Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri
Vol. 02, No.01, Hlm.36-52, 2021
ISSN 2722-0184, e-ISSN 2722-0192

Sistem Produksi Bersih dan Terintegrasi Untuk Pengolahan Kopi Lampung untuk Meningkatkan Daya Saing dan Mutu Produk

Suryadiwansa Harun*, Arinal Hamni, Gusri Akhyar Ibrahim, dan Yanuar Burhanuddin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Gedung H F.T, Jalan Prof. Sumantri Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145.

*E-mail: suryadiwansa.harun@eng.unila.ac.id.

Abstrak

Permasalahan utama UKM kopi Lampung adalah rantai produksinya panjang, mesin atau peralatan pengolahannya masih konvensional dan tidak ramah lingkungan. Akibatnya, produk kopi yang dihasilkan berkualitas rendah, yaitu biji kopi memiliki kadar air hanya 18%, banyak pecah, tidak bersih dan tidak seragam. Juga energi fosil dan bahan bakar kayu dominan digunakan dalam lini produksi kopi sehingga tidak ramah lingkungan. Konsep produksi bersih dan sistem terpadu pengolahan kopi Lampung diterapkan, guna menjadikan industri kopi Lampung sebagai penghasil produk kopi berkualitas dan berdaya saing tinggi, serta ramah lingkungan. Penerapan konsep ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pertama membuat model sistem produksi kopi. Tahap kedua menerapkan model ke dalam lini pengolahan kopi. Tahap terakhir mengevaluasi model yang telah diterapkan melalui penelitian untuk menyempurnakan model sistem produksi kopi. Sistem produksi kopi Lampung telah diterapkan dan diperoleh hasil yaitu biji kopi dapat dikeringkan hingga kadar air 12,5% dengan waktu pengeringan sekitar 30 jam dan biji kopi yang dikupas tidak pecah. Biji kopi yang dihasilkan berukuran seragam dan bersih. Selain itu, limbah kopi dapat diubah menjadi energi panas melalui reaktor gasifikasi, yang suhunya sekitar 500°C dan alirannya terus menerus, sehingga dapat digunakan untuk mengeringkan dan memanggang biji kopi. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya peningkatan kualitas biji kopi sehingga UKM kopi diharapkan memiliki posisi tawar dan daya saing yang lebih baik dalam perdagangan kopi guna meningkatkan perekonomiannya. Selain itu, substitusi bahan bakar fosil dan kayu bakar menjadi energi panas yang berasal dari gasifikasi limbah kopi berpotensi menurunkan biaya produksi dan menciptakan kelestarian lingkungan.

Kata kunci: sistem produksi kopi,bersih, terintegrasi, kopi lampung,,dan gasifikasi limbah kopi

1. Pendahuluan

Salah satu komoditas agroindustri unggulan utama Propinsi Lampung yang menjadi produk unggulan daerah adalah kopi. Telah dicanangkan oleh pemerintah daerah melalui program unggulan nasional bahwa Provinsi Lampung sebagai penghasil kopi sedang berupaya untuk memenuhi kebutuhan kopi nasional dan ekspor. Produksi kopi robusta dari daerah Lampung mencapai rata-rata 140.000 ton setiap tahun atau sekitar 62% dari produksi kopi robusta nasional (Harun, 2012)

Umumnya produk kopi di Propinsi Lampung dijual sebagai kopi primer untuk pasar ekspor, hanya sebagian dari kopi dijual dalam bentuk kopi sekunder (bubuk kopi). Padahal, pengolahan kopi primer menjadi bubuk atau turunannya memberikan nitai tambah (*added value*) yang selanjutnya memberikan keuntungan secara ekonomi. Potensi pengembangan kopi bubuk Lampung semakin terbuka lebar, karena ditunjang oleh potensi daerah dan prospek dimasa yang akan datang. Kondisi ini dapat dijelaskan, yaitu (1) Ekspor kopi bubuk olah produk Indonesia saat ini baru mencapai 3–4% dibandingkan kopi primer, (2) Jumlah penduduk Indonesia yang hampir mencapai 240 juta, dimana kecenderungan komsumsi kopi

bubuk oleh khususnya kaum muda meningkat karena gaya hidup, berpotensi besar menjadi pasar kopi bubuk terbesar, (3) Industri pengolahan kopi bubuk skala kecil (UKM) di daerah Lampung, jumlahnya masih sedikit, teknologinya masih konvensional, sehingga berpotensi besar untuk dikembangkan.

Selama ini proses produksi kopi Lampung yang dihasilkan oleh produsen kecil (IKM) umumnya masih dilakukan secara konvensional dan terpisah antara proses pengolahan biji kopi primer dan sekunder. Proses pengolahan kopi primer umumnya dilakukan pada tingkat petani, dimana secara berurutan prosesnya adalah pengeringan dengan sinar matahari hingga mencapai kandungan kadar air 25%, proses pengupasan kulit buah, pengeringan lanjutan sehingga kandungan kadar air 12% dan proses penyortiran (Mulato,1997).

Sementara itu, proses pengolahan kopi sekunder adalah proses penyanggraian, pendinginan, pengilingan menjadi bubuk kopi, pengepakan dan pengemasan serta pemasaran. Bagaimanapun, rantai proses produksi kopi Lampung seperti dijelaskan di atas sesungguhnya masih panjang. Proses pengeringan biji kopi basah (kadar air 60%) menjadi 12,5% membutuhkan dua kali proses dengan lama pengeringan sekitar 2 sampai 3 minggu (BPPD Pertanian, 2008).

Pengeringan biji kopi yang lama disertai suhu pengeringan yang tidak dikontrol dapat mengalami proses kimia yang bisa menurunkan mutu kopi. Selain itu, fasilitas produksi untuk pengolahan biji kopi masih terbatas dan boros energi fosil. Hal ini berakibat mutu kopi olahan yang kurang terkontrol dan biaya produksi menjadi tinggi. Di sisi yang lain, limbah hasil pengolahan kopi masih cukup banyak yang terbuang. Padahal limbah kopi berpotensi untuk dimaanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk menjalankan peralatan atau mesin pengolahan biji kopi.

Dalam rangka mengatasi permasalahan produsen kecil kopi tersebut di atas, maka konsep penerapan teknologi dengan membangun suatu sistem produksi bersih (*green production*) kopi Lampung yang terintegrasi untuk skala industri kecil diterapkan. Dalam konsep ini, proses produksi kopi primer dan sekunder diintegrasikan dengan tujuan memotong rantai produksi yang panjang, menyediakan kebutuhan energi berbasis limbah kopi secara mandiri, dan mewujudkan proses produksi yang ramah lingkungan. Dengan penerapan konsep ini diharapkan bahwa produk yang dipasarkan oleh IKM Kopi diperoleh dari hasil serangkaian proses yang efisien, produktif dan ramah lingkungan. Dengan demikian IKM Kopi akan mendapatkan nilai tambah berupa insentif peningkatan harga dan jaminan pasar yang memadai.

2. Metodelogi

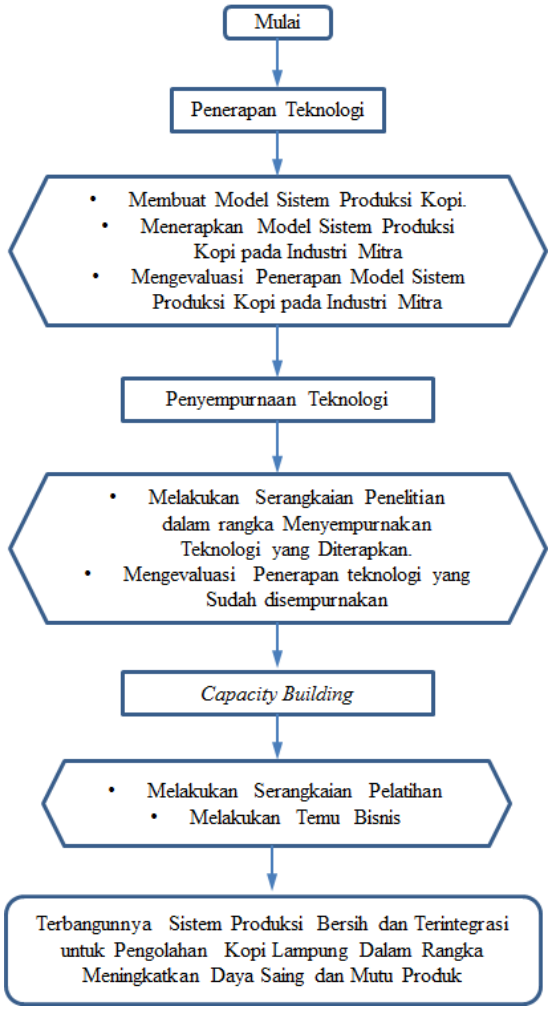
Inovasi sistem produksi kopi ini diterapkan pada tiga lokasi yang berbeda, yaitu (1) UKM Kopi Tulen, Sumberjaya sebagai lokasi pabrik tempat model sistem produksi diterapkan sekaligus tempat penelitian lapangan, (2) Universitas Lampung sebagai tempat melakukan proses perancangan dan beberapa pengujian, serta (3) Industri Alsintan Muara Metro sebagai tempat pembuatan peralatan dan mesin.

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir rancangan kegiatan. Kegiatan ini dimulai dengan penerapan teknologi pada industri kopi mitra melalui beberapa kegiatan, yaitu (1) membuat model sistem produksi atau pengolahan kopi yang bersih dan terintegrasi, (2) menerapkan model sistem produksi itu pada industri kopi mitra melalui beberapa kegiatan, yaitu :

- membuat model sistem produksi atau pengolahan kopi yang bersih dan terintegrasi,
- menerapkan model sistem produksi itu pada industri kopi mitra dengan melengkapi sistem produksi kopi yang telah dibuat dengan peralatan atau mesin

pengolahan melalui proses rancang bangun, dan,

- mengevaluasi penerapan model sistem produksi kopi pada Industri Mitra.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Program

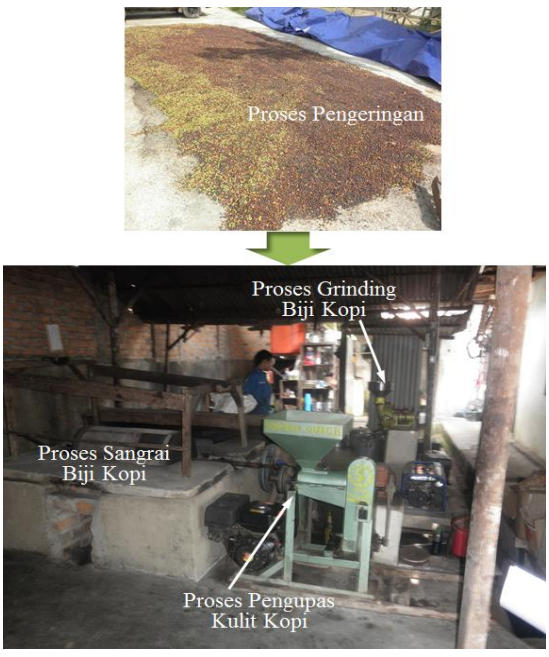
Setelah kegiatan penerapan teknologi, selanjutnya dilakukan kegiatan penyempurnaan teknologi yang sudah diterapkan melalui serangkaian kegiatan penelitian. Selain kegiatan penerapan teknologi, kegiatan *capacity building* juga dilakukan dalam rangka keberlanjutan kegiatan bisnis industri mitra ke depan. Hanya saja, pembahasan mengenai *Capacity Building* belum dibahas pada tulisan ini. Hasil yang ditargetkan dari seluruh rangkaian kegiatan ini adalah (1) terbangunnya industri pengolahan kopi baik biji maupun bubuk yang bersih dan terintegrasi, (2) 90% dari biji kopi yang dikupas tidak pecah, (3) kadar air biji kopi yang dikeringkan sekitar 12%, (4) terklasifikasinya biji kopi berdasarkan ukuran, (5) bentuk kemasan yang baik, dan (6) kemandirian energi untuk menjalankan aktivitas proses pengolahan kopi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penerapan Teknologi

3.1.1. Model Sistem Produksi Bersih dan Terintegrasi untuk Pengolahan Kopi

Gambar 2 memperlihatkan sistem pengolahan kopi yang dilakukan oleh industri mitra sebelum penerapan teknologi. Buah kopi hasil panen dikeringkan dengan sinar matahari selama kurang lebih 3 minggu dan dalam prosesnya buah kopi disimpan dalam kondisi lembab bila malam hari atau kondisi hujan. Bagaimanapun, proses pengeringan yang terlalu lama disertai penyimpanan biji kopi yang tidak baik berakibat potensi pertumbuhan jamur penghasil okhratoksin yang dapat merusak biji kopi sehingga menurunkan mutu kopi. Buah kopi yang sudah dikeringkan diolah



Gambar 2. Sistem Pengolahan Kopi Sebelum Penerapan Teknologi

menjadi biji kopi beras dengan mesin pengupas kulit kopi berakibat potensi pertumbuhan jamur penghasil okhratoksin yang dapat merusak biji kopi sehingga menurunkan mutu kopi. Buah kopi yang sudah dikeringkan diolah menjadi biji kopi beras dengan mesin pengupas kulit kopi. Pada pengolahan ini juga menghasilkan sampah kulit kopi yang masih belum termanfaatkan. Biji kopi beras dikemas dalam karung yang selanjutnya diekspor dan sebagian diolah menjadi kopi bubuk. Umumnya pada proses pengolahan kopi bubuk, bahan bakar yang digunakan dalam proses penyangraian biji kopi adalah kayu bakar dan gas elpiji. Bagaimanapun, penggunaan kayu secara kontinyu sebagai bahan bakar akan mengancam kelestarian hutan. Sedangkan gas elpiji sebagai bahan bakar harganya cenderung meningkat sehingga biaya produksi kopi bubuk bisa tinggi. Selain itu, pada setiap stasiun pengolahan kopi mitra sebelumnya, tersedia generator listrik berbahan bakar energi fosil untuk menggerakkan mesin. Hal ini tentu saja ini pemborosan energi dan tidak ramah lingkungan. Padahal di sisi lain, sampah kopi cukup tersedia yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi murah dan ramah lingkungan.

Untuk memperbaiki proses produksi kopi mitra di atas, maka model sistem produksi kopi bersih dan terintegrasi diterapkan. Gambar 3 memperlihatkan ilustrasi model ini. Pengelompokan stasiun pengelohan kopi masih mengacuh pada proses pengolahan primer dan sekunder. Hanya saja kedua kelompok pengolahan kopi itu diintegrasikan supaya rantai pasok produksi menjadi pendek dan kemudahan dalam penyediaan energi bagi semua stasiun pengolahan. Dalam model ini, sumber energi disediakan oleh reaktor pada stasiun mesin pengering untuk kelompok pengolahan primer dan reaktor pada stasiun mesin sangria untuk kelompok pengolahan sekunder. Energi yang disediakan oleh reaktor berupa energi panas dan listrik yang diperoleh dari proses gasifikasi limbah atau sampah hasil pengolahan kopi. Penyediaan energi ini bertujuan untuk mengefisienkan kebutuhan energi sehingga ongkos produksi bisa ditekan.

Gambar 3. Sistem Pengolahan Kopi Sebelum Penerapan Teknologi

Seperti terlihat dalam gambar 3, aliran proses produksi kopi dimulai dengan pengolahan primer pada stasiun pengupasan kulit buah kopi. Proses pengupasan kulit buah kopi dilakukan secara mekanis dengan pisau pengupas karet yang besar sudut potongnya optimum, sehingga biji kopi yang dikupas tidak banyak yang pecah. Hasil pengupasan buah kopi berupa biji dan kulit buah selanjutnya dikirim ke stasiun proses pengeringan. Pada stasiun ini, proses pengeringan dilakukan dengan metode rumah pengering atap ganda dikombinasikan dengan udara panas dari hasil gasifikasi yang dilewatkan pada penukar kalor (*heat exchanger*, HE). Pengolahan primer selanjutnya adalah mengirim hasil pengeringan ke stasiun pengupas kulit kering. Mesin pengupas kulit kering akan memisahkan antara biji kopi beras dan limbah berupa kulit ari dan sisa kulit buah. Limbah atau sampah ini nantinya dipakai sebagai bahan bakar dalam proses gasifikasi dalam rangka mendapatkan energi panas dan listrik. Akhir dari proses pengolahan primer adalah menyortir biji beras dalam beberapa ukuran. Ukuran biji beras primer, yaitu ukuran biji lebih dari 6mm akan diekspor, sedangkan yang kurang dari 6mm akan diolah menjadi kopi bubuk.

Untuk memberikan nilai tambah maka proses pengolahan biji kopi menjadi bubuk harus dilakukan. Proses pengolahan ini disebut proses pengolahan sekunder dimana proses pengolahan yang pertama adalah menyangrai biji kopi beras pada mesin sangrai. Sumber energi panas untuk menyangrai biji kopi diperoleh dari proses gasifikasi limbah kopi. Setelah proses penyangraian selesai, biji kopi tersangrai dialirkan ke stasiun proses pendinginan (*tampering*) dan pembubukan. Proses pendinginan bertujuan untuk menghindari terjadinya *over roasted*. Biji kopi tersangrai yang sudah didinginkan selanjutnya diproses untuk menjadi kopi bubuk pada mesin. Proses pengolahan kopi sekunder diakhiri dengan proses pengemasan. Tujuan pengemasan adalah untuk mempertahankan aroma dan citarasa kopi bubuk selama distribusikan ke konsumen. Label kemasan diberi merek dagang Kopi Tulen yang dilengkapi dengan informasi masa kadaluwarsa, ijin dari instansi yang berwenang, label halal MUI, dan barcode.

3.1.2 Penerapan Sistem Produksi Bersih dan Terintegrasi untuk Pengolahan Kopi

Sistem produksi bersih dan terintegrasi untuk pengolahan kopi pada industri mitra diterapkan melalui kegiatan rancang bangun peralatan atau mesin yang terlibat dalam sistem produksi kopi. Berikut hasil dari rancang bangun beberapa peralatan dan mesin pengolahan kopi, baik primer maupun sekunder.

a) Mesin Pengupas Kulit Buah

Seperti diketahu bahwa aliran proses produksi kopi dimulai pada stasiun proses pengupasan kulit buah Proses pengupasan kulit buah kopi dilakukan secara mekanis. *Arrangement Design* dan hasil pabrikasi dari mesin ini bisa dilihat pada gambar 4. Teknologi spesifik yang diterapkan pada mesin pengupas kulit buah kopi ini adalah sistem pemecah biji kopi yang dirancang berbentuk selinder yang dilapisi pisau rol karet yang bersudut seperti terlihat pada gambar 4. Mesin pengupas ini dirancang berkapasitas 450kg buah kopi tiap jam ini digerakkan oleh sistem motor listrik 1,5 kW. Selain itu, mesin ini mempunyai dimesin tinggi 1200mm dan lebar 610mm, dimana dimensi itu ditentukan berdasarkan antropometri orang indonesia.

b) Pengering Rumah Matahari Atap Ganda

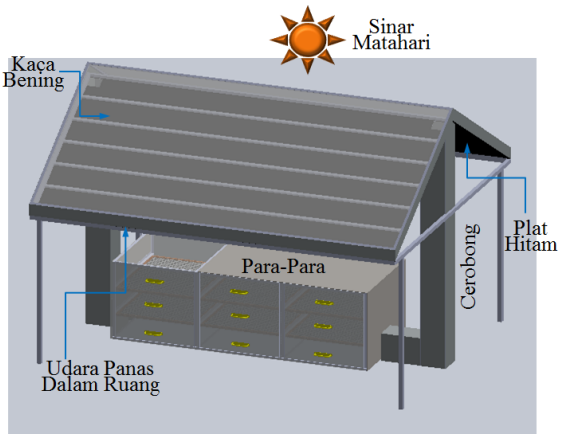
Teknologi pengeringan biji kopi yang diterapkan adalah dengan metode pengeringan matahari atap ganda menggunakan efek rumah kaca untuk memaksimalkan perbedaan suhu dengan udara sekeliling sehingga mempercepat kecepatan pengeringan. Energi matahari dapat digunakan untuk menggantikan

penggunaan bahan bakar konvensional pada pengering mekanis.

Gambar 4. Rancangan dan Pabrikasi Mesin Pengupas Kulit Buah Sistem Pisau

Keuntungan metode ini adalah pertama, atap akan menyerap radiasi insidental dari matahari dan juga mencampur radiasi yang dipantulkan atau dihamburkan matahari dan awan. Keuntungan kedua adalah atau dapat berperan menjaga kopi dari hujan. Dengan 'pengumpul atap' memungkinkan untuk menaikkan suhu sampai 30^{o}C dan intensitas matahari yang tinggi. Secara prinsip pengumpul mempunyai dua karakteristik dasar yaitu (1) Pelat hitam, untuk menyerap energi matahari, dan (2) Pensirkulasi zat alir untuk memindahkan panas dari pelat hitam ke rak pengering.

Bangunan rumah pengering atap ganda berukuran 5m x 5m, dan tinggi 3,5m (Lihat gambar 5). Seperti terlihat pada gambar 5, atap bangunan terdiri dari dua tingkat. Tingkat pertama terbuat dari pelat seng datar berwarna hitam yang bertujuan untuk mempertinggi daya serat sinar matahari, Sedangkan atap tingkat dua terbuat dari kaca bening dengan ketebalan 5mm. Kaca bening digunakan untuk melalukan sinar matahari menyinari pelat hitam, sehingga udara di dalam ruangan (di antara dua atap) akan panas (suhu meningkat). Udara panas inilah selanjutnya dialirkan melalui cerobong yang dilengkapi kipas untuk mengeringkan biji kopi pada ruang pengering para-para (Ilmi,2014).



Gambar 5. Rumah Matahari Atap Ganda

c) Mesin Sortasi

Sebelum diolah menjadi bubuk atau diekspor, biji kopi beras harus disortasi berdasarkan ukurannya, yaitu lebih besar dari 6mm untuk merek *fancy select* (premium) yang diperuntukkan bagi pasaran ekspor serta lebih kecil dari 6mm dikonversi menjadi produk kopi bubuk. Rancangan dan hasil pabrikasi dari mesin sortasi ini bisa dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Rancangan Mesin Sortasi dan Hasil Pabrikasinya

Mesin sortasi biji kopi beras yang dibuat berkapasistas 1000 kg/jam dengan daya motor hanya 750kW. Sistem kerja alat sortasi ini adalah (1) biji kopi beras dimasukan ke dalam corong mesin dan mengalir pada ruang yang mempunyai mesh berukuran 5cm (ruang pertama), (2) Mesin diputar dengan kecepatan tertentu sehingga biji kopi yang berukuran kecil/sama dengan 5cm akan masuk ke dalam lubang dan jatuh pada penampungan, (3) Mesin diputar secara berterusan sehingga biji kopi yang berukuran lebih besar dari 5cm akan bergerak turun menuju ruang kedua, (4) Juga, biji kopi yang berukuran kecil/sama dengan 6cm akan jatuh pada penampungan sedangkan yang lebih besar dari 6cm akan bergerak menuju bagian ketiga, (5) Pada ruang terakhir atau ketiga, biji yang berukuran lebih kecil dari 7cm akan jatuh pada penampungan, dan hanya tertinggal biji kopi yang berukuran besar dari 7cm. Proses sortasi dilakukan secara berterusan hingga semua biji kopi keluar dari tabung mesin sortasi.

d) Mesin Integrasi Sangrai dan Reaktor

Proses sangrai biji kopi beras dilakukan pada stasiun penyangraian dengan jenis mesin rotari yang diintegrasikan dengan reaktor, lihat Gambar 7. Biji kopi beras disangrai dalam tabung silinder penyangrai. Sumber panas untuk menyangrai biji kopi beras diperoleh dari pembakaran limbah kopi dalam reaktor (sistem gasifikasi *updraft pyrolisis*). Kapasitas reaktor dapat menampung limbah kopi sebanyak 50kg dengan estimasi penghasilan *syngas* sekitar 3jam. Sistem kerja reaktor gasifikasi ini diawali dengan memasukan bahan limbah kopi ke tabung reaktor untuk pembakaran. Kemudian bahan limbah kopi dibakar untuk mendapatkan gas yang kemudian disalurkan melalui pipa ke dalam *burner* yang terbuat dari pipa tembaga berlubang dengan ukuran yang kecil. *Burner* diletakkan dalam ruang bakar yang diselimuti oleh silinder penyangrai yang berputar.

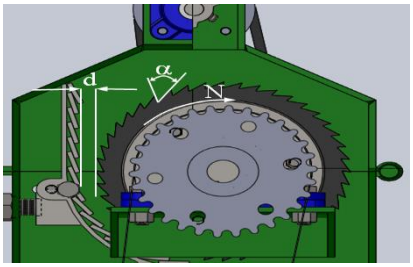
Gambar 7. Integrasi mesin sangrai dengan

3.1.3.Evaluasi Penerapan Sistem Produksi Bersih dan Terintegrasi untuk Pengolahan Kopi

Penerapan teknologi pada sistem produksi kopi harus dievaluasi dalam rangka menyempurnakan model sistem produksi ini. Berikut ini hasil evaluasi penerapan teknologi pada beberapa stasiun pengolahan kopi.

a) Evaluasi Pengupasan Buah Kopi

Untuk mengetahui unjuk kerja teknologi mesin pengupas buah kopi dengan sistem pisau karet maka dilakukan serangkaian pengujian. *Setup* atau pengaturan parameter pengujian meliputi putaran putar pisau, N yang diambil maksimum dengan putaran 1400rpm. Jarak pisau stator dan rotor, d diatur dengan jarak 5, 7, dan 9mm. Serta, sudut potong pisau α dibuat konstan dengan sudut 60deg. Gambar 8 memperlihatkan parameter yang diuji. Pengujian dilakukan dengan mengupas 1kg buah kopi basah, kemudian hasilnya dihitung prosentasi jumlah biji kopi yang pecah. Biji kopi yang pecah definisinya adalah kulit ari biji kopi tersebut terkupas dan biji kopi terbelah menjadi 2 bagian atau lebih.



Gambar 8. Parameter Pengujian Mesin Pengupas Buah Kopi

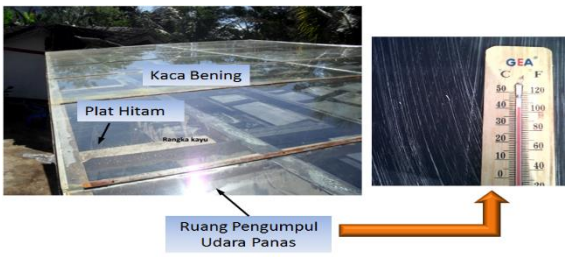
Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1. Pada pengujian pengupasan buah kopi dengan parameter uji putaran pisau 1400rpm, sudut pisau 60^o dan jarak pisau masing-masing 5 dan 7mm, sebagian besar buah kopi yang dikupas bijinya pecah. Sedangkan ketika jarak pisau diubah menjadi 9mm dan parameter uji yang lain tetap, tidak ada biji kopi yang pecah. Hanya saja, sebagian besar biji kopi dan cangkangnya masih menyatu. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa target jumlah biji kopi yang tidak pecah lebih dari 90% belum tercapai. Oleh karena itu penelitian lanjutan perlu dilakukan.

Tabel 1. Hasil pengupasan dari sudut silinder pengupas 60^0 dan putaran pisau 1400rpm

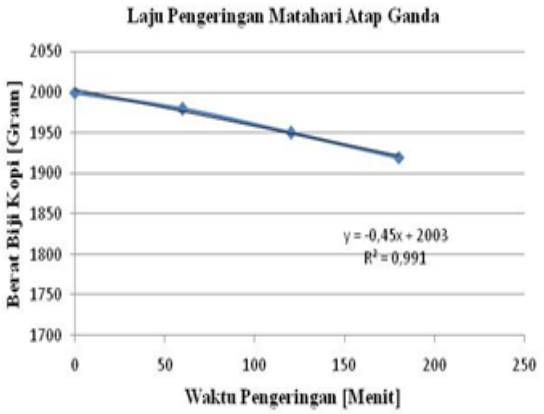
Jarak pisau (mm)	Hasil	%
5	Biji kopi pecah	90
7	Biji kopi pecah	50
9	Biji kopi pecah	0

b) Evaluasi Pengering Biji Kopi

Serangkaian pengujian unjuk kerja sistem pengering matahari atap ganda dilakukan saat matahari terik sekitar jam 10 sampai dengan 14 siang dan suhu lingkungan berkisar 32^{o}C. Pengujian pertama adalah mengukur kehilangan panas (*heat loss*) antara ruang pengumpul udara panas (lihat Gambar 9) dengan ruang pengering para-para. Hasil pengukuran suhu dengan termometer menunjukkan suhu panas pada ruang pengumpul udara panas berkisar 40^{o}C, sedangkan suhu rata-rata dalam ruang pengering yang berkisar 38^{o}C. Ini menunjukkan bahwa telah terjadi kehilangan panas sekitar 2^{o}C antara ruang pengumpul udara panas dengan ruang pengering biji kopi (para-para). Selanjutnya pengujian kedua adalah laju pengeringan biji kopi. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel 2 kg biji kopi basah dan mengukur beratnya tiap 1 (satu) jam pengeringan. Gambar 10 menunjukkan grafik laju pengeringan biji kopi dengan sistem pengering matahari atap ganda. Dari laju pengeringan matahari atap ganda dapat diketahui bahwa pengeringan biji kopi basah (kadar air 60%) menjadi kadar air berkisar 12.5% dibutuhkan waktu sekitar 60 jam dan jika waktu pengeringan tiap hari diasumsikan rata-rata 4 jam maka waktu pengeringan sekitar 15 hari. Jika dibandingkan dengan pengeringan biji kopi secara konvensional, maka perbedaan waktu pengeringan tidak terlalu signifikan. Hanya saja proses pengolahan ini dapat menjamin kebersihan dan higenis serta pengeringan biji kopi yang seragam. Bagaimanapun, penelitian lebih lanjut dalam rangka memperpendek waktu pengeringan biji kopi akan dilakukan.



Gambar 9. Suhu Udara Panas Ruang Pengumpul

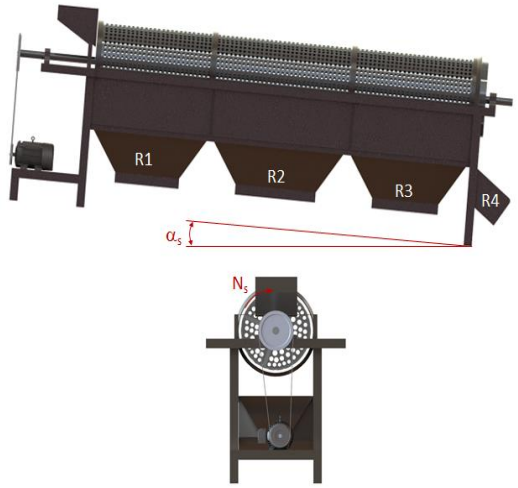


Gambar 10. Grafik Laju Pengeringan Biji Kopi dengan Sistem Pengering Matahari Atap Ganda

c) Evaluasi Pemilahan Biji Kopi

Pengujian unjuk kerja mesin sortasi dilakukan untuk mengetahui keseragaman ukuran biji kopi yang terpilah dalam ruang yang sudah ditentukan, lihat Gambar 11. Pengaturan parameter pengujian meliputi putaran ayakan, N_s yang diatur dengan

putaran 50, 30, 20rpm. Sudut kemiringan mesin, α_s juga diatur dengan sudut 0, 10, dan 20deg. Gambar 11 juga memperlihatkan parameter yang diuji. Pengujian dilakukan dengan memilah 10kg biji kopi beras, kemudian pada setiap ruang diambil sampel biji kopi (tiga kali pengambilan sampel) untuk diukur keseragamannya menggunakan jangka sorong.



Gambar 11. Parameter Setup pada Mesin Sortasi

Hasil pengujian pemilahan biji kopi diperlihatkan pada Tabel 2. Dari hasil pengujian pemilahan biji kopi ini, terlihat bahwa parameter pemilahan yang terbaik ketika putaran ayakan 20rpm dan sudut kemiringan ayakan 10deg., dimana biji kopi terdistribusi pada masing-masing ruang dengan ukuran biji yang seragam. Hanya saja, biji kopi masih bercampur dengan kotoran khususnya pada ruang pertama. Walaupun demikian. hasil yang dicapai ini sudah memenuhi target bahwa biji kopi beras dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran sehingga memudahkan dalam negosiasi kontrak dengan importer dalam menentukan harga yang terbaik.

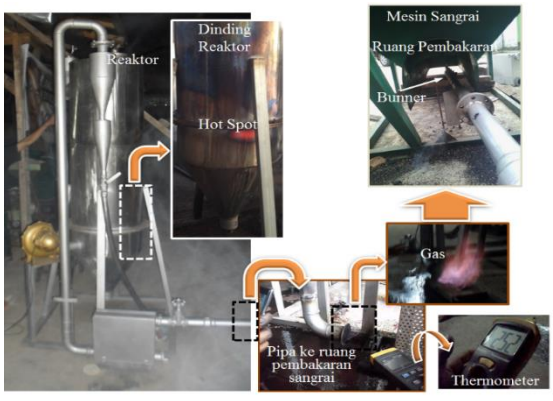
Tabel 2. Hasil pemilahan biji kopi setiap ruangan.

N_s rpm	α_s deg.	Hasil/Keterangan			
		R I ≤ 5	R2 ≤ 6	R 3 ≤ 7	R4 ≥ 7
20	0	S, CK	S, CK	S	K
20	10	S, CK	S	S	S
20	20	S, CK	TS	TS	TS
30	0	S, CK	S, CK	S	BKS
30	10	S, CK, BKS	TS	S	S
30	20	S, CK, BKS	TS	TS	TS
50	0	S, CK	S, CK	S, CK	TS, CK
50	10	S, CK, BKS	TS, CK	TS, CK	TS, CK
50	20	CK, BKS	TS, CK, BKS	TS, CK	TS, CK

Keterangan: R1=Ruang I; R2=Ruang II; R3=Ruang 3; dan R4=Ruang 4 (diujung ayakan) S=Seragam; TS=Tidak Seragam; CK= Campur Kotoran; BKS=Biji Kopi Sedikit: K=Kosong

4. Evaluasi Penyangraian Biji Kopi

Evaluasi proses penyangraian biji kopi beras dilakukan pada mesin sangrai jenis *rotary* yang terintegrasi dengan reaktor gasifikasi. Integrasi antara reaktor dengan ruang pembakaran mesin sangrai menjadi fokus utama dalam evaluasi ini. Reaktor yang digunakan untuk menghasilkan gas api dan ruang pembakaran mesin sangrai serta titik pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Lokasi Pengukuran Suhu

Pengujian yang dilakukan pada reaktor ini meliputi (1) mengukur kehilangan panas antara bagian dalam reaktor dengan dinding luar reaktor, (2) Menghitung lama penghasilan syngas, (3) Mengukur suhu yang keluar dari reaktor. Sedangkan pengujian pada ruang pembakaran adalah suhu gas dan kontinyuitas gas yang keluar dari bunner. Selain itu, lama waktu penyangraian juga diukur.

Pengaturan parameter pengujian meliputi bahan bakar sekam kulit kopi sebanyak kapasitas reaktor yaitu 50kg. Sedangkan asupan udara diatur pada tegangan blower 175V. Untuk mengetahui kehilangan panas reaktor maka dilakukan perbandingan suhu pada dinding reaktor dengan suhu dalam reaktor ketika penghasilan *syngas*. Secara teori pembentukan *syngas* dalam reaktor terjadi ketika suhu mencapai 800 – 1000^{o}C. Suhu yang terukur dengan alat ukur suhu thermometer pada dinding reaktor adalah 640^{o}C. Hasil pengukuran ini menunjukkan panas yang hilang dari ruang reaktor dan perpindah ke dinding reaktor cukup tinggi. Selanjutnya dilakukan pengukuran suhu pada ujung pipa yang menuju ruang pembakaran mesin sangrai, dimana suhu yang terukur sebesar 252^{o}C. *Syngas* (Gas) yang dihasilkan tidak kontinyu dan warna apinya merah. Hal ini bisa disebabkan oleh suhu dalam ruang reaktor berkurang akibat kehilangan panas sehingga suhu yang keluar dari pipa reaktor juga rendah. Selain itu, *hot spot* juga timbul akibat perpindahan panas dengan suhu yang tinggi pada dinding reaktor. *Hot spot* juga timbul akibat lambatnya sirkulasi aliran udara ke atas reaktor diakibatkan padatnya density bahan bakar sampah kopi sehingga panas terakumulasi dibagian pembakaran (bagian bawah reaktor). Akibat suhu gas rendah yang menuju ruang pembakaran, suhu yang terukur pada bunner yang berfungsi untuk menyangrai biji kopi juga rendah, yaitu sekitar 150-175^{o}C, disertai aliran gas tidak kontinyu. Hal ini menyebabkan lama waktu penyangraian tidak dapat diukur.

Bagamanapun, permasalahan yang timbul di atas harus dicarikan solusinya karena fungsi reaktor pada proses pengeringan dan penyangraian sangatlah penting. Berikut ini rekomendasi yang diperlukan untuk menyempurnakan fungsi reaktor, yaitu:

- Pipa gasnya diletakkan sedekat mungkin dengan mesin sangrai dan diisolasi untuk mengurangi panas yang hilang (*heat loss*).
- Membuat pipa distribusi udara dalam tabung reaktor untuk memperlancar udara pada daerah konsentrasi panas sehingga area *hot spot* bisa hilangkan atau dikurangi.
- *Feeder* dilengkapi motor DC untuk memudahkan umpan bahan bakar ke dalam ruang reaktor.
- Memperbesar ruang kontrol untuk memudahkan pemanasan awal dan pembuangan kerak limbah.

3.2. Penyempurnaan Teknologi.

Dari serangkaian hasil evaluasi yang sudah dilakukan, ada beberapa permasalahan dari teknologi yang sudah diterapkan itu yang perlu diatasi melalui beberapa penelitian. Berikut ini adalah uraian tentang beberapa penelitian yang dilakukan dalam rangka menyempurnakan teknologi yang diterapkan.

3.2.1. Optimasi Sudut Pisau Pengupas

Dari hasil evaluasi pengupasan buah kopi basah telah diketahui bahwa buah kopi yang dikupas sekitar 90% bijinya pecah. Sudut pisau pengupas adalah salah satu parameter pengupasan yang penting selain gap antara pisau rotor dan stator. Derajat sudut pisau yang kecil menyebabkan mata pisau menjadi tajam sehingga biji kopi memungkinkan ikut terbelah. Di sisi yang lain, derajat sudut pisau yang besar juga memungkinkan biji kopi pecah karena besarnya gaya gesek akibat mata pisau yang tumpul. Oleh karena itu, optimasi sudut pisau pengupas perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahn banyaknya biji kopi yang pecah.

Pengaturan parameter pengujian untuk optimasi sudut pisau potong ini meliputi variasi besaran sudut pisau potong yang dipilih, yaitu 30, 45, dan 60deg. Sedangkan parameter yang

lain adalah sama dengan ketika dilakukan evaluasi sebelumnya. Hasil dari pengujian diperlihatkan pada tabel 3 dan 4 untuk besaran sudut pisau potong masing-masing 45 dan 60deg. Sedangkan hasil pengujian untuk besaran sudut potong 30deg sudah diperoleh pada saat dilakukan evaluasi sebelumnya, seperti terlihat pada tabel 1.

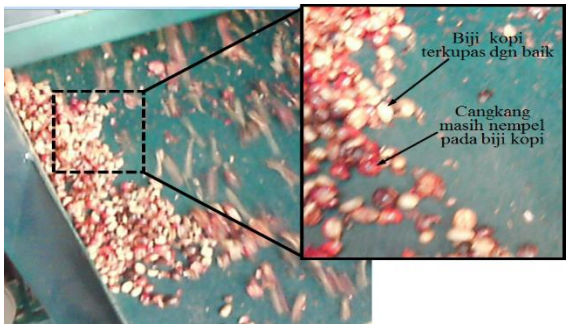
Tabel 3. Hasil pengupasan dari sudut silinder pengupas 45^0 dan Putaran Pisau 1400rpm

Jarak pisau (mm)	Hasil	%
5	Biji kopi pecah	75
7	Biji kopi pecah	0
9	Biji kopi pecah	0

Tabel 4. Hasil pengupasan dari sudut silinder pengupas 60^0 dan Putaran Pisau 1400rpm

Jarak pisau (mm)	Hasil	%
5	Biji kopi pecah	90
7	Biji kopi pecah	50
9	Biji kopi pecah	0

Menurut Hamni, dkk (201), dari pengujian diketahui bahwa hasil yang terbaik diperoleh ketika parameter pengupasan diatur dengan besaran sudut pisau pengupas sebesar 45deg dan jarak pisau atau gap antara pisau rotor dan stator adalah sama dengan 7mm, dimana biji kopi yang dikupas tidak ada yang pecah, walaupun sebagian kecil biji kopi masih menempel dengan cangkangnya (lihat Gambar 13). Ketika parameter pengupasan diatur pada semua besaran sudut pisau pengupas dan jarak pisau adalah 9mm, buah kopi yang dikupas bijinya juga tidak ada yang pecah, tapi biji dan cangkang masih menyatu.

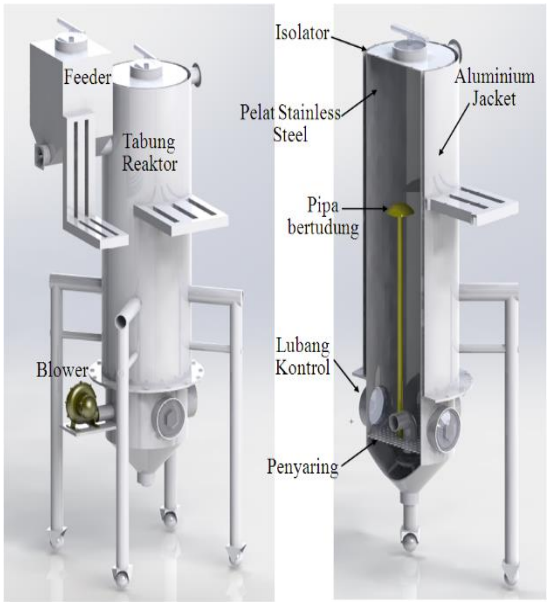


Gambar 13. Biji kopi hasil pengupasan pisau karet bersudut 45deg.

3.2.2. *Racang Bangun Ulang Reaktor Gasifikasi*

Reaktor gasifikasi mempunyai peranan yang sangat penting dalam penerapan model sistem produksi kopi ini. Sumber energi baik energi panas maupun listrik direncanakan ketersediaanya oleh reaktor gasifikasi. Oleh karena itu penelitian dalam rangka penyempurnaan teknologi reaktor gasifikasi yang diterapkan perlu dilakukan.

Langkah pertama yang dilakukan untuk menyempurnakan teknologi reaktor gasifikasi adalah merancang ulang reaktor berdasarkan rekomendasi yang diberikan. Rancangan baru reaktor dapat dilihat pada Gambar 14. Dengan kapasitas bahan baku limbah kopi seberat 50kg dan bahan baku bisa ditambah secara kontinyu melalui *feeder*, maka tabung rektor gasifikasi yang dibuat berukuran diameter 50cm dan tinggi 160cm. Dinding reaktor gasifikasi terbuat dari pelat Stainless Steel 304 dengan ukuran tebal 3 mm. Ukuran tebal ini sudah dihitung mampu menahan tekanan kerja dalam tabung sehingga material aman dari putus, belah, dan pecah.



Gambar 14. Reaktor Continues Feeder

Reaktor dirancang dengan dilengkapi isolator silica komposit dan dilapisi aluminium jaket (*jacketing*). Isolator gasifier dipilih dari jenis bahan isolasi kalsium silikat (*Silica board*) dengan ketebalan 50 mm. Bahan isolasi ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan

sebagai isolator diantaranya adalah (1) bisa digunakan pada suhu 650^{o}C s/d 1000^{o}C, (2) ringan akan tetapi memiliki struktur yang baik, (3) konduktvitas termalnya rendah, (4) tahan terhadap api, dan (5) tidak korosif. Pemilihan bahan isolasi *silica board* sangat baik, karena panas yang hilang melalui dinding isolator dapat dihitung sangat kecil yaitu sebesar 4,13 x 10^{-4}%. Selain itu, pipa bertudung juga dipasang dalam reaktor yang berfungsi memperlancar aliran udara dari ruang pembakaran atau *combustion* sehingga *hot spot* bisa dihilangkan. Setelah hasil rancangan baru reaktor selesai dipabrikasi maka selanjutnya dilakukan pengujian unjuk kerjanya. Setup pengujian unjuk kerja reaktor dapat dilihat pada Gambar 15.

Gambar 15. Setup pengujian reaktor

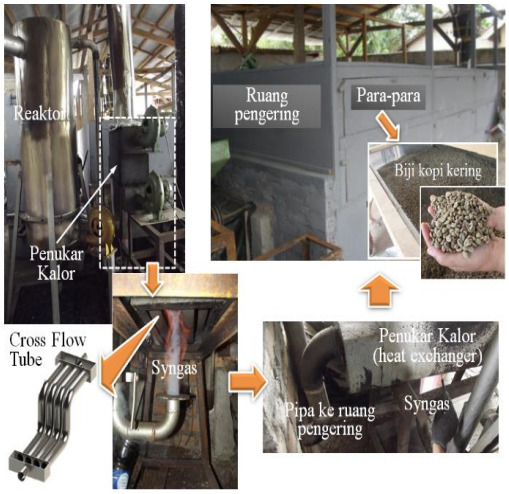
Tabel 5. Hasil pengujian reaktor *continues feeder*

No	Tegangan Blower (*volt*)	Suhu gas keluar dari reaktor (^{o}*C*)	Tinggi lidah api (*cm*)	Warna Api
1	25	-	-	-
2	50	276	40	Merah
3	75	301	50	**Biru**
4	100	367	90	**Biru**
5	125	403	110	**Biru**
6	150	439	130	**Biru**
7	175	489	150	Merah
8	200	535	165	Merah
9	225	-	-	-
10	250	-	-	-

Hasil pengujian reaktor gasifikasi ditunjukkan pada Tabel 5 (Rantaujaya, 2014). Kualitas *syngas* yang dihasilkan dapat diketahui dari warna apinya. Dari serangkaian pengujian, parameter pengujian yang terbaik adalah ketika tegangan *blower* diatur pada rentang 75-150Volt dimana syngas yang dihasilkan berwarna api biru. Sedangkan pada data dengan pengaturan tegangan *blower* diluar rentang tersebut menghasilkan kualitas syngas yang kurang baik karena warna apinya berwarna merah. Dari hasil pengujian juga diketahui bahwa jika tegangan regulator atau *blower* dibawah 50V maka gasifikasi sekam kulit kopi tidak menghasilkan syngas karena asupan udara yang kurang, tetapi jika tegangan *blower* lebih dari 200V maka api akan mati, karena asupan udara yang terlalu banyak. Suhu panas yang dihasilkan pada pipa keluar reaktor gasifikasi mencapai 276 - 535°C disertai aliran *syngas* yang keluar dari pipa luaran reaktor secara kontinyu. Juga, panjang lidah api syngas yang keluar dari mulut pipa reaktor berkisar 40–165cm. Selain itu, dengan bahan bakar limbah kopi sebanyak 50kg, lama reaktor memproduksi syngas adalah kurang lebih 3 jam. Dengan hasil ini, secara teknis reaktor yang dirancang bangun dapat diintegrasikan pada rumah pengering untuk pengeringan kopi dan mesin sangria untuk menyangrai biji kopi.

3.2.3. Integrasi Rumah Pengering Atap Ganda dengan Reaktor Gasifikasi

Penerapan teknologi rumah pengering atap ganda dengan memanfaat sinar matahari telah berhasil mengeringkan biji kopi, akan tetapi suhu udara panas yang dialirkan dalam ruang pengering masih rendah yaitu sekitar 38^{o}C. Lagi pula, intensitas panas tinggi hanya ada pada rentang waktu yang relatif pendek sekitar 4-5 jam perhari. Hal itulah yang menyebabkan lama waktu pengeringan biji kopi dari kadar air 60% menjadi 12% masih sekitar 15 hari. Untuk itu, kombinasi antara panas sinar matahari dan sistem gasifikasi diperlukan untuk mencapai suhu pengeringan yang standar (50 – 60^{o}C) sehingga waktu pengeringan biji kopi menjadi pendek. Ada tiga peralatan produksi yang perlu digabungkan, yaitu reaktor, penukar panas atau *heat exchanger*, dan rumah pengering, seperti terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Integrasi Reaktor dan rumah pengering

Selain energi matahari, energi panas yang digunakan untuk mengeringkan biji kopi berasal dari reaktor gasifikasi, yaitu syngas. Jenis reaktor yang digunakan adalah updraft yang dilengkapi pengumpan (*feeder*) bahan bakar. *Feeder* ini berfungsi untuk memasukkan bahan bakar dalam tabung reaktor ketika bahan bakar akan habis sehingga reaktor dapat menghasilkan syngas secara kontinyu. Penjelasan lebih lanjut tentang reaktor ini dapat dibaca pada pembahasan sebelumnya.

Suhu syngas yang keluar dari pipa luaran reaktor masih cukup tinggi untuk dialirkan dalam ruang pengering. Oleh karena itu, peralatan penukar kalor dibutuhkan untuk menurunkan suhu tersebut. Alat penukar kalor adalah untuk menghasilkan udara panas yang bersih (tidak terkontaminasi oleh pembakaran langsung) yang kemudian akan dialirkan ke ruang pembakaran. Syngas hasil gasifikasi digunakan untuk memanaskan udara yang ada di dalam pipa-pipa laluan. Agar udara panas yang berada di dalam pipa-pipa laluan tersebut dapat dialirkan ke ruang pengering, maka digunakan *blower* untuk mendorong udara panas ke ruang pengering. Alat penukar panas yang digunakan adalah jenis *tube cross flow*.

Berdasarkan rancangan yang telah dilakukan, dengan suhu syngas yang terukur di pipa luaran reaktor adalah sekitar 400^{o}C dan untuk menurunkan suhu itu pada level yang ideal disalurkan ke ruang pengering, yaitu 60–70^{o}C, maka panjang total pipa (*tube*) laluan adalah 4.5m jika diameter pipa yang dipilih adalah 70cm. Jumlah pipa laluan yang melintang ditentukan 4 buah dengan panjang masing-masing 1.125m sehingga ukuran penukar kalor yang dibuat adalah panjang 100cm, lebar 30cm, dan tinggi 40cm [6]. Dari pengujian reaktor dengan hasil yang ideal diketahui bahwa tinggi lidah api sekitar 100cm, oleh karena itu penukar kalor bisa disusun dua secara vertikal untuk mengakomodir pengaliran udara panas ke ruang pengering melalui cerobong yang terletak pada dua sisi dari rumah pengering atap ganda. Hal ini dilakukan supaya distribusi panas dalam ruang pengering lebih merata. Ruang pengering yang digunakan untuk menghamparkan biji kopi berukuran panjang 5m, lebar 2m dan tinggi 1,5m. Rak tempat menghamparkan biji kopi terdiri dari enam para-para. Dengan asumsi dengan tebal hamparan 6cm maka setiap meter persegi luas para-para dapat menampung 30kg biji kopi. Luas keseluruhan para-para adalah 20m^2 sehingga kapasitas pengeringan untuk satu *batch* mencapai 600 kg (biji kopi beras).

Gambar 17. Suhu syngas terukur

Setelah dilakukan pengujian diperoleh suhu syngas yang dihasilkan pada pipa keluar reaktor gasifikasi mencapai 434°C (lihat Gambar 17), sedangkan udara panas yang dihasil dari pipa-pipa penukar kalor mencapai suhu sekitar 70°C. Udara panas inilah yang kemudian dialirkan ke ruang pengering, untuk proses pengeringan biji kopi. Kapasitas penuh pembakaran pada reaktor gasifikasi bisa mencapai 3 jam untuk satu kali pengisian atau *batch*. Bahan bakar sampah kopi bisa diisi kembali melalui *continue feeder* sehingga syngas yang dihasilkan bisa kontinyu. Udara panas yang dihasilkan dengan sistem gasifikasi dapat mencapai hingga suhu 49 ^{o}C. Jika disalurkan ke ruang pengering secara merata dapat mencapai suhu 43 ^{o}C. Setelah dilakukan integrasi antara sistem pengeringan

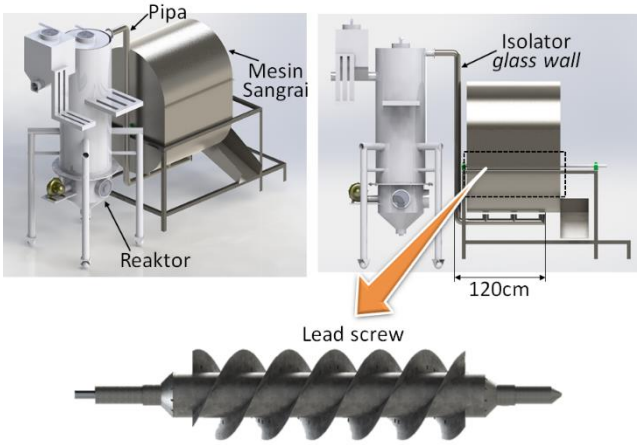
matahari dan gasifikasi, diperoleh suhu udara panas di dalam ruangan pengering mancapai 55-60ºC (Hamni dkk, 2014). Tingkatan suhu ini telah mencukupi untuk melakukan proses pengeringan biji kopi mencapai kadar air 12%. Pengeringan biji kopi mengggunakan metode pengeringan ini dapat dilakukan dalam waktu yang lebih cepat, yaitu sekitar 30 jam (Hamni dkk, 2014) dibandingkan waktu pengeringan biji kopi menggunakan panas matahari saja, yaitu kurang lebih 60 jam.

3.2.4. *Perbaikan Integrasi Mesin Sangrai dengan Reaktor Gasifikasi*

Mesin sangrai yang terintegrasi dengan reaktor gasifikasi di atas perlu dirancangbangun ulang. Alasannya karena ada beberapa permasalahan baik itu pada sistem mesin sangria maupun reaktornya. Pada sistem mesin sangria permasalahan itu diantaranya adalah (1) suhu bunner api mesin sangrai belum cukup panas untuk menggoreng biji kopi menjadi matang dalam waktu sekitar 3 jam, (2) Panjangnya pipa distribusi dari reaktor menuju ruang pembakaran, (3) Hembusan angin (udara) disekitar ruang pembakaran akibat putaran tabung silinder mesin bisa mengganggu penyalaan api pada bunner, dan (4) kualitas manufaktur mesin sangrai yang kurang baik, dimana sambungan antar komponen (sistem paku keling) kurang mampu menahan panas bersuhu tinggi. Sedangkan permasalahan pada reaktor gasifikasi dan solusi penyempurnaan atau perbaikannya sudah dijelaskan pada bagian rancang bangun ulang reaktor gasifikasi. Bentuk rancangan baru mesin sangrai terintegrasi dengan reaktor dapat dilihat pada gambar 18. Sedangkan hasil pabrikasinya terlihat pada Gambar 19. Ada beberapa perbaikan yang dilakukan pada sistem mesin sangrai, yaitu sebagai berikut:

- Panjang pipa gas dari reaktor ke bunner dibuat sesuai tinggi lidah api syngas, yaitu 120cm dan pipa diisolasi dengan *glass wall* untuk mengurangi panas yang hilang (*heat loss*).
- Tabung silinder penyangraian dibuat tidak berputar untuk menghindari hembusan udara yang dapat mengganggu penyalaan api pada bunner. Untuk menyeragamkan biji kopi tersangrai, pengaduk silinder jenis poros *lead screw* dipasang pada bagian dalam dari tabung silinder.
- Komponen mesin dan sambungannya, khususnya yang terletak di ruang pembakaran harus terbuat dari material tahan suhu tinggi.

Pada tulisan ini, pengujian unjuk kerja mesin sangrai meliputi pengujian parameter waktu dan suhu dalam rangka menghasilkan kopi roster yang terbaik belum dibahas. Itu akan dibahas pada penulisan selanjutnya.



Gambar 18. Rancangan Integrasi Reaktor dengan Mesin Sangrai

Gambar 19. Pabrikasi reaktor dan mesin sangrai

3.3 Rencana Pengembangan Sistem

Penerapan model sistem produksi bersih dan terintegrasi untuk pengolahan kopi pada Program Hi-Link ini masih menyisahkan beberapa teknologi yang belum diterapkan, tapi

akan dikembangkan untuk waktu yang akan datang. Diantaranya adalah teknologi konversi *syngas* dari reaktor gasifikasi menjadi energi listrik untuk kebutuhan peralatan dan mesin produksi. Juga, otomasi dan kontrol pada setiap stasiun proses pengolahan.

4. Kesimpulan

Telah diterapkan sistem produksi kopi yang bersih dan terintegrasi untuk pengolahan kopi lampung dalam rangka meningkatkan daya saing dan mutu produk, dimana hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Model sistem produksi kopi Lampung telah dibuat dan diterapkan dengan terpenuhinya ketersediaan mesin, peralatan bantu, dan energinya pada setiap stasiun kerja yang mampu mengolah kopi menjadi biji beras kualitas ekspor (kadar air 12.5%, tidak pecah dan bersih) dan bubuk dengan cita rasa unik (rasa coklat).
2. Biji kopi basah tidak ada yang pecah atau *reject* jika dikupas dengan pisau karet bersudut 45deg dan gap pisau rotor dan stator sebesar 7mm. Tentu saja hasil ini akan berpengaruh positip pada urutan pengolahan kopi selanjutnya
3. Biji kopi yang dikeringkan dengan metode pengeringan matahari atap ganda kombinasi sistem gasifikasi menghasilkan biji yang bersih, kadar air 12%, dan waktu pengeringan sekitar 30 jam. Hasil ini jauh lebih berkualitas jika dibandingkan sengan hasil pengeringan biji kopi secara tradisional, dimana waktu pengeringan yang lama kurang lebih 3 minggu dan itupun hanya mampu mengeringkan biji kopi sampai kadar air 18%.
4. Biji kopi beras dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran sehingga memudahkan IKM kopi dalam negosiasi kontrak dengan importir dalam menentukan harga yang terbaik.
5. Limbah kopi dapat diubah menjadi energi panas melalui reaktor gasifikasi, dimana suhunya menjapai sekitar 535°C disertai alirannya yang kontinyu, oleh karena itu secara teknis, energi ini dapat dimanfaatkan untuk mengeringkan dan menyangrai biji kopi.
6. Hasil yang diperoleh ini memperlihatkan adanya peningkatan kualitas biji kopi sehingga IKM kopi diharapkan punya posisi tawar yang baik dan berdaya saing dalam perdagangan kopi dalam rangka meningkatkan taraf ekonominya. Selain itu, subtitusi energi fosil dan kayu bakar dengan energi panas bersumber dari gasifikasi limbah kopi dapat menurunkan biaya produksi dan menciptakan kelestarian lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan hibah pengabdian kepada masyarakat (Hi-Link) Tahun 2012-2014, DP2M, DIKTI, Kementerian Pendidikan Nasional.

Daftar pustaka

Harun, S., Hamni, A., Ibrahim, G. A., dan Burhanuddin, Y. (2012) Sistem produksi bersih dan terintegrasi untuk pengolahan kopi lampung dalam rangka meningkatkan daya saing dan mutu produk, Laporan Hibah Program Hi-Link Tahun Pertama, Universitas Lampung.

Mulato, (1997) Rekayasa Teknologi Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi dengan Pendekatan Agrobisnis, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember.

Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian, (2008) Seri Buku Inovasi: Teknologi Budidaya Kopi Poliklonal, *Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*.

Hamni, A., Harun, S., dan Jaya, D., P. (2013) Rancang Bangun dan Unjuk Kerja Mesin Pengupas Kulit Biji Kopi Basah Sistem Rol Karet yang Produktif dan Ergonomik Jurnal Mechanical, 4(2), 50-56.

Ilmi, B. (2014) Proses Pembuatan dan Pengujian Tabung Reaktor Gasifikasi Tipe Up-Draft Untuk Pengering Kopi, Laporan Proyek Akhir, Program Studi D3 Teknik Mesin, Universitas Lampung.

Rantaujaya, A. (2014) Karakteristik Penukar Kalor Shell and Tube Aliran Menyilang Pada Mesin Pengering Kopi Di Pabrik Kopi Tulen, Laporan Tugas Akhir, Prodi Teknik Mesin, Universitas Lampung.

Hamni, A., Ibrahim, G., A., dan Harun, S., (2014) Implementasi Sistem Gasifikasi untuk Pengeringan Biji Kopi, Jurnal Mechanical, 5(1), 21-25