

PENGEMBANGAN ALAT PENGERING SIMPLISIA JAHE MENGGUNAKAN SUMBER PANAS SINAR MATAHARI DENGAN BACKUP PANAS KOMPOR

Benazir Imam Arif Muttaqin¹, Retno Wulan Damayanti², Sukmaji Indro Cahyono³

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126

Telp. 0271-6322110

Email: ¹benazir.imam.a.m@gmail.com, ²rwd@ft.uns.ac.id, ³asvagecme@gmail.com

ABSTRAK

Petani biofarmaka di Kabupaten Karanganyar saat melakukan proses pengeringan rimpang jahe segar menjadi simplisia jahe selama ini masih menggunakan sinar matahari secara langsung. Agassi (2014) telah mengembangkan alat pengering simplisia jahe yang mengandalkan panas dari sinar matahari (*solar dryer*) dan juga memiliki sistem backup panas yang bersumber dari kompor biomassa. Namun alat pengering yang dirancang tersebut memiliki beberapa kekurangan atau kelemahan. Di antaranya adalah panas yang tidak merata di kabin pengering, suhu pengeringan yang sangat tinggi pada saat menggunakan sumber panas kompor biomassa, dan asap pembakaran kompor biomassa yang masuk ke kabin pengering. Pada penelitian ini dibuatlah perbaikan rancangan desain alat pengering berdasarkan hasil evaluasi pada alat pengering sebelumnya. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan alat pengering dengan desain dan mekanisme sistem kerja alat pengering yang baru. Dengan demikian diharapkan desain alat pengering yang baru ini memberikan efektivitas, efisiensi, dan kualitas simplisia jahe hasil pengeringan yang akan lebih terjamin serta bisa menyelesaikan permasalahan atau kekurangan pada alat pengering sebelumnya.

Kata kunci: *Simplisia, Solar Dryer, Jahe*

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah tanaman rimpang yang banyak dibudidayakan oleh para petani sebagai bahan utama pembuatan obat tradisional (Gholib, 2008). Untuk menjaga kualitas kandungan jahe agar tidak mengurangi nilai ekonomis, rimpang jahe segar dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum disimpan atau dijual, salah satunya dalam bentuk simplisia. Simplisia merupakan bahan alami yang digunakan sebagai bahan baku obat tradisional yang belum mengalami proses pengolahan apapun kecuali proses pengeringan (Ditjen POM, 1982). Tahapan proses pengolahan rimpang jahe segar menjadi simplisia jahe dilakukan melalui tahap proses penyortiran pertama, pencucian, perajangan atau pemotongan, pengeringan, penyortiran akhir, pengemasan (*packaging*), serta penyimpanan (Sembiring, dkk, 2012). Dari kesekian banyak proses tersebut, proses pengeringan menjadi proses yang utama dan vital bagi para petani (Muller, 2006). Menurut Qaas & Schiele (2001), proses pengeringan bahkan mempresentasikan sekitar 30%-50% dari total biaya produksi obat-obatan herbal. Untuk menjaga kualitas simplisia jahe pada proses pengeringan, salah satu indikator penting yang digunakan adalah kadar air pada jahe maksimal 10% seperti yang tertuang di dalam SNI 01-7087-2005 (BSN, 2005). Oleh karena itu, menurut Fitriani (2013) proses pengeringan jahe sebaiknya dilakukan dengan suhu antara 40-60°C.

Petani biofarmaka di Kabupaten Karanganyar saat melakukan proses pengeringan rimpang jahe segar menjadi simplisia jahe selama ini dilakukan dengan metode yang konvensional, yaitu dengan pengeringan terbuka di bawah sinar matahari secara langsung. Proses pengeringan di bawah sinar matahari langsung seperti itu sebenarnya sudah dilakukan oleh masyarakat Mesir sekitar 4000 tahun yang lalu (Heeger, 1989). Masalah yang muncul dari metode pengeringan tersebut adalah sumber energi pengeringan yang hanya bergantung cuaca (panas matahari). Proses pengeringan juga berjalan kurang efisien dari segi waktu dan peralatan yang digunakan. Berdasarkan masalah tersebut, Susilo (2014) telah merancang alat pengering simplisia jahe menggunakan energi matahari (*solar dryer*). Kemudian Agassi (2014) telah mengembangkan alat pengering simplisia jahe lebih lanjut yang tidak hanya mengandalkan panas dari sinar matahari, namun juga memiliki sistem *backup* panas yang bersumber dari kompor biomassa. Sehingga apabila cuaca pada saat proses pengeringan tidak mendukung (mendung atau hujan), maka proses pengeringan masih bisa tetap dilakukan dengan backup energi panas yang bersumber dari kompor biomassa. Alat pengering hasil rancangan Agassi (2014) tersebut kemudian diuji oleh Pertiwi (2015) melalui suatu penelitian eksperimen.

Berdasarkan analisis dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Agassi (2014) dan Pertiwi (2015), alat pengering yang dirancang oleh Agassi (2014) memiliki beberapa kekurangan atau kelemahan. Di antaranya adalah panas yang tidak merata di kabin pengering, suhu pengeringan yang sangat tinggi pada saat menggunakan sumber panas kompor biomassa, dan asap pembakaran kompor biomassa yang masuk ke kabin pengering. Sumber masalah yang paling kritis terjadi pada bagian sumber panas kompor biomassa. Panas hasil pembakaran yang berada pada bagian kompor biomassa menyebabkan suhu di kabin pengering menjadi sangat tinggi dan tidak merata. Posisi kompor biomassa yang berada di bawah kabin pengering menyebabkan perpindahan panas antara kompor dan kabin pengering terjadi sangat cepat dalam suhu yang sangat tinggi. Asap kompor hasil pembakaran yang terjadi di kompor biomassa kemudian juga bisa masuk melalui celah-celah yang ada pada bagian bawah kabin yang berbatasan langsung dengan kompor biomassa dan bisa juga masuk melalui pintu kabin pengering. Sementara itu penggunaan mekanisme thermostat sebagai alat pengontrol suhu di kabin pengering belum diterapkan pada rancangan alat ini. Mekanisme pengontrol suhu yang belum diterapkan serta posisi peletakan kompor biomassa yang berada pada bagian bawah kabin pengering bisa saja menyebabkan hal yang sangat tidak diinginkan, yaitu panas berlebihan yang diterima oleh kabin pengering yang berpotensi menyebabkan kerusakan atau kebakaran alat pengering.

Dalam rangkaian upaya perbaikan yang berkesinambungan berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dibuat sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan pengembangan alat pengering simplisia jahe. Rancangan alat pengering didasarkan pada hasil evaluasi alat pengering hasil rancangan Agassi (2014) yang dilakukan oleh Agassi (2014) dan Pertiwi (2015). Dengan pengembangan rancangan alat pengering ini, diharapkan kelemahan-kelemahan yang ada pada alat pengering yang dibuat oleh Agassi (2014) dapat diperbaiki.

METODE PENELITIAN

Urutan metode dalam penelitian ini mengikuti tahapan pengembangan produk menurut Ulrich (2001). Langkah pertama yang dilakukan dalam mengembangkan rancangan alat pengering pada penelitian ini adalah evaluasi alat pengering sebelumnya hasil rancangan oleh Agassi (2014). Hasil evaluasi didasarkan pada kebutuhan pengguna dan kebutuhan teknis produk. Setelah itu dilakukan tahapan pengembangan konsep produk untuk menghasilkan alternatif-alternatif konsep produk. Alternatif-alternatif konsep produk tersebut kemudian dipilih pada tahapan pemilihan konsep produk. Setelah konsep dipilih tahapan selanjutnya adalah perancangan tingkat sistem. Hasil rancangan tingkat sistem kemudian didetailkan menggunakan bantuan software Solidwork 2013 pada tahapan perancangan tingkat detail.

HASIL DAN PEMBAHASAN

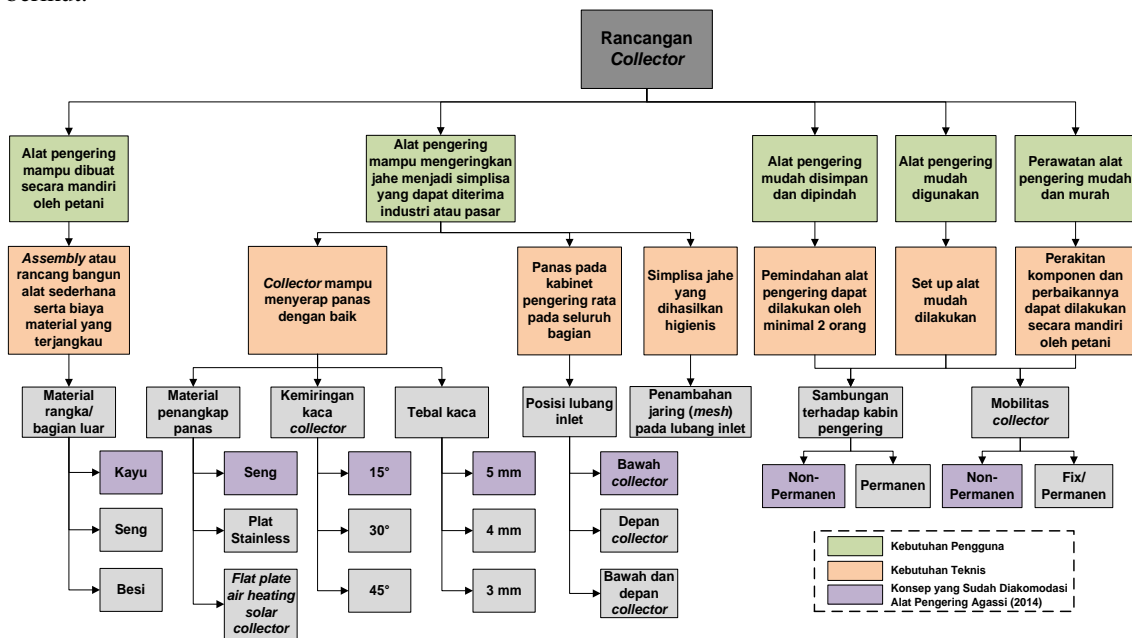
Agassi (2014) mengembangkan alat pengering berdasarkan 8 kebutuhan pengguna yang kemudian diturunkan menjadi 16 kebutuhan teknis. Berdasarkan hasil evaluasi terdapat 3 kebutuhan teknis yang belum terpenuhi pada hasil *prototype* alat pengering, yaitu kebutuhan panas rata pada ruang pengering, simplisia yang dihasilkan higienis, dan suhu pengeringan 40-60°C seperti yang tampak pada **Tabel 1**.

Tabel 1.Ketercapaian kebutuhan pengguna dan teknis alat pengering Agassi (2014)

No	Kebutuhan Pengguna	No	Kebutuhan Teknis	Ketercapaian
1	Alat pengering mudah digunakan	1	Set up alat mudah dilakukan	√
		2	Loading/unloading rimpang jahe mudah dilakukan	√
		3	Pengeringan simplisia jahe dilakukan pada kedua sisi sekaligus (tidak perlu dibolak-balik)	√
2	Alat pengering bersumber kompor murah untuk beroperasi	4	Bahan bakar kompor terjangkau harganya atau dapat diperoleh di lingkungan desa Klaster Biofarmaka Karanganyar	√
3	Perawatan alat pengering mudah dan murah	5	Perakitan komponen dan perbaikannya dapat dilakukan secara mandiri oleh petani	√
		6	Biaya komponen terjangkau petani	√
4	Alat pengering mudah disimpan dan dipindah	7	Pemindahan alat pengering dapat dilakukan oleh minimal 2 orang	√
5	Alat pengering awet dan kuat	8	Alat pengering tahan terhadap suhu luar (panas matahari dan malam hari)	√

		9	Alat pengering tahan terhadap air hujan	√
		10	Kompur alat pengering tahan terhadap panas api	√
6	Alat pengering mampu mengeringkan jahe menjadi simplisa yang dapat diterima industri atau pasar (lebih baik dari penjemuran langsung di alam terbuka)	11	Collector mampu menyerap panas dengan baik	√
		12	Panas pada kabinet pengering rata pada seluruh bagian	X
		13	Simplisa jahe yang dihasilkan higienis	X
		14	Kandungan penting pada jahe tidak hilang (suhu pengeringan 40-60°C)	X
7	Alat pengering mampu menampung banyak rimpang	15	Area pengeringan simplisa luas	√
8	Alat pengering mampu dibuat secara mandiri oleh petani	16	Assembly atau rancang bangun alat sederhana sesuai dengan skill/ketrampilan petani serta biaya material yang terjangkau	√

Dengan memperhatikan kebutuhan pengguna dan kebutuhan teknis, hasil evaluasi kemudian digunakan sebagai dasar acuan dalam pengembangan konsep produk yang baru. Pada tahapan pengembangan konsep produk, rancangan konsep produk akan dibagi menjadi tiga berdasarkan bagian utama alat pengering yaitu *collector*, kabin pengering, dan kompor biomassa. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah membangkitkan konsep-konsep yang berkaitan langsung dengan bagian utama alat pengering. Contoh gambaran pengembangan konsep untuk bagian *collector* ditampilkan pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Pengembangan konsep rancangan alat pengering bagian *collector*

Dengan melihat pada **Gambar 1**, terlihat bahwa konsep-konsep rancangan produk dibangkitkan melalui kebutuhan pengguna yang kemudian diterjemahkan atau diturunkan menjadi kebutuhan teknis. Sebagai contoh kebutuhan pengguna ‘alat pengering mampu dibuat secara mandiri oleh petani’. Kebutuhan pengguna tersebut kemudian diturunkan menjadi kebutuhan teknis produk yaitu ‘assembly atau rancang bangun alat sederhana serta biaya material yang terjangkau’. Dari situlah akan diperoleh konsep produk berupa material rangka/bagian luar *collector* yang terdiri dari beberapa alternatif-alternatif konsep yaitu kayu, seng, dan besi. Dengan demikian hasil rancangan alat pengering yang dibuat bisa sesuai dengan apa yang sebenarnya dibutuhkan pengguna.

Seluruh alternatif konsep produk alat pengering untuk masing-masing bagian (*collector*, kabin pengering, dan kompor) kemudian dilakukan penilaian. Untuk masing-masing konsep, pertimbangan

kriteria pemilihan alternatif konsep terbaik tentu akan berbeda-beda. Hasil akhir penilaian alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering untuk bagian *collector* ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian collector

No	Konsep	Konsep Terpilih
1	Material rangka/ bagian luar	Kayu
2	Material penangkap panas	Seng
3	Kemiringan kaca <i>collector</i>	15°
4	Tebal kaca <i>collector</i>	5 mm
5	Posisi lubang inlet	Bawah dan depan <i>collector</i>
6	Penambahan jaring pada lubang inlet	
7	Sambungan terhadap kabin	Non-Permanen
8	Mobilitas <i>collector</i>	Non-Permanen

Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian pada bagian *collector* seperti pada **Tabel 2** yaitu material rangka/bagian luar *collector* terbuat dari material kayu, material penangkap panas di bagian dalam *collector* terbuat dari material seng, kemiringan kaca *collector* sebesar 15°, tebal kaca *collector* sebesar 5 mm, posisi lubang inlet berada di bagian bawah dan depan *collector*, penambahan jaring pada lubang inlet, sambungan terhadap kabin yang non permanen, serta mobilitas *collector* yang non permanen.

Hasil akhir penilaian alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering untuk bagian kabin pengering ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian kabin pengering

No	Konsep	Konsep Terpilih
1	Material rangka/ bagian luar	Kayu
2	Desain wadah / rak pengering	Non-Permanen
3	Mobilitas kabin pengering	Non-Permanen
4	Jenis material wadah pengering berongga jaring (mesh)	
5	Desain pintu	Swing (kupu-kupu)
6	Penambahan tutup <i>direct dryer</i>	
7	Material rangka wadah pengering	Kayu
8	Tebal kaca <i>direct dryer</i>	5 mm
9	Letak <i>direct dryer</i>	Atas-Miring Belakang
10	Desain posisi wadah pengering	Miring 8°
11	Material <i>heat exchanger</i>	Al
12	Jarak antar rak	10 cm

Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian pada bagian kabin pengering seperti pada **Tabel 3** yaitu material rangka/bagian luar kabin pengering terbuat dari material kayu, desain wadah/rak pengering non permanen, mobilitas kabin pengering non permanen, jenis material wadah pengering berongga jaring (mesh), desain pintu kabin pengering berjenis pintu geser, penambahan tutup *direct dryer*, material rangka wadah pengering terbuat dari material kayu, tebal kaca *direct dryer* sebesar 5 mm, letak *direct dryer* berada di atas dengan kemiringan ke belakang (menghadap seperti *collector*), desain posisi wadah pengering miring 8°, material *heat exchanger* terbuat dari material aluminium (Al), serta jarak antar rak pengering sebesar 10 cm.

Hasil akhir penilaian alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering untuk bagian kompor ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian kompor

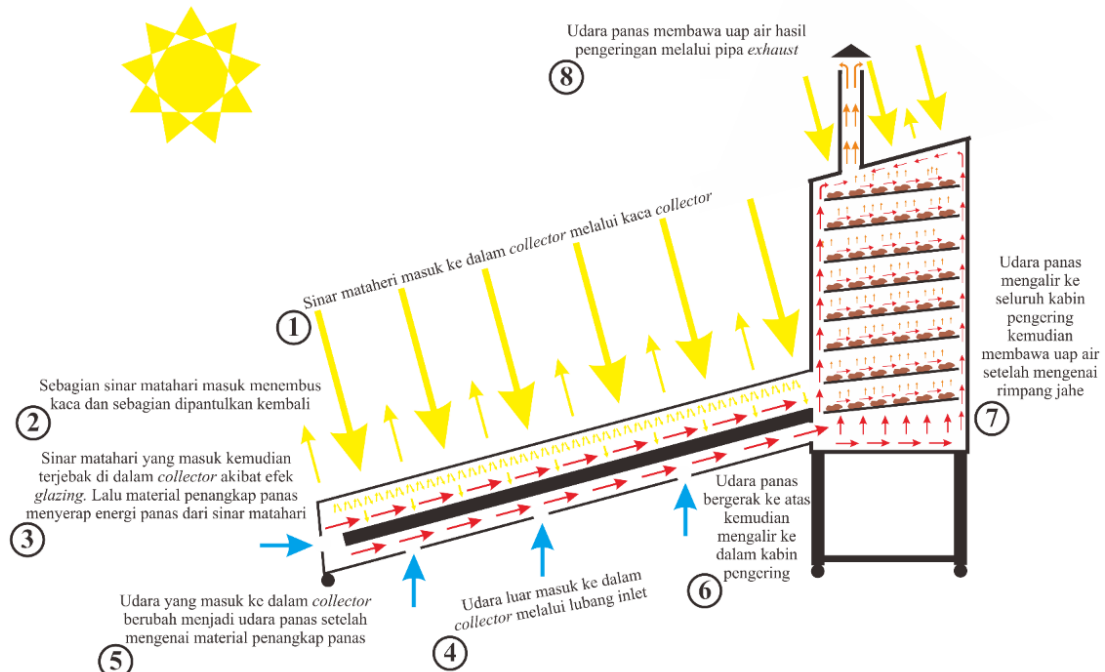
No	Konsep	Konsep Terpilih
1	Sumber Energi	Biomassa
2	Mobilitas Kompor	Permanen
3	Posisi kompor terhadap kabin	Bawah-Samping
4	Material Kompor	Galvanium
5	Thermostat	Mekanik

Alternatif konsep terpilih rancangan alat pengering bagian pada bagian kompor seperti pada **Tabel 4** yaitu kompor menggunakan sumber energi biomassa, mobilitas kompor permanen, posisi kompor

terhadap kabin pengering berada di bagian bawah-samping, material kompor terbuat dari galvanium, serta thermostat yang digunakan berjenis thermostat digital.

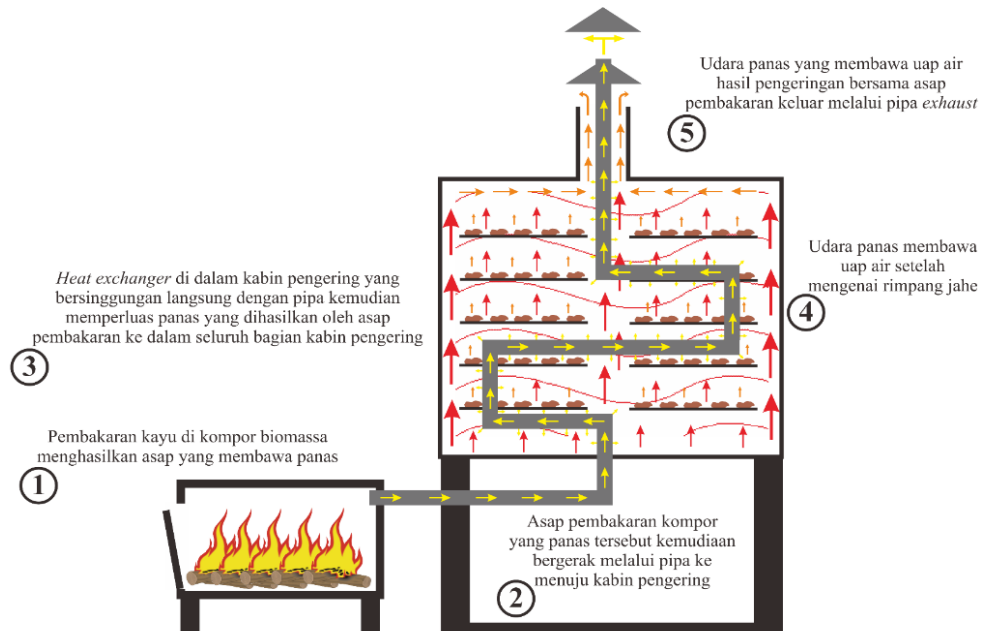
Alternatif konsep terpilih untuk masing-masing bagian alat pengering kemudian dijadikan dasar dalam perancangan tingkat sistem dan perancangan tingkat detail alat pengering. Perancangan tingkat sistem digunakan untuk menjelaskan gambaran secara umum mekanisme kinerja alat. Sedangkan perancangan tingkat detail digunakan untuk menggambarkan bagian-bagian alat beserta ukurannya secara detail.

Rancangan tingkat sistem alat pengering ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** berikut.



Gambar 2.Mekanisme pengeringan pada saat menggunakan sumber energi panas sinar matahari

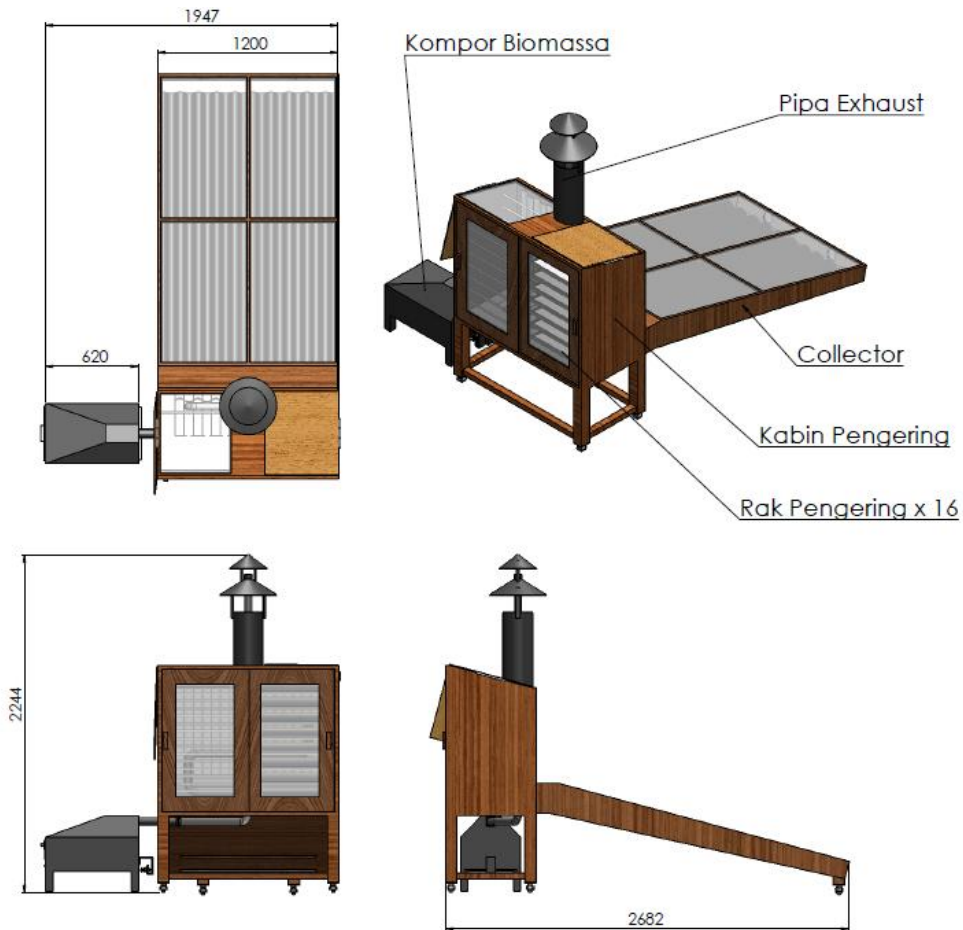
Mekanisme alat pengering apabila menggunakan sumber energi panas dari sinar matahari seperti pada **Gambar 2** adalah pertama *collector* menangkap sinar matahari melalui kaca yang kemudian panas sinar matahari tersebut ditangkap oleh material seng yang berada di dalam *collector*. Di sisi lain udara masuk melalui lubang-lubang inlet yang berada di depan dan bawah *collector* yang kemudian udara tersebut berubah menjadi udara panas akibat menyentuh material seng yang berada di dalam *collector*. Akibat efek *glazing* yang ditimbulkan oleh kaca *collector* dan di dengan memanfaatkan sifat udara panas yang cenderung bergerak naik ke atas, maka udara panas yang berada di dalam *collector* akan mengalir ke dalam kabin pengering. Udara panas yang bergerak di dalam kabin pengering akan membawa uap air dari simplisia jahe yang masih segar dan kemudian akan bergerak ke atas melalui pipa/cerobong *exhaust*.



Gambar 3. Mekanisme pengeringan pada saat menggunakan sumber *backup* energi panas kompor

Apabila menggunakan sumber energi panas melalui kompor biomassa, mekanisme kerja alat pengering seperti pada **Gambar 3** adalah pertama kayu yang digunakan sebagai bahan bakar dimasukkan ke dalam kompor untuk kemudian dibakar. Kemudian panas akan bergerak dari kompor ke kabin melalui asap pembakaran kayu dari kompor tersebut melalui pipa. Pada saat asap kompor bergerak melalui pipa yang berada di dalam kabin pengering, maka material *heatexchanger* yang posisinya menempel pada pipa di dalam kabin pengering akan memperluas panas yang diterimanya ke dalam seluruh ruangan kabin pengering. Panas tersebut kemudian akan membawa uap air dari simplisia jahe yang masih segar dan kemudian akan bergerak ke atas melalui pipa/cerobong *exhaust*. Untuk menjaga suhu yang berada di dalam kabin pengering stabil dan tidak terlalu besar, maka pada rancangan kompor alat ini terdapat alat yang disebut thermostat. Thermostat tersebut berfungsi untuk mengontrol pembakaran pada kompor biomassa agar selalu stabil.

Dengan menggunakan bantuan *software* Solidwork 2013, desain alat pengering akan tergambarkan secara jelas seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4.Desain rancangan alat pengering

Secara umum desain alat pengering yang dibuat seperti pada **Gambar 4** terdiri dari tiga bagian utama yaitu *collector*, kabin pengering, dan kompor biomassa yang bisa dibongkar pasang sehingga tidak menyulitkan pengguna pada saat akan menggunakannya. *Collector* merupakan bagian yang berfungsi untuk menangkap energi panas sinar matahari. Pada bagian *collector*, terdapat material seng yang berfungsi untuk mengumpulkan panas serta lubang inlet pada bagian depan dan bawah yang berfungsi untuk mengalirkan udara dari luar.

Bagian kabin pengering merupakan bagian yang berfungsi untuk menampung rak-rak yang digunakan sebagai wadah pengeringan simplisia jahe. Pada bagian kabin pengering ini, terdapat kaca *direct dryer* dan dilengkapi penutup kaca *direct dryer* yang diletakkan pada sisi atas dengan sudut kemiringan menghadap ke belakang. Di dalam kabin pengering terdapat enam belas rak pengering yang dapat dilepas sehingga mempermudah proses *loading* dan *unloading* simplisia jahe.

Alat pengering yang didesain dilengkapi dengan kompor biomassa yang merupakan bagian yang berfungsi sebagai *backup* sumber energi panas apabila kabin pengering tidak mendapatkan cukup suplai energi panas dari *collector* yang bisa saja terjadi apabila cuaca mendung ataupun hujan. Posisi kompor diletakkan di sebelah bawah samping dari kabin pengering. Kompor biomassa ini juga dilengkapi dengan thermostat yang digunakan untuk mengontrol suhu proses pengeringan. Dengan demikian diharapkan suhu proses pengeringan tidak terlalu tinggi dan meminimalisir asap pembakaran kompor yang masuk ke bagian kabin pengering.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan alat pengering yang sudah dibuat, maka kelemahan atau kekurangan yang berada pada rancangan alat pengering milik Agassi (2014) diharapkan dapat terselesaikan. Panas yang tidak merata di kabin pengering diharapkan terselesaikan melalui desain alat yang lebih memprioritaskan kerapatan di segala sisi. Karena apabila terdapat celah atau lubang di sekitar kabin pengering, maka udara panas akan cepat keluar. Masalah suhu pengeringan yang sangat tinggi pada saat menggunakan sumber panas kompor biomassa juga diharapkan dapat terselesaikan melalui mekanisme

sistem alat pengering yang baru. Pemosisian ulang letak kompor dan implementasi thermostat merupakan kunci utama untuk menghadapi masalah tersebut. Dengan memposisikan kompor di bawah samping kabin pengering, maka panas yang berada pada kompor biomassa tidak akan langsung merambat melalui konduksi serta asap hasil pembakaran tidak akan masuk ke kabin pengering seperti hasil rancangan alat pengering milik Agassi (2014). Di samping itu mekanisme kontrol oleh thermostat juga telah diterapkan pada rancangan alat ini sehingga permasalahan *overheat* diharapkan bisa teratasi. Dengan demikian diharapkan desain alat pengering yang baru ini memberikan efektivitas, efisiensi, dan kualitas simplisia jahe hasil pengeringan yang akan lebih terjamin.

PUSTAKA

- Agassi, Ereika A.,(2014). Perancangan Alat Pengering Simplisia Menggunakan Panas Sinar Matahari dengan Backup Panas Kompor Biomassa.Surakarta: Teknik Industri UNS
- Badan Standardisasi Nasional, (2005),SNI 01-7087-2005 : Jahe untuk Bahan Baku Obat, Jakarta: BSN
- Ditjen POM,(1982),Kodifikasi Peraturan Perundang-undangan Obat Tradisional, Jakarta: Ditjen POM Depkes
- Fitriani, Nur.,(2013). Pengaruh Penambahan Tepung Jahe Merah Dalam Ransum terhadap Bobot Badan dan Ukuran Tubuh Ayam Kampung Periode Pertumbuhan. Semarang: Fakultas Peternakan dan Perikanan Undip
- Gholib, D. (2009). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Var. *Rubrum*) dan Jahe Putih (*Zingiber Officinale* Var. *Amarum*) terhadap *Trichophyton Mentagrophytes* dan *Cryptococcus Neoformans*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner: 827-830
- Heeger, E. F.,(1989), *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues*, Frankfurt: Verlag Harri Deutsch
- Pertiwi, Justiteca P.,(2015). Evaluasi Kinerja Alat Pengering Simplisia Menggunakan Sumber Panas Sinar Matahari dengan Backup Panas Kompor Biomassa untuk Memenuhi Standar Kualitas Simplisia Jahe. Surakarta: Teknik Industri UNS
- Qaas, F. and Schiele, E. (2001).Einfluss der Energiekosten auf die Rentabilität im Trocknungsbetrieb, *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen*, 6 (3), 144-145.
- Sembiring, Bagem S. dan Yuliani Sri,(2012),*Penanganan dan Pengolahan Rimpang Jahe*,Bogor: Teknologi Hasil Penelitian Jahe
- Susilo, Ferry T., IlhamPriyadythama, dan Rahmaniyah D.Astuti.(2014). Perancangan Alat Pengering Simplisia Menggunakan Tenaga Matahari. Prosiding Seminar Nasional IDEC 2014. Surakarta, 20 Mei 2014
- Ulrich, Karl T. andSteven D. Eppinger,(2001),*Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknik