

Kelayakan Teknis Dari Vertical Mixed-Flow Dryer Sebagai Alternatif Alat Pengering Biji Kopi

Sutrisno¹, Didik Ariwibowo¹, Mohamad Endy Yulianto², Riana Sitawati³

¹Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi UNDIP

²Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi UNDIP

Jl. Prof Soedarto SH, Tembalang, Semarang 50239

³Akuntansi, STIE Dharmaputra, Semarang

¹ didik.ariwibowo@live.undip.ac.id

Abstrak — Kelayakan teknis ini dimaksudkan untuk menilai kesiapan alat pengering tipe vertical mixed-flow untuk mengeringkan biji kopi. Kesiapan yang dimaksud adalah kemampuan fungsional setiap bagian atau komponen dalam alat pengering telah teruji atau well-proven. Salah satu prinsip yang digunakan adalah bahwa alat pengering dirakit dari komponen atau suatu mekanisme yang secara individu telah teruji sesuai peruntukannya. Justifikasi fungsi alat dilakukan dengan cara uji fungsional komponen atau bagian alat, sedangkan kemampuan alat diuji melalui uji penerapan di lingkungan sebenarnya. Uji fungsional dikenakan pada setiap komponen atau bagian tersebut secara individu dan secara simultan dengan cara mengumpankan biji kopi dan mengalirkannya sesuai desain prosesnya. Sedangkan uji kemampuan alat dilakukan dengan uji penerapan pengeringan biji kopi di KUB Rahayu IV yang berkedudukan di dusun Kelir kecamatan Ambarawa kabupaten Semarang. Alat pengering tipe vertical mixed-flow didesain dengan bagian-bagian utama adalah corong masukan, alat transpor, ruang pengering, tungku pemanas, pengalir udara, dan corong keluaran. Uji fungsional menunjukkan bahwa alat pengering telah layak secara fungsi, dan dapat digunakan untuk proses pengeringan. Uji penerapan menunjukkan bahwa alat pengering tipe vertical mixed-flow memiliki kapasitas 100 kg/batch dan pengeringan kopi hingga kadar air di bawah 12% berlangsung selama 11 jam pada rentang suhu 50 oC – 60 oC, dan kecepatan udara pengering 2 m/s.

Kata kunci — biji kopi, mixed-flow, pengering.

I. PENDAHULUAN

Pengeringan berperan penting dalam perlakuan pasca panen. Namun, energi yang dikonsumsi cukup tinggi. Salah satunya adalah pengeringan biji kopi dari kadar air 55% b.b hingga 12% b.b. Jika proses pengeringan buruk, mikroorganisme akan tumbuh di permukaan kulit biji, mengarah pada reaksi kimia yang menjadikan biji kopi beracun dan tidak dapat dikonsumsi [1]. Selain itu, sifat-sifat organoleptik seperti rasa, warna, dan aroma berubah [2]. Perdagangan biji kopi juga menuntut standar kadar air biji kopi, yaitu di bawah 12%.

Pengeringan merupakan proses perpindahan kalor dan massa antara media pengering dan objek yang dikeringkan [3]. Kandungan air di dalam biji kopi berdifusi ke permukaan karena beda konsentrasi. Pada antar-muka padatan dan fluida, air terevaporasi menjadi uap air dan mengalir bersama dengan aliran udara pengering. Sejumlah energi dibutuhkan sebagai kalor laten untuk mengevaporasi air menjadi uap. Dengan demikian

dalam proses pengeringan terjadi tiga mekanisme dalam satu waktu yaitu perpindahan kalor, perpindahan massa, dan perubahan fasa.

Kajian pada beberapa alat pengering untuk memfasilitasi terjadinya ketiga mekanisme tersebut telah banyak dilakukan. Livramento dkk. [4] melakukan analisis terhadap pengeringan biji kopi yang dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari dan dikeringkan dalam alat pengering mekanik bersuhu 60 oC. Biji kopi yang dikeringkan dengan alat pengering menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar protein yang lebih banyak dibandingkan dengan pengeringan alami. Dong dkk. [5] melaporkan kajiannya tentang efek dari berbagai teknik pengeringan pada komponen bioaktif, asam lemak, dan bahan volatile pada biji kopi robusta. Metode pengeringan yang dikaji adalah room-temperature drying (RTD), solar-drying (SD), heat-pump drying (HPD), hot-air drying (HAD), dan freeze drying (FD). Hasil kajiannya menunjukkan bahwa metode pengeringan memberikan efek pada kualitas biji kopi kering. Semua metode pengeringan

menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam kandungan asam organik dan asam amino, namun parameter yang lain seperti kandungan kafein dan trigonellin tidak terpengaruh oleh metode pengeringan. Metode pengeringan HAD dan HPD menunjukkan perbedaan pada profil senyawa volatile biji kopi. Hal ini karena adanya perlakuan pada suhu tinggi. Metode pengeringan FD merupakan metode pengeringan yang baik yang dapat digunakan untuk mempertahankan lemak, asam organik, dan asam lemak tak-jenuh. Metode pengeringan hot-air drying (HAD) adalah ideal untuk mempertahankan asam lemak polyunsaturated dan asam amino. Kajian tersebut menyimpulkan bahwa metode pengeringan konvensional dapat digantikan secara efektif oleh metode HAD atau HPD.

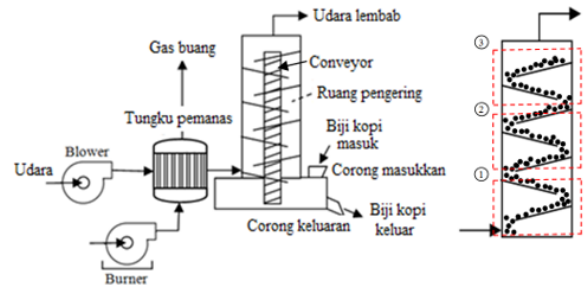
Burmester dan Eggers [6] melakukan eksperimen untuk menginvestigasi perpindahan kalor dan massa selama pengeringan biji kopi. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk menentukan koefisien perpindahan dari biji kopi selama proses pengeringan. Eksperimen dilakukan dengan metode hot-air drying dimana suhu dan kelembaban dikendalikan. Hasilnya menunjukkan bahwa laju pengeringan dipengaruhi oleh suhu udara pengering. Peningkatan suhu pengeringan dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses. Namun demikian, sensitivitas biji kopi juga harus dipertimbangkan. Kenaikan kecepatan media pengering akan memberikan pengaruh pada proses pengeringan sejauh media tersebut tidak jenuh. Menurunkan kelembaban relative udara pengering hanya memberikan dampak kecil pada laju pengeringan, namun berefek kuat pada kesetimbangan humiditas biji kopi. Untuk mengoptimalkan proses pengeringan, penerapan udara pengering bersuhu tinggi pada awal proses dan suhu rendah pada akhir proses sangat direkomendasikan.

Reviu literature tersebut dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok yang fokus pada investigasi efek metode pengeringan terhadap kualitas kopi kering, sedangkan kelompok lainnya fokus pada perpindahan massa dan kalor selama proses pengeringan. Optimisasi proses pengeringan perlu dikembangkan untuk mendapatkan pengering dengan konsumsi energi yang efisien. Informasi penting lainnya yang didapat adalah bahwa terdapat dua tahapan pengeringan yaitu tahap awal adalah pengeringan bersuhu tinggi ketika kadar air kopi tinggi, dan tahap berikutnya adalah suhu pengeringan rendah ketika kadar air rendah. Dari informasi tersebut, alat pengering yang merujuk pada metode hot-air

drying (HAD) dikembangkan sebagai alternative alat pengering biji kopi. Pengembangan tersebut melalui rancang-bangun alat pengering tipe vertical mixed-flow dryer dan uji kelayakan teknisnya.

II. METODE

Suatu alat pengering tipe vertical mixed-flow dryer berkapasitas 100 kg/batch didesain dan dipabrikasi. Desain alat merujuk pada skema aliran udara pengering dan biji kopi seperti tersaji pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa aliran udara pengering berasal dari udara lingkungan, yang dipanaskan melalui tungku pemanas, kemudian mengalir masuk ruang pengering dari bagian bawah dan keluar pada bagian atas ruang pengering. Biji kopi dimasukkan melalui corong masukan, dialirkan ke bagian atas ruang pengering menggunakan conveyor, keluar di bagian atas ruang pengering dan jatuh bebas melalui tray-tray ke bagian bawah ruang pengering. Di dalam ruang pengering, udara pengering kontak dengan biji kopi secara berlawanan (counter flow). Desain aliran secara counter flow merupakan desain yang efektif untuk proses pertukaran kalor [7].

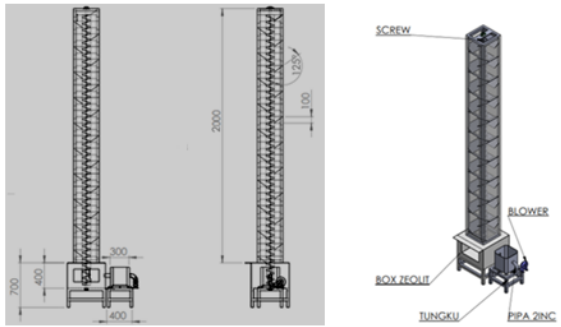


Gbr 1. Skema aliran biji kopi dan udara pengering

Desain 3-dimensi alat pengering tipe vertical mixed-flow dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa estimasi dimensi alat pengering panjang x lebar x tinggi adalah 1500 mm x 800 mm x 2500 mm. Ruang pengering berukuran 400 mm x 400 mm x 2000 mm, dan dilengkapi dengan tray. Bagian tengah dalam ruang pengering adalah conveyor untuk membawa biji kopi dari penampungan bawah ke bagian atas ruang pengering.

Conveyor diputar oleh motor listrik berdaya 1,5 hp dengan sambungan kopling langsung. Tungku berbentuk kotak. Bagian dalam tungku dilengkapi dengan grate untuk tempat biomassa sekaligus sebagai dudukan burner LPG. Pertukaran kalor antara udara luar yang digunakan sebagai udara pengering, dan gas panas pembakaran difasilitasi

oleh alat penukar kalor tipe bundel pipa dengan susunan staggered. Fan aksial diinstal untuk mengalirkan udara luar ke alat penukar kalor dalam tungku, kemudian masuk ke ruang pengering. Setiap komponen atau mekanisme pada alat pengering didesain merujuk pada komponen atau mekanisme standar yang telah well-proven, sehingga fungsi antar komponen diprediksi dapat terintegrasi dengan baik secara keseluruhan.



Gbr 2. Gambar 3-dimensi alat pengering

Keseluruhan alat dipabrikasi di bengkel mitra. Setelah alat dipabrikasi, uji fungsional dikenakan pada setiap komponen atau bagian mekanisme pada alat pengering. Uji fungsional ditujukan untuk memastikan bahwa setiap komponen atau bagian dalam alat pengering tersebut dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perannya. Setelah uji fungsional, uji penerapan dilakukan dengan cara memberikan umpan biji kopi basah dan mengeringkannya hingga kadar air biji kopi di bawah 12%. Variabel uji penerapan alat pengering meliputi:

- Umpan biji kopi : 100 kg/batch
- Kecepatan udara pengering : 1,5 - 2 m/s,
- Suhu udara pengering masuk : 50 – 60 oC

Instrumen pengukur yang digunakan, yaitu: stopwatch, mc-meter, dan timbangan.

Selama proses pengeringan, biji kopi disirkulasi, dan diukur kadar air-nya menggunakan mc-meter. Jika kadar air telah mencapai di bawah 12% [8], sirkulasi biji kopi dihentikan, dan pintu corong keluar dibuka untuk mengeluarkan biji kopi kering.

Uji penerapan dilakukan di Kelompok Usaha Bersama (KUB) Rahayu IV, yang merupakan kelompok petani kopi di dusun Kelir, desa Kelurahan, kecamatan Ambarawa, kabupaten Semarang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pengering telah dipabrikasi dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3. Bahan pada alat pengering yang kontak dengan biji kopi

menggunakan stainless steel SS 304, sedangkan bahan lain adalah mild steel.



Gbr 3. Hasil pabrikasi alat pengering

Tungku pemanas dipabrikasi untuk dapat menggunakan dua bahan bakar yaitu biomassa atau LPG (liquefied petroleum gas) untuk tujuan fleksibilitas penggunaan bahan bakar yang tersedia. Tungku biomassa dipabrikasi mirip dengan desain grate batu bara pada boiler, yang dapat memfasilitasi aliran bahan bakar biomassa. Burner LPG diinstal untuk sumber bahan bakar gas. Suhu ruang pengering diatur oleh bukaan damper tungku atau dengan pengaturan aliran gas LPG. Alat transport yang dirakit bertipe screw conveyor, dengan desain merujuk pada standar pabrikan conveyor, dan berperan sebagai pengalir biji kopi dari penampungan bawah ke bagian atas ruang pengering. Ruang pengering dilengkapi dengan tray, untuk memfasilitasi pertemuan antara biji kopi dan udara pengering secara optimal. Pabrikasi ruang pengering mirip dengan desain standar tower distilasi atau stripping gas, dengan modifikasi penampang aliran. Pengaliran udara panas ke dalam ruang pengering dilakukan oleh fan aksial. Setelah dipabrikasi, alat pengering diuji fungsional. Kegiatan uji fungsional alat tersaji pada Gambar 4.



Gbr 4. Kegiatan uji fungsional dan uji penerapan alat pengering

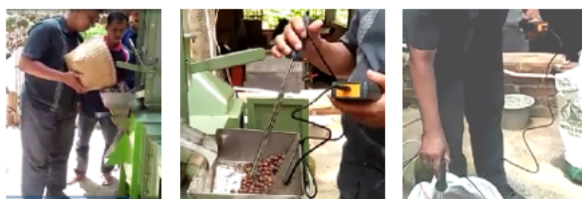
Keseluruhan komponen atau mekanisme pada alat pengering merupakan mekanisme yang telah teruji fungsionalnya, sehingga dapat memfasilitasi pemanasan udara pengering, proses pengaliran biji kopi dan udara pengering, serta pertemuan atau kontak antara biji kopi dan udara pengering. Dengan demikian fungsi alat sebagai alat pengering telah layak secara fungsional. Uji fungsional dengan beban 100 kg biji kopi, juga

telah memverifikasi bahwa setiap komponen atau bagian alat berfungsi sesuai dengan perannya. Hasil uji fungsional dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji fungsional alat pengering

No.	Komponen / Bagian	Fungsi	Hasil Uji
1.	Fan aksial	Mengalirkan udara dari lingkungan ke tungku, bertukar kalor, kemudian masuk ke ruang pengering melalui bagian bawah ruang pengering.	OK
2.	Tungku dan alat penukar kalor	Menyediakan sumber panas, memansakan udara yang akan digunakan sebagai udara pengering.	OK
3.	Ruang pengering	Memfasilitasi terjadinya kontak antara biji kopi dan udara pengering.	OK
4.	Corong masukan	Memfasilitasi aliran pemasukan biji kopi dari tuangan	OK
5.	Corong keluaran	Memfasilitasi aliran pengeluaran biji kopi dari ruang pengering	OK
6.	Burner LPG	Menyediakan sumber panas	OK

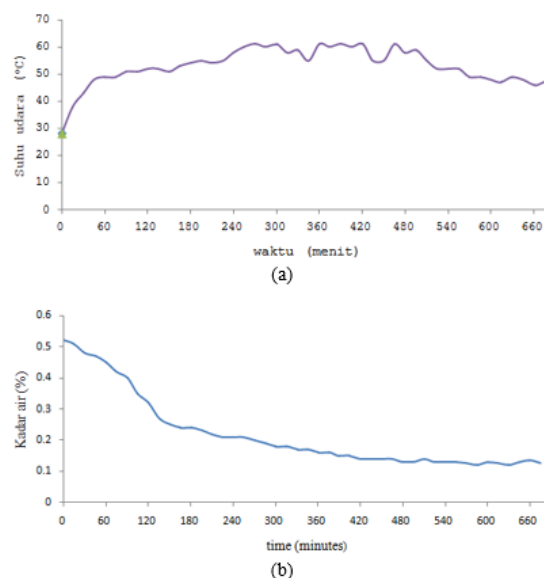
Pengujian lanjut pada alat pengering adalah uji penerapan di lingkungan sebenarnya, yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas pengeringan. Kegiatan uji penerapan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gbr 5. Kegiatan uji penerapan alat pengering di KUB Rahayu IV

Uji penerapan alat pengering dilakukan dengan cara mengumpukan 100 kg biji kopi kedalam alat pengering, dan mengeringkannya. Hasil uji penerapan alat pengering dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar 6(a) menunjukkan profil suhu di dalam ruang pengering, sedangkan Gambar 6(b) adalah profil penurunan kadar air biji kopi selama

proses pengeringan. Profil suhu ruang pengering tidak halus, terjadi fluktuasi suhu yang cukup signifikan selama proses pengeringan. Hal ini diduga karena jumlah biji kopi yang tertahan di dalam ruang pengering berfluktuasi. Kalor udara pengering diserap oleh air di permukaan biji, yang kemudian berubah fase menjadi uap air. Jika jumlah biji kopi lebih banyak, maka kalor ruang pengering berkurang lebih banyak dan suhu ruang pengering turun. Sebaliknya, jika jumlah biji lebih sedikit, suhu lebih tinggi. Secara umum, profil ini hampir sama dengan karakteristik suhu pengeringan pada beberapa pengering kopi. Suhu ruang pengering kopi disetel pada rentang suhu yang mempertimbangkan sensitifitas biji kopi agar kualitas dan aroma tetap baik ketika disajikan sebagai minuman [9, 10].



Gbr 6. Uji penerapan alat pengering di lingkungan sebenarnya: (a) profil suhu ruang pengering, dan (b) profil penurunan kadar air (moisture content – mc) biji kopi

Gambar 6(b) memperlihatkan bahwa profil penurunan kadar air dalam biji kopi terlihat tajam pada 2,5 jam pertama, setelah itu landai hingga jam ke-11. Profil ini dapat dijelaskan bahwa kadar air dalam biji kopi menempati dua ruang, yaitu air di ruang antar serat (free water) dan air dalam serat (bound water). Difusi air di ruang antar serat menuju permukaan terjadi lebih cepat dibandingkan dengan air yang ada di dalam serat, sehingga pelepasan kadar air ini lebih cepat [11]. Pencapaian kadar air di bawah 12% terjadi pada jam ke-11. Dengan demikian, pengeringan biji kopi berlangsung selama 11 jam dengan lingkungan pengering bersuhu 50 – 60 oC dan kecepatan udara pengering 2 m/s.

IV. KESIMPULAN

Alat pengering tipe vertical mixed-flow telah diintroduksikan sebagai alat pengering mekanik untuk pengeringan biji kopi. Alat pengering telah layak secara teknis untuk proses pengeringan biji kopi. Alat mampu mengeringkan 100 kg biji kopi hingga kadar air di bawah 12% dalam waktu 11 jam. Lingkungan pengering yang dikenakan adalah aliran udara panas bersuhu 50-60 oC dan berkecepatan 2 m/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Kemenristekdikti, yang telah memberikan pendanaan pada Program Pengembangan Produk Unggulan Daerah (PPPUD) tahun 2019.
- 2) Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UNDIP Semarang, yang telah mengkoordinasikan kegiatan PPPUD sehingga kegiatan berjalan lancar.
- 3) Mitra Tim PPPUD, yaitu KUB Rahayu IV yang telah bekerjasama dengan baik selama program berlangsung.

REFERENSI

- [1] M. Kleinwachter and D. Selmar, "Influence of drying on the content of sugars in wet processed

- green Arabica coffees," *Food Chemistry*, vol. 119, no. 2, pp. 500–504, Mar. 2010
- [2] C. Reh, A. Gerber, J. Prodolliet, and G. Vuataz, "Water content determination in green coffee. Method comparison to study specificity and accuracy," *Food Chemistry*, vol. 96, no.3, pp.423-430, Jun. 2006.
- [3] Sfredo, .M.A., Finzer, J.R.D., Limaverde, J.R. (2005). Heat and mass transfer in coffee beans drying. *Journal of Food Engineering*. 70: 15-25.
- [4] SharmaAK, PG Adulse, Raisin production in India. NRC for Grapes, Pune, 2007.
- [5] Weinjiang Dong, Rongsuo Hu, Zhong Chu, Jian Ping Zhan, Lehe Tan. *Food Chemistry* 234. 121-130, 2017.
- [6] Katrin Burmester, Rudolf Eggers. *Journal Food Engineering*. 99. 430-436, 2010
- [7] Banga J. R. and R. P. Singh (1994). Optimization of the air drying of foods. *Journal of. Food Engineering*. 23:189-211
- [8] Estiasih, Teti dan Kgs Ahmadi, 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksara. Malang.
- [9] Widyotomo, Sukrisno & Mulato Sri, "Penentuan Karakteristik Pengeringan Kopi Robusta Lapis Tebal", *Buletin Ilmiah INSTIPER Vol 12 No 1*, pp 15-37, 2005.
- [10] Hendarson, S. M. and R. L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering*. 3 rd ed. The AVI publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA
- [11] Ruiz-Lopez, I.I., Córdova, A.V., Rodríguez-Jimenes, G.C., & Garcia-Alvarado, M.A. (2004). Moisture and temperature evolution during food drying: effect of variable properties. *Journal of Food Engineering*. 63(1): 117-124