

TRANSFER TEKNOLOGI *MULTI EFFECT EVAPORATOR* (MME) PADA UKM GULA MERAH DI DESA SUMBER AGUNG KEDIRI

Bambang Dwi Argo^{1*}, Angky Wahyu Putranto¹, Rama Oktavian², Randy Cahya
Wihandika³

¹Program Studi Teknologi Bioproses, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas
Brawijaya, Malang - Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang-Indonesia

³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya,
Malang - Indonesia

e-mail: dwiargo@ub.ac.id

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memodernisasi alat mesin yang digunakan memproduksi gula merah agar dapat mempermudah dan mempercepat proses produksi serta untuk dapat menekan total biaya operasional. Selain itu kegiatan ini ditujukan untuk membantu meningkatkan produksi dan kualitas produk gula merah bagi UKM Gula Merah di Kabupaten Kediri. Namun demikian fokus kegiatan yang dilakukan pada kegiatan pengabdian ini yaitu proses pembuatan beberapa komponen evaporator, penyuluhan alat dan pendampingan kepada anggota UKM Gula Manis. Hasil dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini yaitu berupa bantuan alat yang meliputi *mainhole* evaporator, system perpipaan dan pompa kepada mitra agar dapat menjalankan produksi gula merah dengan teknologi yang sudah dirancang. Hasil pengujian dan perhitungan dari performansi alat juga telah dilakukan untuk mendukung proses operasi menggunakan evaporator. Selain itu kegiatan sosialisasi proses pembuatan gula merah kapasitas industri juga telah dilaksanakan dengan baik.

Kata kunci: Gula merah; UKM; evaporator; *mainhole*

Abstract

This community service activity aims to modernize machine tools used to produce brown sugar in order to simplify and speed up the production process and to be able to reduce total operational costs. Moreover, this activity is intended to assist in increasing the production and quality of brown sugar products for UKM which can give effect on increasing their profitability. Brown sugar is produced through a several process stages starting from grinding, filtering, heating, lime milk addition, sulfitation, decantation and evaporation. This community service activity successfully helpUKM through equipment assistance including main hole evaporator, piping systems and pumps which makes UKM run he production of brown sugar with technology that has been designed. Test results and calculations of equipment performance have also

been carried out to support the operation process using an evaporator. Furthermore, the socialization process of the process of making brown sugar in mass-scale capacity has also been successfully conducted.

Keywords :*brown sugar; UKM; evaporator; mainhole*

PENDAHULUAN

Pembangunan daerah atau kawasan pedesaan melalui program pemberdayaan masyarakat untuk pengembangan dan kemakmuran ekonomi dan program pembangunan sarana prasarana untuk daerah tertinggal harus berdasarkan kebutuhan daerah dan masyarakat penerima manfaat. Konsep yang benar adalah bukan berdasarkan asas pemerataan namun berdasarkan urgensi kebutuhan primer masyarakat yang mendapatkan manfaat dari kegiatan pemberdayaan yang dilaksanakan.

Gula merah merupakan salah satu jenis produk unggulan utama yang dihasilkan oleh masyarakat dari wilayah pedesaan. Jumlah usaha kecil dan menengah yang terlibat dalam rantai produksi dan pemasaran sudah sangat berkembang dan mulai banyak jumlahnya. Produk gula merah merupakan bahan utama dalam memproduksi produk seperti; kecap manis, jamu, sirup, kue, minuman dan makanan. Permintaan pasar gula merah dari waktu ke waktu semakin meningkat dan jangkauan pasarnya sangat luas dari pasar lokal, regional maupun nasional. Gula merah yang beredar dipasaran umumnya menggunakan bahan nira yang dihasilkan dari berbagai macam bahan seperti dari nira kelapa, siwalan dan tebu. Pada saat ini gula merah yang diproduksi dari bahan nira tebu telah

menjadi jenis produk gula merah yang paling banyak beredar dipasaran.

Proses pengolahan nira tebu untuk menjadi gula merah di UKM umumnya membutuhkan proses pemanasan untuk mengurangi kadar air agar mencapai kekentalan tertentu, sehingga siap untuk dicetak menjadi gula merah. Proses pemanasan ini sangat penting karena proses pemanasan memengaruhi sifat fisik maupun sifat kimia gula merah yang dihasilkan sehingga memengaruhi kualitas dari gula merah. Pengolahan nira tebu menjadi gula merah secara tradisional memiliki kelemahan dalam proses pemanasan, sehingga menghasilkan kualitas gula merah yang tidak baik (Muhlisin, dkk, 2015).

Selain itu, permasalahan yang terjadi pada UKM gula merah ada pada keseluruhan proses produksinya. Permasalahan tersebut lain 1). Rendemen giling nira yang masih relative rendah, 2). Pencegahan terjadinya gula reduksi yang belum bisa diatasi dengan baik, c). Pengaturan suhu pendidihan nira yang bisa dilakukan secara konsisten, d). Penentuan kemasakan gula yang belum bisa ditentukan secara pasti, e). Sanitasi proses yang belum dilakukan secara baik dan f). Penggunaan tenaga kerja yang belum dilakukan secara efisien.

Program kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memfasilitasi penyelesaian dan pengoperasian

industri gula merah yang sudah ada yakni dengan memanfaatkan teknologi yang lebih maju dan efisien. Namun demikian kegiatan pengabdian masyarakat ini tidak menyelesaikan semua masalah yang terdapat di mitra. Oleh karena itu tujuan khusus dari kegiatan ini antara lain: (1) Membantu penyelesaian pengerjaan mesin meliputi: pemasangan jaringan perpipaan yang dibutuhkan pada unit *multi effect evaporator*, (2) Membantu penyelesaian pembuatan “main hole”, dan (3) Melakukan uji coba *multi effect evaporator* produksi gula merah.

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Permasalahan yang harus diselesaikan oleh pengrajin gula merah di Kabupaten Kediri adalah belum mampu memenuhi permintaan pasar dalam jumlah besar serta dengan kualitas produk yang baik. Ketidakmampuan produksi dengan kapasitas tinggi muncul karena teknologi yang digunakan belum mampu mencapai kapasitas produksi yang diharapkan. Disamping itu permasalahan untuk menghasilkan produk gula merah dengan kualitas tinggi masih belum dapat diwujudkan secara konsisten.

Langkah-langkah atau tahapan yang ditetupuh untuk melaksanakan solusi atas permasalahan spesifik yang dihadapi oleh para pengrajin gula merah Kabupaten Kediri yaitu dengan mengadakan program pendampingan dan transfer teknologi secara nyata untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Program tersebut ada beberapa tahapan yaitu a). membantu menyelesaikan mesin *multi effect*

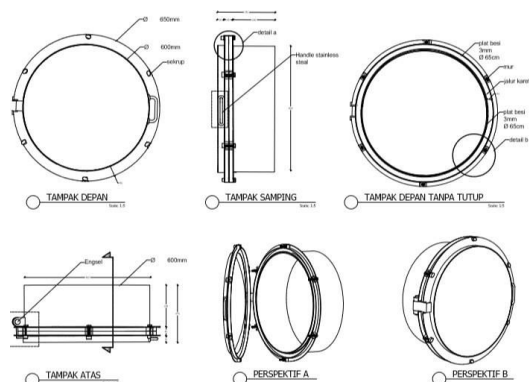
evaporator guna mendukung realisasi pabrik gula merah modern pada UKM, b). melakukan kegiatan sosialisasi dan pelatihan tentang cara penggunaan teknologi yang diberikan, c). pendampingan untuk melakukan perawatan dan evaluasi kegiatan secara rinci.

a) Penyelesaian Mesin *Multi Effect Evaporator* (MEE)

Multi effect evaporator merupakan alat yang sangat penting dalam proses perubahan nira tebu menjadi gula merah terkaramelisasi untuk kapasitas industri. Pada sistem ini, uap sebagai sumber panas digunakan dalam beberapa kali tingkatan sehingga penggunaannya menjadi lebih efisien. Melalui sistem ini, gula merah tebu juga dapat diproduksi secara kontinyu dan dalam kapasitas yang jauh lebih besar daripada dengan menggunakan metode konvensional (Al Riza dkk, 2012).

Desain dari alat *multi effect evaporator* (MEE) dan simulasi perhitungan yang digunakan pada transfer teknologi kepada UKM ini sesuai dengan penelitian Al Riza dkk (2012) dan Argo *et al.*, (2020). Proses pembuatan mesin evaporator sudah dilakukan, namun untuk pembuatan mainhole dan sambungan perpipaan belum dilaksanakan. Mainhole dan perpipaan menjadi hal yang sangat penting, mengingat mesin MEE tidak dapat dijalankan jika beberapa bagian pendukung dari mesin MEE tersebut belum dipasang. Oleh karena itu pada kegiatan ini akan dilakukan desain mainhole dan sistem perpipaan pada MEE guna mendukung proses pembuatan gula merah skala industri

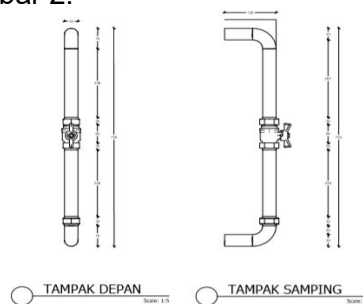
Mainhole dirancang dengan tujuan memudahkan pelaksanaan perawatan tabung evaporasi. Pemilihan diameter dirancang agar operator bisa masuk ke dalam tabung evaporasi. Engsel dan pegangan pembuka dibuat agar memudahkan operator dalam membuka ataupun menutup *mainhole* yang cukup berat. 6 buah pengunci dan seal juga dirancang untuk merapatkan pintu agar tidak terjadi kebocoran sekecil apapun. Desain *mainhole* yang telah diterapkan pada mitra seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan kebutuhan bahan untuk membuat *mainhole* ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Desain *Mainhole* Evaporator

Berdasarkan hasil perhitungan bahan seperti pada Tabel 1, kebutuhan

material plat untuk membuat *mainhole* yaitu 565,2 cm untuk pembuatan wajan dengan ketebalan plat 5 mm, 720 cm untuk badan *mainhole* dengan ketebalan plat 3 mm, dan 94,2 cm untuk pembuatan mulut *mainhole* dengan ketebalan plat 2 mm. Sehingga jika ditotal diperlukan 1 lembar plat dengan ketebalan 3 mm dan 1 lembar plat dengan ketebalan 5 mm. Selain plat diperlukan juga mur dan baut sebanyak 30 buah sebagai pengunci, engsel sebanyak 3 buah, dan *shield* untuk dipasang dimulut bagian dalam *mainhole* dan penutupnya. Pada mesin MEE yang diterapkan pada mitra juga dilengkapi dengan pipa yang berfungsi untuk menjaga evaporator tetap dalam keadaan vakum. Desain perpipaan untuk MEE seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain perpipaan MEE

Pipa dirancang dengan spesifikasi panjang 0,15 m, tinggi 0,75 m, dan

Tabel 1. Perhitungan kebutuhan bahan yang digunakan untuk membuat *mainhole*

| Bagian <i>mainhole</i> | Keliling (cm) | Jumlah | Total (cm) |
|------------------------|---------------|--------|------------|
| Wajan | 188,4 | 3 | 565,2 |
| Badan | 240 | 3 | 720 |
| Mulut | 15,7 | 6 | 94,2 |

berdiameter 1,5 in. Terdapat 1 buah katup pada masing-masing pipa. Pipa juga dilengkapi dengan 3 mur yang terdapat pada atas dan bawah katup, serta pada lengkungan bagian bawah.

b) Sosialisasi Cara Penggunaan Alat

Metode yang digunakan dalam melakukan pemberdayaan salah satu UKM gula merah di Kabupaten Kediri adalah menggunakan teknik pembelajaran individu dan kelompok disertai praktek perencanaan dan pembuatan teknologi mesin pengolahan gula merah serta mempraktekkan secara langsung mesin penggunaan mesin tersebut. Teknik transfer teknologi untuk mesin pembuatan gula merah dilakukan secara manual dan *online* dimana pembelajaran ini dipraktekan langsung oleh tim Program Pengabdian Kepada Masyarakat bersama – sama dengan pengrajin gula merah. Pada kegiatan ini juga dilakukan penyebaran kuisisioner kepada peserta sosialisasi untuk mengetahui pemahaman akan materi yang telah diberikan. Selain itu juga diberikan kuisisioner evaluasi kegiatan sosialisasi untuk mengetahui keberhasilan kegiatan sosialisasi.

c) Pendampingan dan Monitoring

Evaluasi hasil program kegiatan pengabdian yang dilakukan meliputi beberapa hal antara lain: a). Penyelesaian target waktu penyelesaian perakitan mesin produksi gula merah, b). Uji coba operasional mesin produksi gula merah dan c). Keikutsertaan dan partisipasi positif para pengrajin gula merah untuk menerima transfer teknologi dan mengikuti kegiatan pendampingan yang

dilakukan. Evaluasi secara khusus juga dilakukan terhadap tim Program Pengabdian Kepada Masyarakat baik individu maupun kelompok dalam melaksanakan kegiatan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan *Mainhole* MEE

Berdasarkan desain yang telah dibuat sesuai dengan desain rancangan fungsional dan struktural, maka perlu dilakukan perhitungan kebutuhan bahan untuk menentukan banyaknya bahan yang meliputi plat dengan tebal 3 mm untuk diameter *mainhole*, plat dengan tebal 4 mm untuk bagian wajan atau penutup, mur dan baut sebanyak 10 buah, engsel, dan lembaran shield.

Pertama yang dilakukan yaitu menggambar rangka *mainhole* pada plat untuk diameter *mainhole* 60 cm dengan tinggi 40 cm kemudian dipotong sesuai dengan rangka. Selanjutnya hasil potongan tersebut dilas untuk disambungkan dengan wajan menggunakan engsel. Kemudian dilakukan pemasangan mur dan baut pada wajan dan badan *mainhole* yang disusul dengan pemasangan silikon pada bibir dalam badan *mainhole*. Setelah selesai *mainhole* dipoles untuk meratakan sisa-sisa hasil las. Hasil pembuatan dan pemasangan *mainhole* yang telah diterapkan pada mitra seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil *Mainhole* yang Telah Dibuat dan Dipasang

Pada main hole terdapat engsel dan pegangan pembuka, serta dilengkapi juga dengan pengunci yang berjumlah 6 buah dan terdapat seal pada mulut *mainhole*. *Mainhole* akan dipasang pada masing-masing tabung evaporasi.

Hasil Pembuatan Perpipaan MEE

Sistem perpipaan berfungsi untuk menjaga evaporator tetap dalam keadaan vakum. Katup dibuat supaya bisa untuk menyumbat ataupun memberhentikan aliran uap. Sambungan disambungkan menggunakan las dan dengan mur. Sambungan las dibuat permanen, sementara mur digunakan agar menjadi sambungan sementara. Sambungan sementara untuk memudahkan dalam proses perawatan pipa.

Material yang diperlukan untuk membuat sambungan evaporator antar

effect yaitu pipa lurus dengan diameter 4 cm sebanyak 1 buah dengan panjang dipasaran 6 meter, pipa sambungan L dengan diameter 4 cm sebanyak 2 buah, dan valve sebanyak 2 buah. Hasil desain perpipaan MEE ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Desain perpipaan MEE

Hasil Pengujian Viskositas

Pengaplikasian evaporator sebagai alat untuk mengevaporasikan nira tebu diperlukan pengujian viskositas nira tebu untuk menentukan besarnya daya pompa yang diperlukan untuk memompa nira dari *effect 2* ke *effect 3*. Adapun hasil pengujian viskositas yang telah dilakukan disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Viskositas

| Variasi (%) | T (°C) | Viskositas Kinematik (cst) |
|-------------|--------|----------------------------|
| 5 | 30,6 | 4,47 |
| | 50,2 | 3,75 |
| | 70,0 | 3,36 |
| 7 | 30,3 | 4,99 |
| | 50,1 | 4,54 |
| | 69,8 | 4,28 |

| Variasi (%) | T (°C) | Viskositas Kinematik (cst) |
|-------------|--------|----------------------------|
| 9 | 30,3 | 4,73 |
| | 50,5 | 4,03 |
| | 70,4 | 3,67 |
| 11 | 30,0 | 5,70 |
| | 50,2 | 4,64 |
| | 70,0 | 4,32 |
| 12 | 30,1 | 5,85 |
| | 50,3 | 5,27 |
| | 70,2 | 4,37 |
| 13 | 30,9 | 4,36 |
| | 50,1 | 3,84 |
| | 70,0 | 3,64 |
| 15 | 30,3 | 5,34 |
| | 50,2 | 4,72 |
| | 70,0 | 4,05 |
| 18 | 30,5 | 4,47 |
| | 50,1 | 4,21 |
| | 70,1 | 3,96 |

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan larutan gula merah dengan konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, 12%, 13%, 15%, dan 18%. Pengujian viskositas larutan gula dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan menggunakan alat Herzog Saybolt ASTM D88 (*viscometer*) dengan merk LEYBOLD. Berdasarkan hasil pengujian viskositas (Tabel 2), maka dilakukan survey untuk pembelian jenis pompa yang dapat mengalirkan sesuai dengan viskositas nira tebu yang dihasilkan.

Perhitungan Kebutuhan Pompa

Untuk menentukan spesifikasi pompa secara umum perhitungannya diturunkan dari persamaan energi pada sistem pemompaan seperti ditunjukkan

pada persamaan (1) (Chhabra dan Shankar, 2018).

$$g\Delta z + \frac{\Delta P}{\rho} - \frac{\Delta Pf}{\rho} - W = 0 \quad (1)$$

dimana:

W : Kerja fluida (J/Kg)

Δz : Beda elevasi (m)

ΔP : Beda tekanan pada sistem (N/m²)

ΔPf : *Pressure drop* karena friksi dalam pipa (N/m²)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

ρ : Densitas fluida (kg/m³)

Pressure drop (ΔPf) karena friksi dalam pipa, instrumen maupun alat dapat dihitung dengan persamaan (2) (Geankoplis, 2018)

$$\Delta Pf = 8f \frac{L}{Di} \frac{\rho U^2}{2} \quad (2)$$

dimana:

f : faktor friksi

L : panjang pipa termasuk panjang ekivalen kehilangan tekanan sepanjang pipa (m)

Di : diameter dalam pipa (m)

u : kecepatan linear fluida dalam pipa (m/s)

Kecepatan linear fluida dapat dihitung menggunakan persamaan (3) (Smith, dkk, 2017)

$$u = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

dengan:

u : kecepatan linear fluida dalam pipa (m/s)

Q : *volumetric rate* (m³/s)

A : penampang pipa (m²)

Spesifikasi pompa ditentukan menggunakan persamaan diatas dengan kondisi fluida larutan gula sebagai berikut viskositas 6 cst, densitas 1462 kg/m³, *volumetric rate* (Q) 0,0416 m³/s, perbedaan tekanan 192087,97 Pa, diameter pipa dalam 0,0732 meter, friksi gesekan 0,0322, dan panjang pipa 6 meter. Untuk menghitung power pompa, harus dihitung terlebih dahulu *pressure drop* dalam sistem. Dengan menggunakan persamaan diatas didapat *pressure drop* (ΔP_f) 4,3563 N/m². Kemudian kerja fluida (W) dihitung dengan persamaan diatas memberikan hasil - 127,681 J/kg. Sehingga untuk mengalirkan nira 2500L/menit, dengan mempertimbangkan efisiensi pompa dibutuhkan power 6 Hp.

Sosialisasi Kepada UKM Gula Merah

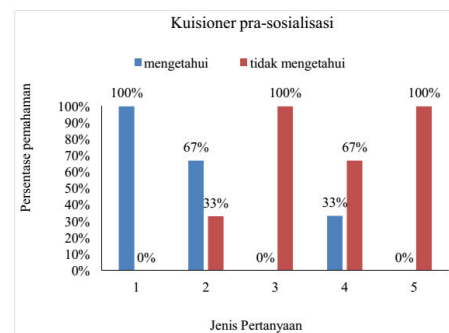
Kegiatan sosialisasi dan penyerahan alat pada pengabdian kepada masyarakat ini merupakan latihan partisipatori sehingga mengajak

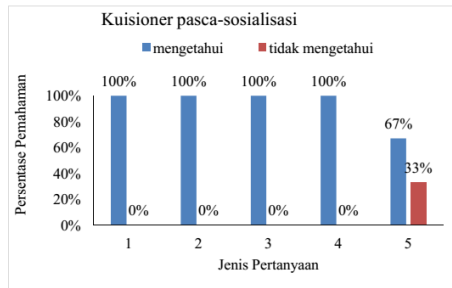
peserta untuk aktif dan mempraktekkan langsung materi pelatihan. Kegiatan sosialisasi dan pelatihan ini dilaksanakan di tempat pengolahan UKM Gula Manis di Kec. Ploso Klaten Kab Kediri. Dokumentasi kegiatan penyerahan alat dan sosialisasi dapat dilihat pada Gambar 5. Dibawah ini.



Gambar 5. Penyerahan komponen alat dan sosialisasi di UKM Gula Manis

Selain itu, kegiatan sosialisasi juga dilakukan penyebaran kuisiener sebelum dan setelah penyampaian materi sosialisasi. Berdasarkan kuisiener yang telah disebar, diperoleh data pemahaman dari peserta sosialisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.





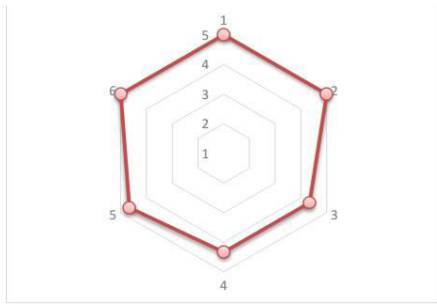
Gambar 6. Hasil Kuisisioner Pra dan Pasca Sosialisasi di Mitra

Berdasarkan Gambar 6 tersebut, pada pra sosialisasi, hanya untuk pertanyaan 1, 2 dan 4 yang diketahui oleh peserta. Adapun pertanyaan 1 menunjukkan bahwa semua responden telah mengetahui cara pembuatan gula merah. Pada pertanyaan kuisisioner nomor 2 dapat diketahui bahwa 67% responden telah mengetahui lama waktu yang tepat dalam pembuatan gula merah. Pada pertanyaan kuisisioner nomor 3, semua responden tidak mengetahui suhu yang tepat dalam pemasakan gula merah, sedangkan pada kuisisioner nomor 4 hanya 33% responden yang mengetahui tentang teknologi evaporator dalam pengolahan gula merah sedangkan responden yang lain tidak mengetahuinya. Pada pertanyaan kuisisioner nomor 5 responden tidak mengetahui perbedaan gula merah yang dihasilkan dari pengolahan secara tradisional dengan pengolahan menggunakan teknologi evaporator.

Setelah diberikan penyuluhan dan transfer teknologi evaporator pada UKM Gula Manis Desa Sumber Agung Plosoklaten Kediri, diperoleh data seperti pada Gambar 6 berdasarkan post-kuisisioner yang telah disebar. Semua responden dapat mengetahui

sepenuhnya terkait pertanyaan no 1 sampai no 4, sedangkan pertanyaan no 5, masih ada 33% responden yang belum memahami sepenuhnya terkait perbedaan gula merah yang dihasilkan dari pengolahan secara tradisional dengan pengolahan menggunakan teknologi evaporator.

Berdasarkan hasil sosialisasi, semua responden ingin mengganti proses pembuatan gula merah dari pemasakan gula merah secara tradisional ke teknologi evaporator. Alasan responden ingin mengganti cara pembuatan gula merah secara tradisional ke teknologi evaporator yaitu lebih mudah pengolahannya, lebih cepat dalam pemasakannya, gula merah yang dihasilkan lebih seragam, dapat meningkatkan kuantitas gula merah yang dihasilkan, dan meningkatkan pendapatan yang diperoleh. Hal tersebut juga mendukung adanya permintaan pasar untuk membuat gula merah berwarna coklat bukan berwarna kuning. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurhadi (2018), bahwa konsumen memiliki preferensi gula kelapa dengan warna coklat dibandingkan berwarna kuning karena kebutuhan olahan makanan yang memerlukan pewarna coklat. Selain itu untuk melihat efektivitas dari proses sosialisasi, maka juga dilakukan penyebaran kuisisioner evaluasi kegiatan dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil evaluasi kegiatan sosialisasi

Berdasarkan kuesioner evaluasi kegiatan yang telah dilakukan, pertanyaan nomor 1 semua responden menganggap besar manfaat teknologi evaporator yang diperoleh sangat baik dengan memberikan poin 5 pada pertanyaan kuesioner nomor 1, pada kuesioner nomor 2 semua responden memberikan pernyataan sangat baik dengan memberikan poin 5 pada kemudahan dalam penggunaan alat, produk yang dihasilkan, layout instalasi teknologi, dan pendampingan dalam penggunaan teknologi evaporator. Selanjutnya pada kuesioner nomor 3 semua responden memberikan penilaian baik pada kejelasan dari tujuan teknologi evaporator, untuk pertanyaan kuesioner nomor 4 semua responden memberikan penilaian baik untuk teknologi evaporator yang membantu pekerjaan pengolahan gula merah. Kemudian pada kuesioner nomor 5 semua responden memberikan penilaian baik untuk fasilitas yang diberikan dari transfer teknologi dan pada pertanyaan nomor 6 semua responden memberikan penilaian sangat baik atas kepuasan yang diperoleh dari transfer teknologi evaporator yang diberikan.

Selanjutnya kesan responden terkait pelaksanaan sosialisasi,

reponden menyebutkan benefit dari penggunaan teknologi evaporator dalam pengolahan gula merah yaitu lebih mudah dan lebih cepat dalam pemasakan gula merah, gula merah yang dihasilkan lebih baik, lebih seragam, dan kuantitas yang diperoleh meningkat, serta dapat meningkatkan pendapatan. Selanjutnya saran untuk transfer teknologi evaporator dalam pengolahan merah yaitu perlunya dilakukan pengujian kadar gula (nira) sebelum dilakukan pengolahan.

Kegiatan Pendampingan dan Evaluasi

Kegiatan pendampingan, monitoring dan evaluasi juga dilakukan oleh tim kegiatan pengabdian kepada masyarakat mulai dari sebelum alat dibuat sampai alat selesai dibuat untuk memastikan proses pemasangan mainhole dan perpipaan yang dilakukan di UKM Gula Merah berjalan dengan lancar. Kegiatan monitoring juga dilakukan melalui komunikasi dengan ketua UKM Gula Merah secara rutin setiap minggunya. Berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi yang telah dilakukan, diperoleh informasi bahwa proses pengiriman mainhole dan perpipaan ke mitra mengalami keterlambatan. Namun demikian, koordinasi antara tim dan bengkel pembuatan alat yang baik, sehingga proses pemasangan mainhole dan perpipaan pada MEE tidak melebihi batas waktu yang telah ditentukan.

Selain itu, hasil pendampingan juga menunjukkan bahwa proses pembuatan gula merah menggunakan MEE ini masih belum dapat dilakukan dikarenakan belum adanya

sambungan perpipaan antara semua komponen mesin diluar sambungan antara evaporator dan perbaikan mesin boiler. Oleh karena itu kegiatan pengabdian ini tidak hanya berhenti pada tahap ini saja, melainkan perlu dilakukan beberapa kegiatan pengabdian dari sumberdana multi tahun. Selanjutnya juga perlu perhitungan dan simulasi secara tepat neraca massa untuk menyusun menentukan variable bahan yang masuk sehingga dapat diketahui produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan (Putranto, dkk, 2020). Selain simulasi kerja MEE, maka perlu dilakukan trial dan optimasi proses pada proses evaporasi vakum menggunakan respon surface methodology (Hendrawan dkk, 2016) atau Particle Swarm Optimization (Oktavian *et al.*, 2019) untuk menghasilkan produk gula merah yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan, pengerjaan mesin dan pemasangan perpipaan yang dibutuhkan dalam pembuatan gula merah sudah dilaksanakan dengan adanya 3 unit mainhole evaporator, pelapisan isolator dan system perpipaan yang dipasang pada UKM Gula Merah Kec. Ploso klaten Kab. Kediri. Kemudian dari hasil perhitungan teoritis dan pengujian viskositas yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil desain layak untuk dilaksanakan dalam proses pembuatan gula merah skala industri. Partisipasi mitra sangat bagus dan dapat memahami secara menyeluruh terhadap proses

pembuatan gula merah untuk skala industry, yang dibuktikan dengan skor hasil rata-rata tingkat pemahaman dari pertanyaan di kuisisioner rata-rata 93,4%.

Secara umum kendala yang terdapat pada proses pengabdian masyarakat ini dapat diselesaikan dengan baik berkat kerjasama dan komunikasi yang intensif dengan mitra. Namun demikian, upaya selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu membuat sambungan perpipaan antara semua komponen mesin yang digunakan dalam pembuatan gula merah, melakukan uji coba dan optimalisasi terhadap produk gula merah di UKM Gula Manis Kec. Ploso klaten Kab. Kediri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Brawijaya (LPPM UB) yang telah membantu kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini melalui program Doktor Mengabdikan dengan kontrak Nomor703.36/UN10.C10/PM/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Riza, D F, Agro B D, Hermanto M B. 2012. Desain Multi Effect Evaporator dengan Menggunakan Excel Add-in dan Solver. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*. UB Malang, 1-6.
- Argo, B.D., Putranto, A.W., Lestari, A, Ramadhan, F., Oktavian, R., Wihandika, R.C. 2020. Multi Effect Evaporator Design Calculation for Brown Sugar Production using Computational

- Fluid Dynamics. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 9(3), 87-90. DOI: 10.35940/ijitee.C1019.0193S20
- Chhabra, R., Shankar, V. 2018. Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 1A: Fluid Flow: Fundamentals and Applications, Seventh Edition, Section: Pumping Fluids. *Butterworth-Heinemann*. DOI: 10.1016/B978-0-08-101099-0.00008-2.
- Geankoplis, C.J. 2018. Transport Processes and Separation Process Principles, fifth edition. *USA: Pearson Education*.
- Hendrawan, Y., Susilo, B., Putranto, A.W., Al Riza, D.F., Maharani, D.M., Amri, M.N. 2016. Optimasi Dengan Algoritma RSM-CCD Pada Evaporator Vakum Waterjet Dengan Pengendali Suhu Fuzzy Pada Pembuatan Permen Susu. *Agritech*. 36 (2), 226-232. <https://doi.org/10.22146/agritech.12868>
- Muhlisin, A., Hendrawan, Y., Yulianingsih, R. 2015. Uji Performansi dan Keseimbangan Massa Evaporator Vakum Double Jacket Tipe Water Jet dalam Proses Pengolahan Gula Merah Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(1), 24-36
- Nurhadi, A. 2018. *Preferensi Konsumen Gula Kelapa di Pasar Godean Kabupaten Sleman*, Yogyakarta. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Oktavian, R., Wibowo, A.A., Fitriah, Z. 2019. Study on Particle Swarm Optimization Variant and Simulated Annealing in Vapor Liquid Equilibrium Calculation. *Reaktor*. 19(2), 76-82. <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.19.02.77-83>.
- Putranto, A.W., Puspaningarum, F, P., Sukardi, S. 2020. Analisis Neraca Massa Dan Senyawa Kimia Asap Cair Grade C Menggunakan Cyclone Separator. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 21(2), 69-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.02.1>
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abott, M.M., Swihart, M. T., 2017. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, eight editions. *London: McGraw-Hill*.