air dalam tangki dialirkan lewat sumur panas bumi dengan menggunakan pompa air *Heat Exchanger* sehingga air berubah menjadi panas. Secara konduksi panas air berpindah ke pipa spiral sebagai pemindah panas (Hasan, 2009). Teknologi pengering tipe *tray* berputar menggunakan kerangka besi dengan ukuran P x L X T (100, 70, 170 cm) terdiri dari 5 tingkat dan setiap tingkat dipasang *tray* sebanyak 8 buah sebagai tempat produk yang dikeringkan dan dilengkapi dengan alat mekanisme penggerak putar *tray*. Untuk pemerataan panas pada produk yang dikeringkan dilakukan relokasi *tray* dengan cara memutar tuas masing-masing *tray* secara beraturan sehingga produk pertanian yang dikeringkan dengan sendirinya jatuh ke tingkat *tray* dibawahnya dengan sudut kemiringan 20-30 derajat. Sumber panas alat pengering *tray* berputar adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) (Johanes et al., 2020).

Guna meningkatkan jumlah produksi bubuk lada dan mempersingkat waktu pengeringan lada, maka dibutuhkan beberapa peralatan yang mendukung proses produksi bubuk lada, salah satunya adalah peralatan pengering lada dengan menggunakan LPG sebagai sumber panas.

BAHAN DAN METODE

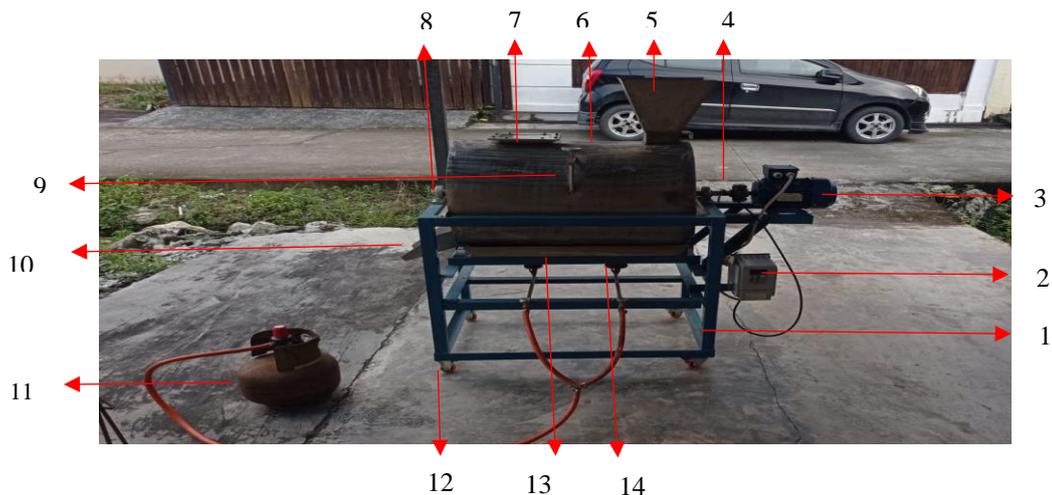
Bahan

Lada yang dikeringkan diperoleh dari petani di wilayah Samboja dan bahan untuk pembuatan alat seperti plat *stainless*, AS *stainless*, bering, motor induksi, *inverter*, besi siku, kopling, termokopel, kompor gas, tabung gas, roda penggerak, baut dan kabel instalasi serta peralatan seperti timbangan digital, ayakan, kemasan botol dan ember plastik diperoleh dari toko-toko di Kota Samarinda. Tempat perakitan alat dilakukan di bengkel Politeknik Negeri Samarinda.

Rancangan Alat Pengering

Pengering lada yang dirancang menggunakan sumber panas LPG serta menggunakan pasir sebagai media transfer panas dari kompor pemanas kedalam tabung pengering. Spesifikasi alat pengering yaitu; rangka alat dari besi siku 4 x 4 cm dengan

ukuran panjang 86 cm lebar 59 cm dan tinggi 72 cm. Tabung alat pengering dari bahan *stainless steel* dengan panjang 70 cm dan diameter 50 cm dan pengaduk lada dari bahan AS *stainless steel*. Alat pengering lada dilengkapi dengan cerobong masuk lada yang akan dikeringkan dan untuk mengeluarkan lada yang sudah kering pada bagian bawah pengering dipasang cerobong keluar lada kering. Sumbu kompor pemanas dipasang sebanyak 2 (dua) titik dan untuk mengontrol suhu dalam ruang pengering dipasang termokopel. Kapasitas terpasang alat pengering 137,4 L dan kapasitas terpakai sebesar 68,7 L. Pengaduk lada digerakkan oleh motor induksi dengan spesifikasi; merk FAMOZE PRO type GL 801-4 B3, daya 0.55 kw, 0.75 HP, 220/380 v, 1380 rpm, 50 Hz, no seri 1102CVPO2087 tahun perakitan 2011 dan kecepatan putar motor induksi diatur oleh *inverter* (Gambar 1).



Gambar 1. Alat pengering lada sistem rotary.

Keterangan gambar :1) Rangka alat, 2) Inverter, 3) Motor induksi, 4) kopling, 5) cerobong masuk, 6) Tabung pengering, 7) Kaca pengontrol, 8) Bearing, 9) termokopel, 10) cerobong keluar lada kering, 11) Tabung gas, 12) Roda penggerak, 13) Media transfer panas, 14) Sumbu pemanas.

Putaran Mesin

Fungsi utama *inverter* yaitu untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi serta alat untuk mengubah listrik DC menjadi AC, selain merubah frekuensi, *inverter* juga merubah tegangan yang masuk ke motor (Bagia & Parsa, 2018). Jumlah kutub motor induksi telah ditentukan oleh pabrikan saat dibuat dan frekuensi tegangan listrik telah ditetapkan oleh PLN sebesar 50 Hz, sehingga

praktis putaran motor relatif tetap. Kecepatan motor induksi ditentukan oleh frekuensi tegangan dan jumlah kutub motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus putaran motor atau rpm (Schneider, 2020). Motor induksi adalah alat yang dapat mengubah energy listrik menjadi tenaga gerak (putar) yang dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor yaitu daya listrik yang digunakan (HP), kecepatan putaran yang dihasilkan

(rpm) dan besar tenaganya (T) (Buyung, 2018). Untuk memperlambat putaran motor induksi dari 1380 rpm pada saat mengeringkan lada, inverter di set pada frekuensi 12,5 Hz, 13 Hz dan 13,5Hz. Konversi Hz ke rpm (1 hertz sama dengan 60 rotasi per menit) seperti pada Tabel 1.

Suhu Pengering

Suhu ruang pengering pada saat proses pengeringan lada adalah 40, 50 dan 60°C

dengan variasi waktu pengeringan masing-masing 6 jam, 7 jam, dan 8 jam dengan putaran mesin 12,5 Hz, 13 Hz, dan 13,5 Hz. Pada saat proses pengeringan, pengaduk lada dijalankan dan cerobong masuk dibuka kecil guna membuang kadar air lada yang dikeringkan. Suhu ruang pengering terkontrol antara 40-60°C (Tabel 1).

Tabel 1. Inverter dan kapasitas terpakai mesin.

Karakteristik mesin	Gambar dan nilai		
Kondisi inverter			
Suhu pengering (°C)			
Frekuensi / kecepatan putaran mesin (Hz / rpm)	12,5 / 750	13,0 / 780	13,5 / 810
Torsi (Nm)	5,252	5,050	4,863
Daya (HP)	0,75	0,75	0,75

Keterangan: Kapasitas mesin terpasang adalah torsi 2,854 Nm, kecepatan putaran mesin 1380 rpm, daya 0,75 HP

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan desain gambar alat, pembelian bahan-bahan penelitian, pemotongan bahan sesuai dengan ukuran, perakitan alat, uji coba alat. Kriteria pada saat uji coba alat adalah kapasitas alat, putaran mesin, suhu dan waktu pengeringan. Apabila ditemukan ketidaksesuaian maka dilakukan tindakan perbaikan dan jika sudah sesuai, selanjutnya dilakukan uji unjuk kerja alat dengan pengamatan waktu pengeringan (6, 7 dan 8 jam), suhu ruang pengering (40, 50 dan 60°C) dan putaran mesin (12,5, 13, 13,5 Hz) dan dilakukan pengujian kadar air

butiran lada kering dan bubuk lada serta kadar piperin terhadap lada bubuk.

Persiapan Bahan

Bahan utama lada yang akan dikeringkan didapat dari petani lada yang ada di wilayah Samboja Kutai Kartanegara dengan berat basah 10 kg masing-masing uji coba alat dan untuk bahan penolong lainnya seperti tabung gas 3 kg, baskom, timbangan, botol sampel, blander, ayakan didapat dipasar tradisional Samarinda.

Analisis Unjuk Kerja Mesin

Uji unjuk kerja mesin dilakukan pada putaran mesin 12,5 Hz, 13 Hz dan 13,5 Hz dengan waktu pengeringan (6, 7 dan 8 jam)

pada suhu kerja alat 40, 50 dan 60°C, dengan masing-masing berat lada yang dikeringkan 10 kg. Mutu lada yang dikeringkan dilakukan pengujian kadar air awal dan kadar air akhir serta pengujian kadar piperin bubuk lada yang dikeringkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat kepedasan lada ditentukan oleh kandungan piperin yang terdapat pada bubuk lada yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas lada tersebut. Penentuan kandungan lada dilakukan dengan cara kimia di laboratorium dengan menggunakan metode *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) menerapkan metode *Partial Least Square* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR). Untuk mengukur kadar piperin bubuk lada dapat menggunakan alat FT-NIR Spectrometer tipe NIRFlex N-500 dengan rentang panjang gelombang 1000-2500, dimana data spektrum *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) terlebih dahulu diproses dengan metode normalisasi, SNV, MSC, dan de-Trending dengan metode kalibrasi yang digunakan adalah PLS dan PCR (Mardjan dan Surbakti, 2023).

Ekstraksi oleoresin dengan metode maserasi konvensional memerlukan waktu 7 jam dengan rendemen meserasi 8,61%, sedangkan ekstraksi oleoresin dengan menggunakan metode *microwave* pada waktu 30, 60, 90 dan 120 menit masing-masing 8,76%, 8,32%, 9,46% dan 10,37%. waktu ekstraksi maserasi *microwave* selama 30 menit tidak berbeda nyata dengan lama ekstraksi 60, 90 dan 120 menit. Keunggulan maserasi *microwave* dapat mengaktifkan komponen kimia lebih banyak maserasi konvensional. Pengaruh ekstraksi *microwave* terhadap mutu oleoresin terhadap indeks bias dengan lama ekstraksi 30, 60, 90 dan 120 menit masing-masing sebesar 1,4934; 1,4847; 1,4778 dan 1,4746. Kemudian warna yang dihasilkan meserasi *microwave* dan meserasi konvensional dengan nilai $L^*49,57-56,97$; $a^*3,47-4,88$ dan $b^*24,92-32,72$ dan nilai *hue* terendah sebesar 75,33 didapat dari ekstraksi *microwave* selama 30 menit dan tertinggi 83,74 pada ekstraksi maserasi konvensional (Damanik et al., 2022).

Sifat fisiko-kimia lada putih yang dihasilkan melalui pengolahan semi mekanis ditingkat petani terhadap warna, dimana warna yang dihasilkan cenderung kecoklatan hal ini dipengaruhi lama perendaman dengan waktu singkat yaitu 5 hari tanpa pengantian air rendaman. Sedangkan untuk kadar minyak atsiri yang dihasilkan sebesar 2,68-2,98%. Proses pengolahan lada putih dengan semi mekanis, kadar minyak dan atsiri dan piperin dapat dipertahankan (tidak terjadi degradasi atau menguap). Kemudian untuk bau (*odor*) pada lada putih dengan perlakuan semi mekanis dengan perendaman selama 5 hari tanpa pergantian air rendaman menghasilkan bau *off-flavor*, hal ini dipengaruhi oleh air rendaman dapat membentuk bau *off-flavor* sedangkan perendaman lada dengan mengganti air perendaman dapat mengurangi pembentukan senyawa *off-flavor* (Syakir et al., 2022).

Pengeringan lada menggunakan mesin pengering yang direkayasa dengan variasi suhu dan waktu pengeringan dapat menghasilkan kadar air akhir lada butir dan lada bubuk serta kadar piperin seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Kadar air lada

Perubahan warna lada yang dikeringkan dengan menggunakan oven tidak berubah signifikan, perubahan warna terjadi karena adanya reaksi *browning* karena adanya proses enzimatis yang dikatalisasi oleh enzim *polifenolase* dengan adanya oksigen. Suhu oven yang stabil menghasilkan visual lada yang dikeringkan lebih baik dari pada lada yang disangrai. Kadar air lada putih yang dikeringkan selama 20 menit dengan ruang suhu 65°C nilai kadar air akhir 13,36% kemudian pada suhu 85°C nilai kadar air akhir 10,65% dan pengeringan pada suhu 105°C nilai kadar air akhir 9,37% (Sutamihardja et al., 2022).

Pengeringan lada dengan menggunakan alat yang direkayasa pada putaran mesin 12,5 Hz selama 6 jam dengan kontrol suhu pengering (40, 50, dan 60°C) kadar air akhir lada pada suhu 40°C sebesar 21,69%, suhu 50°C sebesar 19,18%, dan suhu 60°C sebesar 18,92%. Kemudian pengeringan lada selama 7 jam kadar air akhir dengan suhu ruang pengering 40°C

sebesar 20,94%, suhu 50°C sebesar 17,49% dan suhu 60°C sebesar 16,73%. Kadar air akhir pada pengeringan selama 8 jam pada suhu ruang pengering 40°C sebesar 20,07%, suhu 50°C sebesar 16,76 dan pada suhu 60°C

sebesar 13,86%. Nilai kadar air akhir pada pengeringan 8 jam dengan suhu 60°C telah memenuhi syarat Mutu II lada hitam yaitu kadar air maks 14%.

Tabel 2. Kadar air lada hasil unjuk kerja alat pengering dengan sistem rotary menggunakan variasi suhu dan waktu pengeringan serta kadar piperin lada bubuknya

Suhu (°C)	Waktu (Jam)	Kadar air awal (%) lada butir	Kadar air akhir (%)		Kadar piperin (%) lada bubuk
			Lada Butir	Lada Bubuk	
Putaran mesin 12,5 Hz / 750 rpm					
40	6	24,87	21,69	22,35	5,8
	7		20,94	21,63	6,0
	8		20,07	21,14	5,9
50	6	24,50	19,18	19,89	5,7
	7		17,49	18,04	6,0
	8		16,76	18,03	6,1
60	6	25,62	18,92	20,13	6,8
	7		16,73	19,04	6,4
	8		13,86	15,44	6,7
Putaran mesin 13 Hz / 780 rpm					
40	6	26,18	21,95	22,85	6,2
	7		19,62	21,09	6,1
	8		18,73	20,16	6,0
50	6	25,15	19,93	20,33	6,3
	7		18,06	19,63	5,9
	8		17,64	19,01	6,2
60	6	22,78	16,36	17,41	6,5
	7		15,20	17,05	6,6
	8		13,23	14,87	6,5
Putaran mesin 13,5 Hz / 810 rpm					
40	6	24,72	21,40	21,99	5,8
	7		20,76	21,20	6,3
	8		19,80	20,42	6,4
50	6	23,51	19,46	21,23	6,0
	7		17,73	19,36	6,4
	8		16,25	18,21	6,6
60	6	24,67	18,52	19,98	6,8
	7		15,42	16,76	6,7
	8		13,54	14,10	7,0

Pengeringan dengan putaran mesin 13 Hz selama 6 jam dengan suhu 40°C nilai kadar air sebesar 21,95%, suhu 50°C sebesar 19,93%, dan pada suhu 60°C sebesar 16,36%. Kemudian pada pengeringan lada selama 7 jam pada suhu 40°C nilai kadar air sebesar 19,95%, suhu 50°C sebesar 18,06% dan pada suhu 60°C sebesar 15,20%. Serta pengeringan lada selama 8 jam kadar air akhir pada suhu 40°C sebesar 18,73%, suhu 50°C sebesar 17,64% dan pada suhu 60°C sebesar 13,23%. Pengeringan lada dengan

putaran mesin 13 Hz, nilai kadar air akhir pada suhu 60°C dengan lama pengeringan 8 jam telah memenuhi syarat Mutu II lada hitam yaitu kadar air maks 14%.

Nilai kadar air akhir lada pada pengeringan dengan putaran mesin 13,5 Hz selama 6 jam pada suhu 40°C sebesar 21,40%, suhu 50°C sebesar 19,47%, dan pada suhu 60°C sebesar 18,52%. Kemudian pengeringan lada selama 7 jam pada suhu 40°C sebesar 20,76%, suhu 50°C sebesar 17,73% dan pada suhu 60°C sebesar 15,42%.

Pengeringan lada selama 8 jam kadar air akhir pada suhu 40°C sebesar 19,80%, suhu 50°C sebesar 16,25% dan suhu 60°C sebesar 13,54%. Nilai kadar air pada pengeringan 8 jam dengan suhu 60°C putaran mesin 13,5 Hz telah memenuhi syarat Mutu II SNI lada hitam dengan kadar air maks 14%.

Guna mendapatkan kadar air lada butir kering sesuai dengan persyaratan Mutu I SNI lada putih maupun SNI lada hitam, waktu pengeringan perlu ditambah. Sedangkan kadar air bubuk lada belum ada yang sesuai dengan SNI Lada Putih dan SNI Lada Hitam, hal ini disebabkan nilai kerapatan bubuk lada lebih padat pada saat dilakukan pengujian. Nilai kadar air bubuk lada terendah sebesar 14,10% didapat pada pengujian 8 jam suhu 60°C dengan putaran mesin 13,5 Hz.

Kadar piperin

Kadar piperin lada yang dioven pada suhu 85°C selama 20 menit sebesar 4,58% sedangkan pada suhu 105°C nilai kadar piperin 5,01%. Kandungan air yang lebih banyak pada lada memungkinkan kapang khamir dapat melakukan aktivitas sehingga dapat mempengaruhi reaksi enzimatik dan reaksi hidrolisis. Semakin tinggi kadar air lada, kadar piperinnya semakin kecil karena piperin mudah terhidrolisis (Sutamihardja et al., 2022).

Nilai kadar piperin lada tertinggi pada suhu pengeringan 40°C sebesar 6,4 terdapat pada pengeringan selama 8 jam dengan putaran mesin 13,5 Hz, sedangkan nilai kadar piperin terendah sebesar 5,8 terdapat pada pengeringan 6 jam dengan putaran mesin 12,5 Hz.

Pada pengeringan lada dengan suhu 50°C nilai kadar piperin tertinggi adalah 6,4 yaitu pada pengeringan 7 dan 8 jam dengan putaran mesin 13 Hz dan 13,5 Hz, sedangkan kadar piperin terendah sebesar 5,7 terdapat pada waktu pengeringan 6 jam dengan putaran mesin 12,5 Hz.

Nilai kadar piperin tertinggi pada pengeringan lada dengan suhu 60°C sebesar 7 pada pengeringan 8 jam dengan putaran 13,5 Hz, dan kadar piperin terendah sebesar 6,4 terdapat pada waktu pengeringan 6 jam dengan putaran mesin 13 Hz.

Kadar air pada bubuk lada sangat berpengaruh terhadap kadar piperin lada.

Apabila kadar air bubuk lada rendah maka kadar piperin pada bubuk lada tinggi. Nilai rata-rata kadar air bubuk lada pada suhu pengering 40°C sebesar 21,42% dengan nilai rata-rata kadar piperin 6,0. Kemudian pada pengeringan suhu 50°C nilai rata-rata kadar air 19,30% dengan nilai rata-rata kadar piperin 6,1 dan pada pengeringan suhu 60°C nilai rata-rata kadar air 17,20% nilai rata-rata kadar piperin 6,6.

Efisiensi Waktu Pengering

Petani lada di Desa Samboja Kab. Kutai Kartanegara, mengeringkan lada seberat 50 s/d 100 kg (sesuai hail panen lada) dengan memanfaatkan panas terik matahari membutuhkan waktu 3-4 hari dengan rata-rata pengeringan 6 jam/hari. Rata-rata durasi penyinaran terik matahari di Kalimantan Timur rata-rata selama 2,5 jam, durasi penyinaran matahari dihitung mulai pukul 08.00 s/d 16.00 wita dengan rata-rata penguapan 2,38 mm (Geofisika, 2021). Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan lada seberat 20 kg menggunakan alat yang direkayasa adalah selama 16 jam. Jadi rata-rata waktu kerja (*Wt*) alat dirumuskan sebagai:

$$\text{Waktu kerja} = 16 \text{ Jam/hari} \times 60 \text{ menit/jam} = 960 \text{ menit/hari}$$

Hambatan yang tidak dapat dihindari pada saat pengoperasian alat pengering adalah saat proses pemanasan awal. Untuk mencapai suhu pengeringan 40°C dibutuhkan waktu selama 27 menit dan setelah memasukkan lada kedalam alat pengering suhu ruang pengering turun dan membutuhkan waktu 21 menit untuk menstabilkan suhu pengering jadi 40°C (*Whd*). Kemudian hambatan yang dapat dihindari (*Wtd*) yaitu pada saat pergantian lada untuk proses selanjutnya 10 menit. Jadi waktu efektif (*We*) kerja alat pengering adalah:

$$\begin{aligned} We &= Wt - (Whd + Wtd) \\ &= 960 - (48 + 10) \\ &= 960 - 58 \\ &= 902 \text{ menit} \\ &= 15,03 \text{ jam.} \end{aligned}$$

Dan untuk efisiensi alat (*Ek*) pengering lada adalah :

$$Ek = (We / Wt) \times 100\%$$

$$= (902 / 960) \times 100\% \\ = 93,96\%.$$

Proyeksi rugi laba investasi mesin pengering lada

Asumsi proyeksi pengering lada. Mesin memproduksi selama 16 jam/hari, 15 hari kerja/bulan, 180 hari kerja/tahun, 20 kg/hari input lada basah, 300 kg/bulan input lada basah, 3600 kg/tahun input lada basah. Output lada kering 17 kg/hari, 255 kg/bulan dan 3060 kg/tahun. Harga lada/sachet (4 gram) Rp1.000,- Harga lada/kg Rp250.000.

Dengan adanya asumsi proyeksi industri pengering lada maka; kriteria kelayakan investasi berdasarkan nilai *Payback Period* (PP) dinyatakan layak karena nilai PP lebih kecil dari umur ekonomis pabrik yakni 10 Tahun. Nilai *Payback Period* (PP) yang didapat 2 tahun 10 bulan 6 hari. Kemudian untuk *Net Present Value* (NPV) pengering lada dinyatakan layak Karena nilai NPV-nya positif. Sedangkan *Profitability Index* (PI) pengering lada 7,01 maka kriteria kelayakan investasi berdasarkan nilai PI dinyatakan layak karena nilai PI nya lebih besar (>) dari 1. Kemudian untuk *Internal Rate of Return* (IRR) pengering lada 61,08% sehingga kelayakan investasi berdasarkan IRR dinyatakan layak karena nilai IRR nya lebih besar (>) dari bunga pinjaman 14%. Dan nilai *Accounting Rate of Return* (ARR) pengering lada sebesar 140,85%.

KESIMPULAN

Alat pengering lada dengan spesifikasi dimensi rangka 86 x 59 x 72 cm (*p x l x t*) dari besi siku 4x4 cm, tabung pengering dari bahan *stainless steel* dengan panjang 70 cm dan diameter 50 cm, serta pengaduk lada dari bahan AS *stainless steel* yang direkayasa dapat menghasilkan lada bubuk dengan mutu sesuai SNI SNI 0005:2013 Lada Hitam. Tipe motor induksi yang digunakan adalah FAMOZE PRO type GL 801-4 B3, daya 0,55 kW, 0,75 HP, 220/380 V, 1380 rpm, 50 Hz, No Seri 1102CVPO2087 tahun perakitan 2011. Torsi yang dibutuhkan pada putaran 13,5 Hz adalah 4,863 Nm. Sumber pemanas berasal dari kompor 2 (dua) sumbu berbahan bakar LPG dengan media pasir. Pengontrol

suhu ruang pengering menggunakan *thermocouple*. Menggunakan bahan baku lada varietas Borneo asal Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara, metode pengeringan dengan suhu 60°C selama 8 jam dengan putaran mesin 13,5 Hz menghasilkan lada bubuk dengan mutu yang memenuhi SNI 0005:2013 Lada Hitam. Lada yang dihasilkan mempunyai kadar air dan piperin sebesar 13,54% dan 6,6. Alat pengering lada tipe rotary dengan pengatur suhu tersebut layak menjadi investasi (*Payback Period* alat lebih kecil dari pada umur ekonomis alat yang ditetapkan sebesar 10 tahun).

DAFTAR PUSTAKA

- Bagia, I.N., Parsa, I.M., 2018. Motor - Motor Listrik. CV.Rasi Terbit, Jakarta.
- BSN, 2013. SNI 0004:2013 tentang Lada Putih. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2013. SNI 0005:2013 tentang Lada Hitam. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Damanik, A., Hartulistiyoso, E., Hasbullah, R., 2022. Penerapan Metode Ekstraksi Microwave untuk Meningkatkan Rendemen dan Mutu Oleoresin Lada Putih (*Piper nigrum* L.). Jurnal Keteknik Pertanian 10(1): 21-28.
- Disbun, 2020. Rekapitulasi Luas Areal, Produksi dan Tenaga Kerja Lada. <https://disbun.kaltimprov.go.id/artikel/lada> [1 Nopember 2020]
- BMKG, 2021. BULETIN Cuaca dan Iklim Maritim. Stasiun Meteorologi Temindung, Samarinda.
- Hartulistiyoso, E., Purwanto, Y.A., Mukhlis, A.M.A., 2019. Spouted bed drying of white pepper (*Piper nigrum* L.) with microwave preheating treatment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012045>
- Hasan, A., 2009. Mesin pengering produk pertanian bertenaga panas bumi. Jurnal Teknologi Lingkungan 10(2): 153-

160.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v10i2.1487>
- Husin, I., King, M. L., Badil, I., 2020. Perancangan dan pembuatan alat pengering lada dengan putaran drum bervariasi. *Jurnal Desiminasi Teknologi* 8(1): 34-40. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mardjan,S.S., Surbakti, L., 2023. Penentuan kadar air dan kandungan piperin bubuk lada hitam (*Piper nigrum* L.) menggunakan Near Infrared Spectroscopy (NIRS). *Jurnal Keteknikan Pertanian* 11(1): 102-115.
- Johanes, S., Siswantoro, S., Bahiuddin, I., 2020. Rancang Bangun Alat Pengering Produk Pertanian Tipe Tray Berputar. *Jurnal Rekayasa Mesin* 15(2): 89-98.
- Schneider, 2020. Altivar Machine ATV320 Variable speed drives (Issue April).
- Sutamihardja, R.T.M., Yuliani, N., Rosani, O., 2018. Optimasi Suhu pengeringan menggunakan oven terhadap mutu lada hitam dan lada putih bubuk. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa* 8(2): 80-86.
- Syakir, M., Hidayat, T., Maya, R., 2017. Karakteristik mutu lada putih butiran dan bubuk yang dihasilkan melalui pengolahan semi mekanis di tingkat petani. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* 14(30): 134-143.
- Buyung, S., 2018. Analisa perbandingan daya dan torsi pada alat pemotong rumput elektrik (APRE). *Jurnal Voering* 3(1): 1-4.
- Wijianti, E.S., Setiawan, Y., Mulyana, A., 2017. Karakteristik pengering lada menggunakan mesin pengering. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian pada Masyarakat 2017 "Inivasi Riset dan Teknologi Terapan untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan"*. Pangkalpinang, 7 Oktober 2017. Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. <https://doi.org/10.33019/snppm.v1i0.536>