

## Rancang Bangun Alat Pengering Produk Pertanian Tipe Tray Berputar

**Susanto Johannes\*, Soeadghardo Siswantoro, Irfan Bahiuddin**  
Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Yacarana Sekip Unit IV Yogyakarta 55281, Yogyakarta  
\*E-mail: s.johanes@ugm.ac.id

Diterima: 24-04-2020; Direvisi: 25-08-2020; Dipublikasi: 01-09-2020

### Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara tropis sehingga banyak sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pertanian, termasuk sebagai sumber energi alat pengering hasil panen. Dengan demikian, di berbagai negara tropis, banyak dijumpai alat-alat pengering produk pertanian dengan memanfaatkan berbagai sumber energi, salah satunya adalah pengering dengan energi surya sebagai sumber panas. Namun, alat-alat seperti ini sulit untuk digunakan oleh para petani yang berdomisili di beberapa tipe lokasi, seperti lereng pegunungan yang cukup terjal. Sinar matahari yang optimal sulit diperoleh karena tertutup oleh pepohonan dan tebing. Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk menyampaikan hasil rancangan alat pengering berbahan bakar kayu bakar dengan desain yang efektif dan efisien. Alat pengering ini adalah jenis tak kontak langsung, tipe tray bertingkat yang berputar serta mempunyai kelebihan dari sisi kepraktisan dan meminimalkan energi panas yang terbuang. Produk pertanian yang dikeringkan ditaruh secara merata di atas tray-tray lima tingkat, selanjutnya udara panas mengalir dari bawah memanasi produk pertanian mulai dari tingkat satu sampai dengan tingkat lima. Produk pertanian tersebut dapat direlokasi dengan cara memutar tuas masing-masing tray secara berurutan, sehingga produk pertanian jatuh dengan sendirinya ke tingkat tray dibawahnya. Dengan cara demikian, harapannya produk pertanian memperoleh kalor pengeringan yang sama atau hampir sama dan merata. Alat pengering telah diujicoba untuk mengeringkan biji kakao yang difermentasi dan hasil pengeringannya baik dengan pengurangan kadar air sampai hampir 50%.

**Kata kunci:** alat pengering; pemanasan tak kontak langsung; produk pertanian; tipe tray berputar; transfer kalor.

### Abstract

*Indonesia is a tropical country so that many energy sources can be used for agricultural purposes, including as a source of energy for drying crops. Thus, in various tropical countries, there are many tools for drying agricultural products using multiple energy sources, one of which is a dryer with solar energy as a heat source. However, such tools are difficult to use by farmers who live in several types of locations, such as the steep mountain slopes. Optimal sunlight is difficult to obtain because it is covered by trees and cliffs. Therefore, this paper aims to convey the results of the design of a wood firewood dryer with effective and efficient design. This dryer is a type of non-direct contact, a type of multilevel rotating tray that has advantages in terms of practicality and minimizes waste heat energy. Dried agricultural products are placed evenly on top of five-level trays, and then hot air flows from below to heat agricultural products from level one to level five. Agricultural products can be relocated by turning the levers of each tray in sequence so that agricultural products fall automatically to the level of the tray below. In this way, it is expected that agricultural products obtain the same or nearly equal and even drying heat. Dryers have been tested for drying fermented cocoa beans, and the drying results are excellent, with a reduction in water content of up to almost 50%.*

**Keywords:** heat transfer; dryer device; indirect contact heating; rotating parts of tray; agricultural products

### 1. Pendahuluan

Daerah yang terletak di lereng-lereng pegunungan di wilayah Indonesia banyak menghasilkan produk pertanian, yaitu cengkih, kakao, empon-empon, fanili, kopi, dan masih banyak lagi lainnya. Salah satu penghasil cengkih, kopi, fanili, empon-empon adalah petani yang berada di berbagai daerah di Indonesia, seperti di Yogyakarta [1]. Pada umumnya, para petani tersebut melakukan penanganan paska panen secara konvensional. Penanganan proses pengeringan mengandalkan penjemuran atau menggunakan sinar matahari. Kesulitan timbul ketika musim penghujan tiba, terlebih ketika panen raya, maka diperlukan tenaga ekstra untuk melakukan proses pengeringan produk-produk pertanian tersebut, dan terkadang hasil pengeringannya tidak maksimal, bahkan sering terjangkit jamur pada produknya, karena tidak tertangani dengan baik. Ruku, S., 2005 [2], menyatakan bahwa, apabila cuaca baik, sinar matahari memancar terang, pengeringan biji kakao dengan cara alami (penjemuran) untuk mencapai tingkat kekeringan 7 % memakan waktu kurang lebih 7 hari, tetapi bila

musim hujan bisa sampai 22 hari, tergantung cuaca, sehingga biaya operasi menjadi lebih besar serta bisa menghambat produksi kakao. Hasan, A., 2008 [3], mengatakan bahwa produksi biji kakao Indonesia secara signifikan terus meningkat, namun mutunya sangat rendah dan beragam, hal ini disebabkan antara lain biji kakao kurang terfermentasi, tidak cukup kering, ukuran biji tidak seragam, kadar kulit dan keasaman tinggi, cita rasa sangat beragam dan tidak konsisten. Ndukwu, 2010 [4], mengatakan, fermentasi dan pengeringan biji kakao merupakan tahapan kritis dalam urutan proses pengolahan kakao. Beberapa faktor penyebab mutu kakao yang dihasilkan beragam adalah minimnya sarana pengolahan, lemahnya pengawasan serta penerapan teknologi pada seluruh tahapan proses pengolahan biji kakao tingkat petani yang kurang berorientasi pada mutu.

Berbagai teknologi pengering yang memanfaatkan energi surya telah dikembangkan. Penelitian yang dilakukan oleh Nnaemeka R. Nwakuba, 2019 [5], adalah penghitungan optimalisasi pengeringan irisan tomat menggunakan alat pengering surya, dengan berbagai variable ketebalan irisan tomat, kecepatan aliran udara panas dan perbedaan temperatur. Terlihat bahwa udara pemanas menerima kalor primer berupa energi surya, selanjutnya udara tersebut digunakan sebagai media pengering tomat. M. Kuan dkk., 2019, [6] melakukan simulasi pengeringan pisang menggunakan pengering surya yang dikombinasikan dengan *heat pump*. Dengan kombinasi ini efisiensi pengeringan menjadi lebih baik bila dibandingkan dengan pengering surya konvensional. Aymen Elkhadraoui, dkk., 2019 [7] melakukan penelitian pengeringan paprika merah dengan energi surya, menggunakan metode rumah kaca yang dikombinasikan dengan konveksi paksa, hasilnya menunjukkan bahwa tidak terjadi laju pengeringan konstan, namun terjadi penurunan laju pengeringan seperti halnya proses pengeringan produk pertanian lainnya. Halil Atalay 2019 [8], melakukan penelitian pengering surya yang berbeda, berbasis energi dan eksergi yang terintegrasi dengan bed sebagai media penyimpan kalor. Roghayeh Pourbagher, dkk., 2018 [9], melakukan pemodelan dan optimalisasi proses pengeringan padi menggunakan dua sumber pemanas yaitu inframerah dan pengering *bed fluidized* udara hangat, pada tiga level temperatur udara yaitu 40, 50 dan 60 derajat Celcius. A.K. Bhardwaja, dkk., 2019, [10], mengadakan penyelidikan eksperimental pengering surya konveksi paksa tidak langsung yang terintegrasi dengan bahan penyimpan kalor sensibel (SHSM) dan bahan berubah fasa (PCM). Vikas Shringi, dkk., 2014, [11] melakukan pengeringan bawang putih dengan menggunakan udara panas. Udara panas tersebut sebagai hasil pemanasan oleh fluida yang dipanaskan didalam pipa-pipa yang terpasang di dalam kolektor surya. Messaoud Sandali, dkk., 2019, [12], melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja termal dari pengering surya langsung, dengan teknik baru menggunakan penukar kalor tubular tingkat ganda dengan air panas bumi.

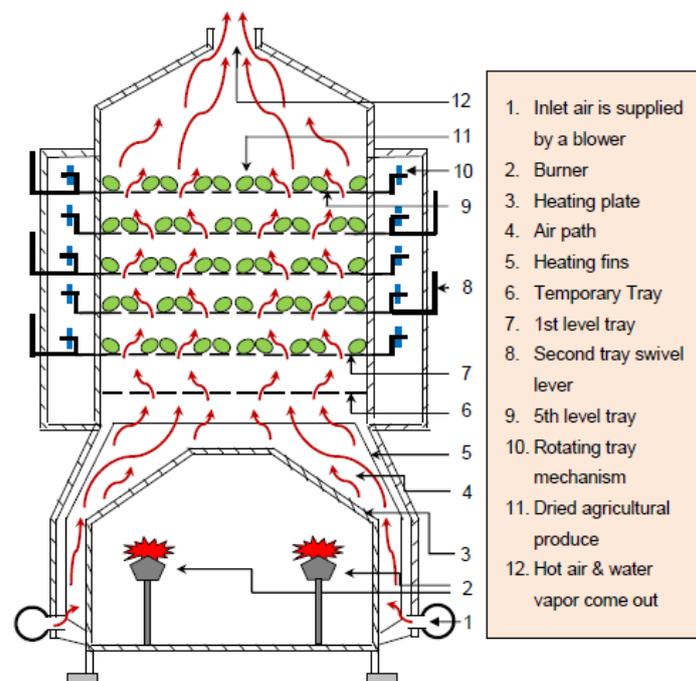
Walau teknologi pengering berbasis energi panas dari matahari mempunyai berbagai kelebihan, lokasi-lokasi yang curam sulit untuk memperoleh sinar matahari yang optimal karena sinar matahari tertutup oleh pepohonan dan tebing. Maka, penggunaan pengering surya kurang optimum, sehingga penulis merancang alat pengering yang lebih cocok yaitu pengering berbahan bakar murah dan mudah diperoleh, seperti kayu bakar (serpih atau bongkah kayu) atau lainnya. Di samping itu, alat pengering yang tersedia dan beredar di tengah masyarakat, yaitu tipe bak datar sangat tidak ekonomis karena udara pemanas memanasi produk pertanian hanya sekali lintas, selanjutnya dibuang ke udara atmosfer, ditambah lagi menggunakan bahan bakar minyak tanah yang langka dan mahal. Alat pengering lain berupa tipe kabinet sering mengalami panas berlebih pada pan tingkat terbawah oleh akibat kalor radiasi yang tinggi. Sedangkan, pan tingkat diatasnya mengalami penurunan kemampuan pengeringan yang cukup tajam, sehingga hasil pengeringan tidak seragam. Bahkan, produk pertanian di pan terbawah dapat mengalami gosong.

Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk mengusulkan sebuah desain alat pengering produk pertanian jenis tak kontak langsung antara produk pertanian yang dikeringkan dengan gas panas hasil pembakaran, serta bertipe tray yang

berputar atau “*rotating parts of tray*” lima tingkat, berbahan bakar kayu bakar atau dengan bahan bakar alternatif LPG. Kapasitas alat pengering ini adalah antara 50-100 kg. Alat pengering produk pertanian yang dibuat berdasarkan rancangan tersebut, adalah merupakan hasil rancang ulang alat pengering tipe “*moveable tray*” yang masih memiliki banyak kelemahan. Alat pengering ini dibandingkan dengan alat pengering yang lain, perbedaan utama terletak pada sumber energi primer dan atau sekunder, sedangkan proses pengeringan produk pertanian yang dikeringkan menggunakan kalor yang sama, yaitu udara panas, setelah udara tersebut menerima sumber kalor primer/sekunder, atau terdapat modifikasi serta merupakan kombinasi dengan jenis kalor yang lain. Kelebihan desain alat pengering ini adalah produk pertanian yang dikeringkan dapat direlokasi menuju zona energi yang lebih tinggi, hanya dengan sekali memutar tuas sebesar 90 derajat. Pengembangan desain alat pengering ini memiliki peluang tinggi, untuk digunakan mengeringkan produk pertanian kapasitas besar, dengan cara memodifikasi konstruksi dan menerapkan sistem otomatisasi.

## 2. Material dan metodologi

Pengujian awal alat pengering ini dilakukan di laboratorium Pesawat Kerja, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi UGM, sedangkan pengujian dan penerapan selanjutnya dilakukan di Desa Sawahan, Kecamatan Ponjong, yang lokasinya memiliki tingkat kecuraman agak tinggi [13] sebagai studi kasus. Sketsa alat pengering tersebut ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 1, sedangkan mekanisme gerak putar tray, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



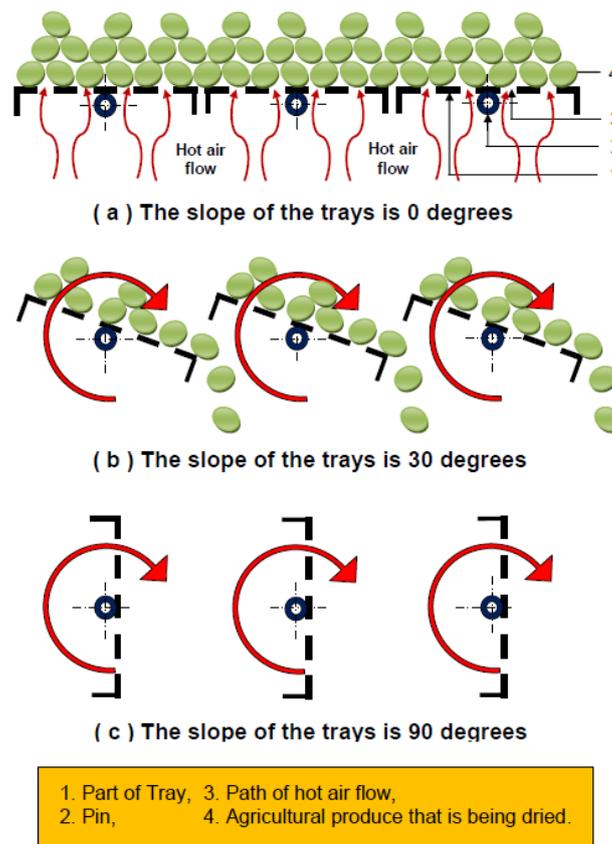
**Gambar 1.** Sketsa alat pengering produk pertanian tipe “*rotating parts of tray*”

Proses pembuatan alat pengering ini, pertama-tama yang dikerjakan adalah kerangka, pemasangan plat pemanas, selanjutnya siri-sirip yang dipasang di atas plat pemanas. Pembuatan *tray* dan mekanisme gerak putar *tray* adalah pengerjaan selanjutnya, dan yang terakhir pemasangan plat-plat penutup luar, saluran udara, saluran gas buang, *blower*, *burner*, pintu dan perapatnya. Setelah alat pengering ini selesai dibuat, selanjutnya diujicoba tanpa beban dan dengan beban di laboratorium.

Alat pengering ini dilengkapi dengan mekanisme gerak putar *tray*, dimaksudkan agar produk yang dikeringkan dapat direlokasi ke tingkat *tray* di bawahnya, dengan cara memutar tuas masing-masing *tray* secara berurutan, dimulai dari *tray*

tingkat satu (terbawah) sampai *tray* tingkat lima (teratas). *Tray* penampung sementara dipasang di bawah *tray* tingkat satu, berfungsi untuk menampung sementara produk pertanian yang dikeringkan, berasal dari *tray* tingkat satu.

Proses perpindahan kalor pada alat pengering ini adalah sebagai berikut. Modus perpindahan kalor radiasi dan konveksi dari gas hasil pembakaran kayu bakar atau LPG, diterima oleh pelat pemanas dan sebagian diteruskan oleh pelat pemanas ke sirip-sirip, sebagian lagi diteruskan melalui struktur menuju ke *tray-tray*. Udara luar yang disuplai oleh *blower* melalui pipa-pipa, selanjutnya melewati bagian atas pelat pemanas dan celah-celah antar sirip, menyerap kalor pada bagian ini secara konveksi, kemudian mengalir ke atas masuk ruang pengering, memanasi produk pertanian yang berada di atas *tray-tray*. Modus perpindahan kalor radiasi paling terasa pada produk pertanian yang terletak di atas *tray* tingkat satu, selanjutnya berangsur-angsur mengalami penurunan pada tingkat-tingkat *tray* di atasnya.



**Gambar 2.** Mekanisme gerak putar tray

### 3. Hasil dan pembahasan

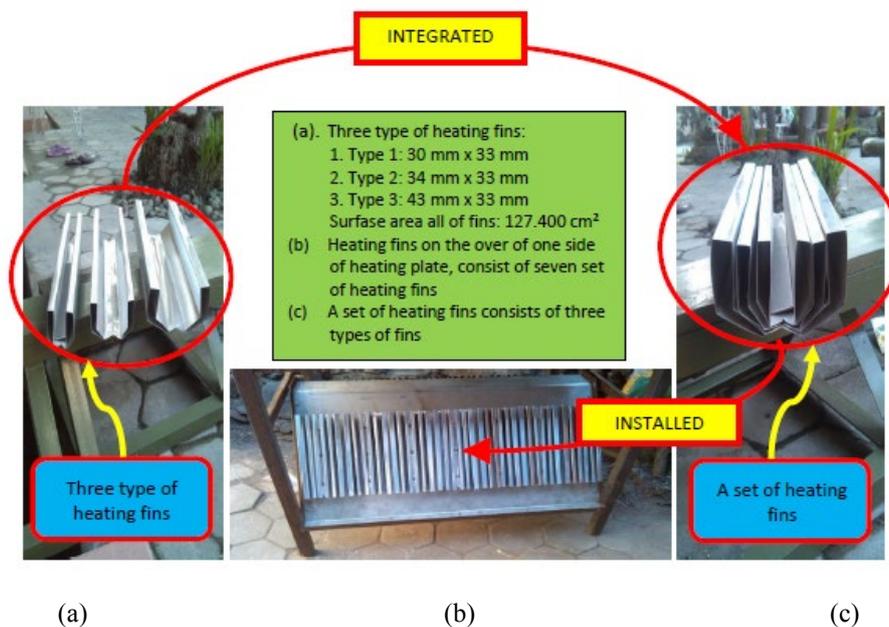
Untuk merealisasikan alat pengering produk pertanian, dimulai dengan pembuatan kerangka. Kerangka terdiri dari 4 buah tiang utama, terbuat dari *stall* dengan ukuran 40 x 40 mili meter, tebal 3 mili meter, serta panjang masing-masing 170 cm, dan beberapa rangka penghubung tiang utama, yang merupakan penyangga *tray*, terbuat dari *stall* dengan ukuran 20 x 40 mili meter, seperti terlihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3, terlihat bahwa plat pemanas, yang terbuat dari *stainless steel*, tebal 2 mili meter, telah terpasang pada kerangka. Padanya dipasang sirip-sirip pemanas, terbuat dari aluminium, dengan ketebalan 0,4 mili meter, sebanyak tujuh unit sirip pada masing-masing sisinya.

Ada tiga tipe dan ukuran sirip yang berbeda satu dengan lainnya. Bentuk dan ukuran sirip-sirip dan cara pemasangan pada plat pemanas, terlihat seperti pada Gambar 4. Ke-3 macam sirip tersebut disusun menjadi satu unit (set) sirip terintegrasi, selanjutnya unit-unit tersebut dipasang pada plat pemanas. Dua sisi plat pemanas, masing-masing dipasang 7 unit sirip terintegrasi, sehingga total sirip berjumlah 42 buah.



**Gambar 3.** Kerangka alat pengering produk pertanian jenis tak kontak langsung, tipe “Rotating Parts of Tray”

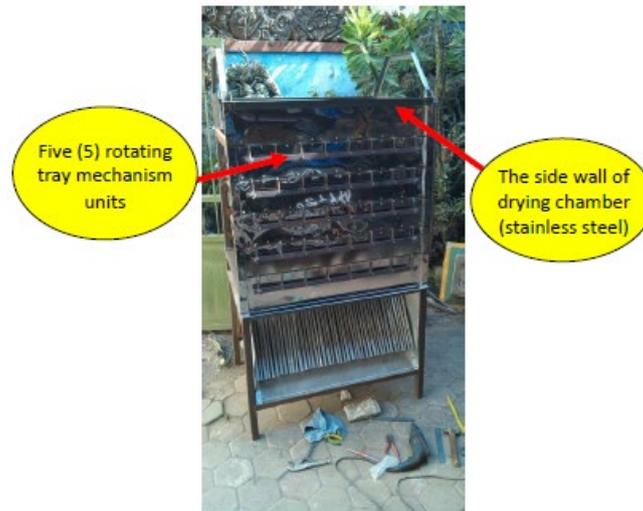


**Gambar 4.** Beberapa tipe dan ukuran sirip-sirip pemanas, serta cara pemasangannya

Setiap tingkat terdiri dari delapan (8) buah unit *tray*. *Tray* terbuat dari bahan plat *stainless steel* berlubang (*perforated steel*), dengan diameter lubang 6 mili meter atau disesuaikan dengan ukuran produk pertanian yang dikeringkan, dengan ketebalan 0,8 mili meter, serta ditopang oleh as dengan bahan baja poros berdiameter 10 mili meter, selanjutnya *tray* dan as disambung dengan cara pengelasan.

Setiap delapan buah *tray* dalam satu tingkat, terhubung satu dengan lainnya, menjadi satu kesatuan operasi, sehingga menjadi satu unit mekanisme gerak putar *tray*, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5. Pada alat pengering ini terdapat lima

(5) tingkat *tray*, maka diperlukan lima (5) buah tuas, atau masing-masing satu tuas untuk memutar satu unit *tray* setiap tingkat.



**Gambar 5.** Mekanisme gerak putar *tray* telah terpasang.

Luas ruang pengering berukuran 70 x 100 cm, dibatasi oleh dinding-dinding plat *stainless steel*, dengan ketebalan 0,4 mili meter, yang terpasang pada ke-tiga sisinya, sedangkan satu sisi lainnya dipasang pintu.



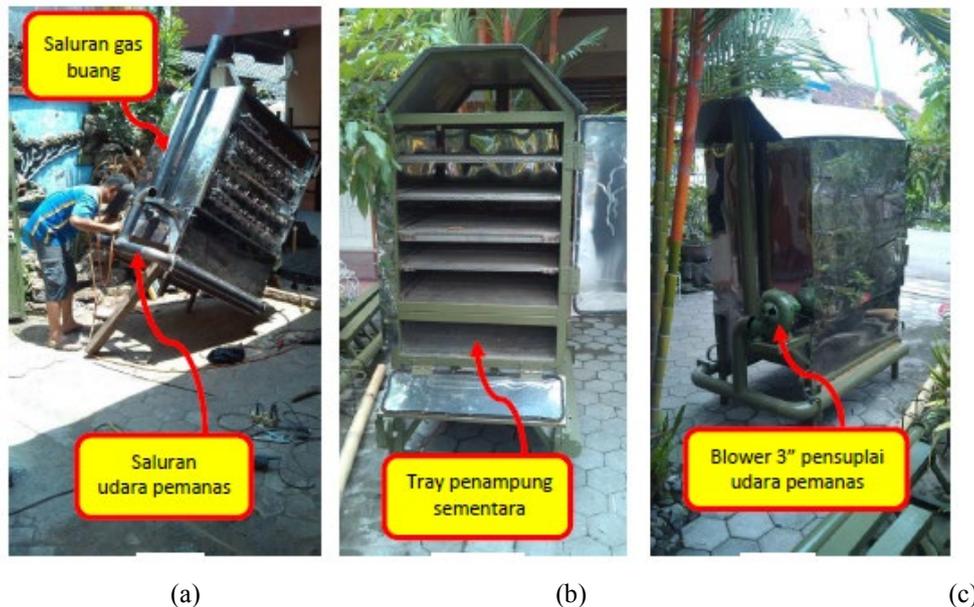
**Gambar 6.** Tiga posisi sudut kemiringan *tray*, yaitu (a) 0 derajat, (b) 45 derajat dan (c) 90 derajat.

Tuas dapat memutar unit *tray* setiap tingkat maksimum sebesar 90°. Beberapa posisi kemiringan *tray* ditunjukkan pada Gambar 6 (a), (b) dan (c), masing-masing untuk tiga macam posisi sudut kemiringan unit-unit *tray* yang berbeda di setiap tingkat, yaitu sebesar 0°, 45° dan 90°.

Alat pengering ini dilengkapi dengan mekanisme gerak putar *tray*, dengan maksud agar produk yang dikeringkan dapat direlokasi ke tingkat *tray* di bawahnya, dengan cara memutar tuas masing-masing unit *tray* secara berurutan, dimulai dari *tray* tingkat satu (terbawah) sampai *tray* tingkat lima (teratas). Apabila memutar *tray* dengan sudut kemiringan kecil (20-30 derajat) harapannya produk pertanian yang berada di *tray* tersebut mulai berjatuhan, selanjutnya jika *tray* diputar

dengan sudut maksimum sebesar 90 derajat, diharapkan semua produk pertanian yang berada pada *tray* tersebut jatuh ke tingkat *tray* di bawahnya. Untuk produk pertanian yang berada di *tray* penampung sementara, yang berasal dari unit *tray* tingkat terbawah, direlokasi ke *tray* tingkat teratas, atau jika produknya sudah kering sesuai dengan yang diharapkan, maka *tray* tingkat teratas diisi dengan produk pertanian yang masih basah.

Gambar 7 (a), menunjukkan proses pemasangan saluran udara berdiameter 3 inci dan saluran gas asap hasil pembakaran bahan bakar menggunakan pipa berdiameter 2 inci. Sambungan pipa pada posisi sudut menggunakan *elbow*, dengan sistem penyambungan las. Gambar 7 (b), menunjukkan dua buah pintu, yang sebelah atas digunakan untuk meratakan produk pertanian sebelum dilakukan proses pengeringan, sedangkan pintu bawah digunakan untuk mengambil produk pertanian dari *tray* penampung sementara, yang dijatuhkan dari *tray* tingkat satu (terbawah). Gambar 7 (c), menunjukkan hasil akhir alat pengering produk pertanian jenis “*Rotating Parts of Tray*”, setelah menyambungkan pipa saluran udara dengan *blower* menggunakan *flexible hose*, alat tersebut siap dioperasikan. Atap dan sisi-sisi samping saluran udara, terbuat dari bahan plat galvalum, sedangkan dinding luar menggunakan bahan plat *stainless steel*. Burner dipasang di bawah plat pemanas, sebanyak empat atau dua buah



**Gambar 7.** Pemasangan komponen & hasil akhir alat pengering produk pertanian jenis tak kontak langsung, tipe “*Rotating Parts of Tray*”.

Dengan menggunakan alat ini, produk pertanian yang akan dikeringkan ditebarkan secara acak, namun diusahakan merata di atas *tray-tray* (lima unit *tray*), selanjutnya bahan bakar kayu yang disiapkan di ruang pembakaran dinyalakan atau burner dinyalakan jika menggunakan bahan bakar LPG.

Jika *tray* tingkat tertentu diputar menggunakan tuas sebesar 90° seperti Gambar 2c, maka diharapkan semua produk pertanian yang berada di atas *tray* tersebut, jatuh ke *tray* di bawahnya. Tujuan dilakukannya relokasi produk pertanian yang dikeringkan adalah agar setiap produk tersebut mengalami proses perpindahan kalor yang hampir sama satu dengan yang lainnya. Lebih merata lagi jika selama proses pengeringan, dilakukan relokasi paling sedikit sama dengan atau merupakan kelipatan dari jumlah tingkat *tray*, Keuntungan lain dari relokasi, adalah agar posisi produk pertanian berubah, atau sama saja ia mengalami pembalikan. Dengan cara seperti itu, maka di akhir proses pengeringan, diharapkan

dihasilkan produk pertanian memiliki tingkat kekeringan yang sama, atau hampir sama, serta tidak ada produk pertanian yang gosong.

Pemasangan sirip-sirip pemanas dalam jumlah besar, dimaksudkan untuk mengurangi kalor radiasi yang mengenai produk pertanian di atas *tray* terbawah. Dengan pemasangan sirip-sirip tersebut maka kalor banyak diserap olehnya, yang selanjutnya diserap oleh udara. Hal ini berdasarkan pengalaman penulis, ketika melakukan proses pengeringan gula semut menggunakan alat pengering yang tanpa pemasangan sirip-sirip pemanas, maka gula semut yang berdekatan dengan plat pemanas mengalami pengerasan serta berwarna kekuning-kuningan, berbeda dengan yang berada di *tray* di atasnya.

Jika metode pengeringan ini lebih dikembangkan lagi dengan tujuan untuk menangani kapasitas besar, maka dengan perancangan yang baik dan sedikit sentuhan inovasi, menambahkan perangkat otomatisasi, serta kemungkinan pemasangan *air preheater* di ruang dapur dan menerapkan proses resirkulasi udara pemanas, dapat dihasilkan alat pengering produk pertanian yang praktis, efektif dan ekonomis.

Alat pengering ini telah diuji-coba untuk mengeringkan biji kakao dan cengkih. Biji kakao yang dikeringkan adalah hasil fermentasi yang dihasilkan sebagai hasil kerja sama dengan P.T. Pagilaran Yogyakarta (<https://pagilaran.co.id/>), dengan dua variasi kapasitas (massa). Hasil proses pengeringan biji kakao ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Proses pengeringan biji kakao hasil fermentasi [14,15].

No	Massa Awal (kg)	Massa Akhir (kg)	Lama Pengeringan (jam)	Kebutuhan LPG (kg)	Kadar H <sub>2</sub> O awal (%)	Kadar H <sub>2</sub> O akhir (%)	Tempe rata-rata ruang pengering (°C)	Efisiensi Termal (%)
1	19,5	8,2	8	3	60	13,5	44,6	19,6
2	30	12,6	20	9,1	60	6,5	49,2	9,7

Pada pengeringan biji kakao kapasitas 30 kg menghasilkan efisiensi termal jauh lebih rendah bila dibandingkan pada kapasitas 19,5 kg. Hal ini dapat dipahami karena kadar air pada biji kakao setelah dikeringkan, jauh lebih rendah untuk kapasitas 30 kg dari pada kapasitas 19,5 kg. Pada umumnya, semakin lama proses pengeringan berlangsung, laju penurunan kadar air semakin kecil. Pada dua macam proses pengeringan biji kakao (juga produk lain), sekalipun dengan kapasitas yang sama, sangat sulit untuk menghasilkan produk dengan kadar air akhir sama, apalagi pengaturan nyala burner pada alat pengering ini masih secara manual.

Sedangkan proses pengeringan cengkih dilakukan selama 4 jam 20 menit, dari kapasitas 15 kg hingga menjadi 8,04 kg, menghabiskan LPG 3,79 kg, menurunkan tingkat kekeringan dari 73,18% menjadi 26,78%. Temperatur rata-rata ruang pengering sebesar 49,71°C, sedangkan kondisi udara lingkungan saat dilakukan pengambilan data, temperatur bola kering rerata sebesar 31°C dan temperatur bola basah adalah 27°C. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa, untuk pengeringan cengkih tersebut, laju penurunan tingkat kekeringan setiap jam sebesar 5,9%. Besarnya kalor yang diperlukan untuk memanaskan cengkih sebesar 396,17 kilo Joule, kalor yang diperlukan untuk memanaskan kandungan air dari temperatur 30°C sampai temperatur pengeringan adalah sebesar 903,34 kilo Joule dan kalor untuk penguapan air yang terkandung di dalamnya sebesar 16588,88 kilo Joule.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa temperatur gas buang masih sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh temperatur dinding ruang pengering di sekitar pipa saluran gas buang jauh lebih tinggi dari lokasi lainnya. Dengan ukuran pipa yang agak besar, maka dapat disimpulkan bahwa laju kalor yang terbuang cukup besar. Maka untuk memperkecil kalor yang terbuang alat pengering ini masih diperlukan beberapa perbaikan atau modifikasi. Walaupun masih ada kekurangan, namun hasil pengeringan biji kakao ini dinilai baik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi termal alat pengering ini masih perlu ditingkatkan. Dari pengamatan menunjukkan bahwa kalor hasil pembakaran LPG banyak terbuang melewati pipa buang. Hasil pengukuran temperatur gas buang masih tinggi, kemungkinan besar gas tersebut masih bisa dimanfaatkan, misalnya disalurkan melewati ruang pengering. Ada kemungkinan disebabkan pemilihan *burner* yang kurang tepat, sehingga gas hasil pembakaran lebih banyak terbuang. Bisa dimungkinkan dengan menggunakan *burner* alternatif yaitu jenis atau tipe lain, akan menghasilkan penyebaran kalor yang lebih merata dan tak banyak menghabiskan bahan bakar LPG. Pemasangan *preheater* udara pemanas juga kemungkinan merupakan solusi alternatif. Beberapa hal tersebut di atas merupakan saran untuk perbaikan kedepannya.

#### 4. Kesimpulan

Rancang bangun alat pengering dengan dilengkapi tray bertingkat dan dapat diputar telah dideskripsikan yang terdiri dari pertimbangan desain, proses fabrikasi, kemungkinan prosedur pengoperasian, dan pengujian performansi. Kesimpulan yang dapat disampaikan setelah menyelesaikan pembuatan dan sekaligus dilakukan ujicoba alat pengering ini adalah sebagai berikut. Mekanisme tray dapat bekerja dengan baik. Komponen alat pengering ini dapat beroperasi dengan baik. Mekanisme tray merupakan komponen yang memerlukan pengerjaan paling lama dan butuh kesabaran, serta ketelitian lebih dibanding komponen lainnya. Sebaiknya plat dinding ruang pengering, dipasang menempel bagian dalam kerangka, agar tak ada produk pertanian yang tersangkut pada kerangka. Seandainya mekanisme *tray* macet, karena kurang perawatan atau sebab lain, asal posisinya pada kemiringan 0 derajat, alat pengering ini tetap dapat digunakan. Alat pengering masih memiliki kelemahan yaitu efisiensi termalnya masih rendah, karena pengaturan laju bahan bakar masih manual. Diameter pipa saluran gas buang masih terlalu besar. Untuk perbaikan purwa rupa, beberapa penelitian perlu dilakukan seperti, pengaruh penggunaan tipe pipa *burner* dengan beberapa pintu keluar pembakaran terhadap karakteristik alat pengering, pengaruh jumlah sirip pemanas terhadap penyerapan kalor oleh aliran udara pemanas. Di samping itu, ketersediaan tray yang berputar memungkinkan untuk dilakukan otomasi dengan menambah beberapa instrumen dan sistem kontrol.

#### Ucapan terima kasih

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM UGM sebagai pemberi dana, sekolah vokasi UGM, dan PT Pagilaran yang membantu proses pelaksanaan penelitian.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kobarsih, M., Siswanto, N. Penanganan Susut Panen dan Pasca Panen Padi Kaitannya dengan Anomali Iklim di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, *Planta Trop. J. Agro Sci.* 2015; (3)
- [2] Ruku, S. Penggunaan Alat Pengering Kakao Modifikasi BPTP Sultra, in: *Petunjuk Tek. Teknol. Pertan.*, 2005.
- [3] Hasan, A. Penelitian Pemanfaatan Langsung Sumber Energi Panas Bumi untuk Pengeringan Kakao (Cokelat), *J. Sains Dan Teknol. Indonesia*. 2008. (10): p. 135–141.
- [4] N.M. C., Cocoa Bean (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics, *Chil. J. Agric. Res.* 70 (2010) 633-639.
- [5] Nwakuba, N.R., Optimisation of energy consumption of a solar-electric dryer during hot air drying of tomato slices, *J. Agric. Eng.* 2019 (50): p. 150–158.
- [6] Kuan, M., Shakir, Y., Mohanraj, M., Belyayev, Y., Jayaraj, S., Kaltayev, A. Numerical simulation of a heat pump assisted solar dryer for continental climates, *Renew. Energy*. 2019 (143): p. 214–225.

- [7] EL khadraoui, A., Hamdi, I., Kooli, S., Guizani, A. Drying of red pepper slices in a solar greenhouse dryer and under open sun: Experimental and mathematical investigations, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2019 (52): p. 262-270.
- [8] Atalay, H. Performance analysis of a solar dryer integrated with the packed bed thermal energy storage (TES) system, *Energy.* 2019 (172): p. 1037–1052.
- [9] Pourbagher, R., Rohani, A., Rahmati, M.H., Abbaspour-Fard, M.H. Modeling and optimization of drying process of paddy in infrared and warm air fluidized bed dryer, *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 2018 (20): p. 162–171.
- [10] Bhardwaj, A.K., Kumar, R., Chauhan, R. Experimental investigation of the performance of a novel solar dryer for drying medicinal plants in Western Himalayan region, *Sol. Energy.* 2019 (177) :p. 395–407
- [11] Shringi, V., Kothari, S., Panwar N.L. Experimental investigation of drying of garlic clove in solar dryer using phase change material as energy storage, *J. Therm. Anal. Calorim.* 2014 (118): p. 533–539.
- [12] Sandali, M., Boubekri, A., Mennouche, D., Gherraf, N. Improvement of a direct solar dryer performance using a geothermal water heat exchanger as supplementary energetic supply. An experimental investigation and simulation study, *Renew. Energy.* 2019 (135): p. 186–196.
- [13] Johanes, S., Setiawan, S., Widia, S.S., Siswantoro, Putra, R.K., Basuki, B. Alat Pengereng Cengkih Untuk Kelompok Tani Tenterem, Di Dusun Kemiri Ombo, Gerbosari, Samigaluh, Kulon Progo, Laporan Akhir Program Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Gadjah Mada, 2019.
- [14] Johanes, S., Soeadgihardo, S., Kartika, W., Wibowo, S.B. Open Access Energy and Heat Transfer Analysis on “ Sliding Tray ” Type Clove Dryer with Installed Heater Pipes in the Drying Chamber *American Journal of Engineering Research ( AJER )*, 2019: p. 218–225.
- [15] Johanes, S., Winarto, F.E., Siswantoro, S., Wibowo, S. Performance of “ Rotating Parts of Tray ” -Type Indirect Contact Dryer on Cocoa Beans Drying Process *American Journal of Engineering Research ( AJER )*, 2019: p. 253–259.