

Perancangan Mesin Pengering untuk Pembuatan Simplisia pada Usaha Mikro “C”

The Jaya Suteja¹, Resmana Lim²

¹Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Surabaya
jayasuteja@staff.ubaya.ac.id

²Prodi Teknik Elektro dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
resmana@petra.ac.id

Abstract— Micro Enterprise “C” in Trawas, Mojokerto, plans to develop a new product variant of sugar free ginger loose leaf to increase turnover and support consumers' healthy lifestyles. However, its production process is constrained by the lack of a hygienic, efficient drying machine for processing raw ginger into simplicia without damaging its active compounds. This research aims to determine the thermal energy requirements and to design the mechanism of a convective rotary dryer machine with a minimum capacity of 12 kg and a maximum processing time of 10 hours. The design process was carried out through analysis of thermal and mechanical requirements. Process parameters were set at a maximum drying temperature of 55 °C to prevent the degradation of active compounds. Calculations included the mass of evaporated water, sensible and latent energy, thermal efficiency, hot-air flow rate, and the dimensions of the drying drum cylinder. To dry 12 kg of fresh ginger from an initial moisture content of 95% to 10%, the mass of water to be evaporated is 11.33 kg with an evaporation rate of 1.133 kg/hour. The net heat energy requirement was recorded at 28,283.96 kJ. Assuming a machine efficiency of 60%, the total gross energy supplied by LPG is 47,139.93 kJ, equivalent to a fuel consumption of 0.873 kg. The hot air flow rate requirement is supplied by a centrifugal blower with a capacity of 70 cfm. The physical specifications of the drying drum are as follows: Stainless Steel 304 material, an inner diameter of 36 cm, a length of 70 cm, and an optimum filling level of 15%. The design of this rotary dryer machine enables continuous operation, ensures uniform drying, and is highly economical and ideal for micro-enterprise applications due to its low fuel consumption.

Keywords: Design, Dryer, Simplicia, Energy, Micro-Enterprise

Abstrak— Usaha Mikro “C” di Kecamatan Trawas, Mojokerto, berencana mengembangkan produk varian baru berupa jahe loose leaf tanpa gula untuk meningkatkan omzet dan mendukung gaya hidup sehat konsumen. Namun, proses produksinya terkendala oleh ketiadaan mesin pengering yang higienis dan efisien untuk memproses bahan baku jahe menjadi simplisia tanpa merusak kandungan zat aktifnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan energi panas dan merancang mekanisme mesin pengering tipe konveksi rotary dryer dengan kapasitas minimal 12 kg dalam waktu maksimal 10 jam. Perancangan dilakukan melalui analisis kebutuhan termal dan mekanik. Parameter proses ditetapkan dengan suhu pengeringan maksimal 55 °C untuk mencegah degradasi senyawa berkhasiat. Perhitungan meliputi massa air yang diuapkan, energi sensibel, energi laten, efisiensi termal, debit udara panas, serta dimensi silinder drum pengering. Untuk mengeringkan 12 kg jahe segar dari kadar air 95% menjadi 10%, massa air yang harus diuapkan adalah 11,33 kg dengan laju penguapan 1,133 kg/jam. Kebutuhan energi panas bersih tercatat sebesar 28.283,96 kJ. Dengan asumsi efisiensi mesin 60%, total energi kotor yang disuplai oleh gas LPG adalah 47.139,93 kJ, yang setara dengan konsumsi bahan bakar sebesar 0,873 kg. Kebutuhan debit udara panas disuplai oleh blower sentrifugal berkapasitas 70 cfm. Spesifikasi fisik drum pengering menggunakan material Stainless Steel 304 dengan diameter dalam 36 cm, panjang 70 cm, dan tingkat pengisian optimum 15%. Rancangan mesin rotary dryer ini mampu beroperasi secara kontinu, menghasilkan pengeringan yang seragam, serta sangat ekonomis dan ideal untuk diterapkan pada skala usaha mikro karena konsumsi bahan bakar yang rendah.

Kata Kunci : Perancangan, Pengering, Simplisia, Energi, Usaha Mikro.

I. PENDAHULUAN

Usaha Mikro “C” adalah produsen minuman herbal yang berlokasi di Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. Minuman herbal yang saat ini diproduksi berupa serbuk instan dengan komposisi jahe dan gula tertentu. Serbuk jahe instan ini kemudian dikemas dalam tiga varian, yaitu *sachet* berisi 200 gram, *pouch* berisi 200 gram, dan *pouch* berisi 500 gram.

Proses pembuatan serbuk jahe instan diawali dengan pencucian bahan herbal berupa jahe hingga tanah pada bagian

luar jahe hilang dan jahe dalam kondisi bersih. Setelah itu, jahe diparut hingga berbentuk potongan jahe kecil dan halus. Potongan jahe ini kemudian diperas sehingga air yang terkandung di dalam jahe keluar melalui saringan, sedangkan ampas jahe tertinggal di saringan. Air perasan jahe ini kemudian dimasak dengan menambahkan gula pasir. Selama proses pemasakan, air perasan jahe dan gula pasir diaduk terus-menerus hingga mengental. Setelah mengental, adonan ini terus diaduk hingga akhirnya kering dan berubah menjadi serbuk jahe. Serbuk jahe ini kemudian disaring sehingga menyisakan serbuk jahe yang mempunyai ukuran yang

seragam. Gambar proses pembuatan serbuk jahe instan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

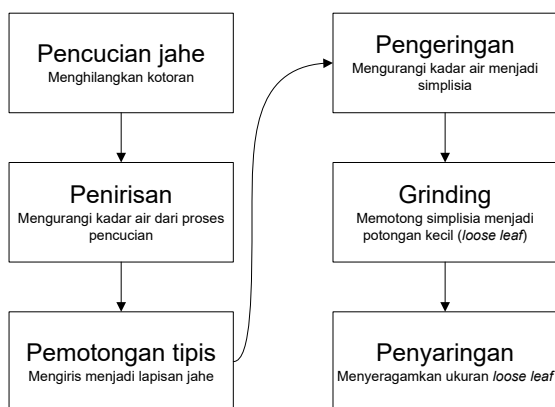


Gambar. 1. Proses Pembuatan Serbuk Jahe Instan

Untuk meningkatkan omzet, usaha mikro “C” memutuskan untuk menambah varian produk herbal yang diproduksi. Varian yang akan dikembangkan adalah jahe *loose leaf*. Bentuk *loose leaf* yang ingin dibuat dapat dilihat pada Gambar 2. Varian baru ini dipilih karena melihat kebutuhan konsumen yang menginginkan kemudahan penyajian tanpa mengurangi zat berkhasiat yang terkandung dalam jahe. Selain itu, jahe *loose leaf* yang dikembangkan ini diramu tanpa gula agar sesuai dengan gaya hidup sehat konsumen yang mulai mengutamakan pencegahan dibandingkan dengan pengobatan [1]. Kapasitas pembuatan jahe *loose leaf* yang direncanakan adalah minimal 12 kg bahan baku jahe.



Gambar. 2. Bentuk *Loose Leaf*



Gambar. 3. Proses Pembuatan Jahe Loose Leaf

Untuk membuat jahe *loose leaf*, proses yang dilakukan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 3. Proses ini tidak sama dengan proses pembuatan serbuk jahe instan. Proses pembuatan jahe *loose leaf* dimulai dengan mencuci bahan herbal, yaitu jahe, hingga bersih dari tanah. Setelah itu, jahe ditiriskan hingga sisa air hasil pencuciannya hilang. Jahe tersebut kemudian dipotong hingga membentuk lapisan tipis. Lapisan jahe ini kemudian dikeringkan sehingga kadar airnya

berkurang dan menjadi simplisia jahe. Besar kadar air akhir ini merupakan salah satu persyaratan kualitas fisik yang harus dicapai pada simplisia [2]. Setelah kering, simplisia jahe ini dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil menggunakan proses *grinding*. Terakhir, potongan jahe berukuran kecil ini disaring hingga membentuk jahe *loose leaf* dengan ukuran maksimal tertentu.

Peralatan untuk membuat jahe *loose leaf* berbeda dengan serbuk jahe instan. Beberapa peralatan yang sudah ada dapat digunakan untuk proses pembuatan jahe *loose leaf*. Akan tetapi, peralatan lainnya, seperti yang digunakan untuk proses pengeringan, masih belum tersedia. Proses pengeringan ini penting karena memengaruhi kualitas jahe *loose leaf*, terutama kandungan senyawa kimia [3]. Oleh karena itu, Usaha Mikro “C” membutuhkan mesin pengering yang mampu mengurangi kadar air pada lapisan jahe melalui proses yang higienis dan tidak menghilangkan kandungan berkhasiat pada simplisia jahe. Waktu proses pengeringan ini juga tidak boleh melebihi 24 jam agar kualitas simplisia jahe tidak menurun [4].

Berdasarkan situasi yang telah dijelaskan, studi ini akan merancang mesin pengering untuk pembuatan simplisia jahe. Permasalahan yang akan dibahas pada studi ini adalah:

- Berapa energi panas yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air pada lapisan jahe menjadi simplisia?
- Bagaimana mekanisme mesin pengering yang digunakan untuk mengurangi kadar air?

Untuk menjawab beberapa permasalahan di atas, studi ini dilakukan dengan tujuan untuk:

- Menentukan energi panas yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air dari lapisan jahe menjadi simplisia dengan kapasitas minimal 12 kg dalam waktu maksimal 24 jam
- Merancang mekanisme mesin pengering untuk mengurangi kadar air lapisan jahe menjadi simplisia dengan kapasitas minimal 12 kg dalam waktu maksimal 24 jam

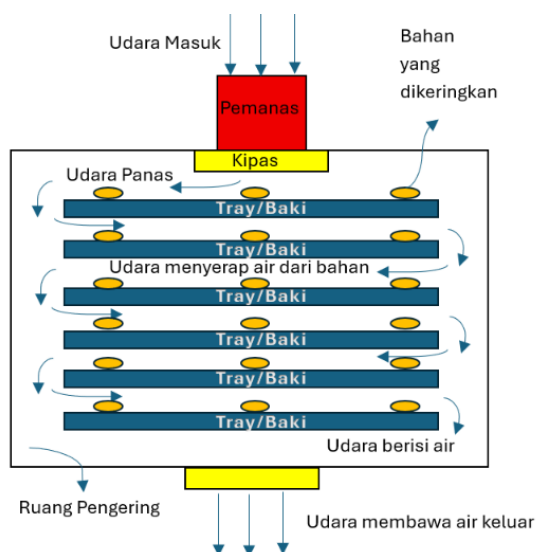
II. LANDASAN TEORI

Jahe (*Zingiber officinale Roscoe*) adalah salah satu tanaman obat yang digunakan untuk mengatasi radang sendi, rematik, keseleo, nyeri otot, sakit tenggorokan, kram, sembelit, gangguan pencernaan, muntah, tekanan darah tinggi, demensia, demam, penyakit menular, dan infeksi cacingan [5]. Ada berbagai macam jahe yang banyak ditanam di Indonesia, yaitu jahe gajah, jahe emprit, dan jahe merah. Jahe gajah mempunyai rimpang yang paling besar dibandingkan jenis jahe yang lain. Bagian dalam jahe ini berwarna putih. Namun, aromanya kurang tajam dan rasanya kurang pedas [6]. Sedangkan ukuran rimpang jahe emprit relatif kecil dan pipih. Warna bagian dalamnya putih hingga kuning. Aroma rimpang jahe ini juga kurang tajam, dan rasanya kurang pedas [6]. Terakhir, jahe merah mempunyai ukuran paling kecil dibandingkan jenis jahe yang lain. Jahe ini berwarna merah hingga jingga muda. Aroma jahe merah ini tajam dan mempunyai rasa sangat pedas [6].

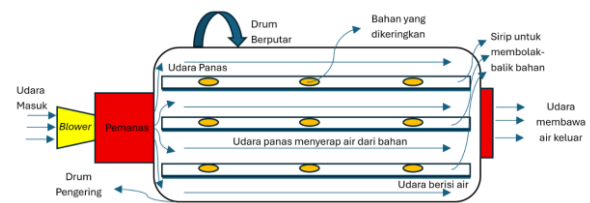
Kualitas jahe umumnya diuji menggunakan uji makroskopik (bau, tekstur, warna, rasa), uji mikroskopik, uji kandungan senyawa kimia, serta uji kadar air [7], [8]. Kadar

air merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk standardisasi tanaman yang berkhasiat obat [9]. Kadar air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan jahe mudah membusuk. Kadar air yang memenuhi persyaratan untuk standardisasi tanaman berkhasiat obat adalah 10% [9]. Kadar air kurang dari 11% juga dapat menghentikan reaksi enzimatik dan pertumbuhan jamur [10]. Padahal, kadar air jahe yang baru dipanen secara umum berkisar antara 85 % sampai dengan 95 % [11], [12]. Untuk menghambat pembusukan sehingga jahe tahan disimpan dalam waktu lama, kadar air ini perlu dikurangi dengan menggunakan proses pengeringan.

Proses pengeringan jahe dapat dilakukan dengan beberapa sumber energi, seperti energi matahari dan listrik [11]. Selain itu, ada juga pengeringan menggunakan energi panas dari bahan bakar gas [13]. Pengeringan dengan pemanasan langsung oleh sinar matahari dapat menurunkan kualitas jahe, terutama di daerah tropis [14]. Sebagai alternatif, metode pengeringan non matahari dapat digunakan, seperti pengeringan konveksi, pengeringan pompa panas, pengeringan dengan gelombang mikro, dan pengeringan beku [14]. Pengeringan konveksi dapat mempercepat waktu pengeringan dan menghemat energi, tetapi dapat memengaruhi warna serta kapasitas biologis simplisia. Sedangkan pengeringan dengan pompa panas dapat beroperasi pada rentang suhu dan kelembapan yang lebih luas, tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama. Terakhir, pengeringan beku dapat mempertahankan sebagian besar sifat sensoris, fisikokimia, dan nutrisi dari jahe hasil pengeringan, tetapi membutuhkan biaya peralatan yang tinggi. Untuk pengeringan jahe oleh usaha mikro, metode pengeringan konveksi paling efektif digunakan dengan tetap mempertimbangkan parameter yang digunakan agar tidak merusak hasil pengeringan. Pengeringan konveksi dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *fluidized bed dryer*, *spray dryer*, *tray dryer*, dan *rotary dryer* [15], [16]. Prinsip pengeringan yang digunakan pada *tray* dan *rotary dryer*, seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5, merupakan jenis yang paling sesuai untuk pengeringan jahe menjadi simplisia karena bentuk awal bahan yang dikeringkan berupa padatan.



Gambar. 4. Prinsip Pengeringan Tray Dryer



Gambar. 5. Prinsip Pengeringan Rotary Dryer

Pengurangan kadar air di dalam jahe melalui pengeringan temperatur tinggi dapat menghilangkan senyawa kimia yang berkhasiat dari simplisia jahe [14]. Suhu yang umum digunakan untuk mengeringkan rimpang jahe segar berkisar antara 40 °C hingga 60 °C, sesuai standar SNI 01-7084-2005 [4]. Penelitian lain menyatakan bahwa suhu pengeringan jahe dibatasi maksimal 55 °C karena akan menyebabkan penurunan fenol sampai di atas 50% [17]. Agar proses pengeringan dapat tercapai dalam waktu singkat tapi tidak merusak kualitas simplisia jahe, jahe ini dipotong terlebih dahulu dengan ketebalan 3 mm sebelum dikeringkan [18], [19]. Jika jahe dipotong dengan ketebalan di bawah 2 mm maka minyak atsiri yang hilang pada proses pengeringan akan semakin banyak [20]. Pada proses pengeringan, potongan jahe yang dilakukan secara melintang (*slices*) menyebabkan prosentase penurunan kadar minyak atsiri dan total fenol lebih besar dibandingkan dengan pengirisan membujur (*split*) [17]. Oleh karena itu, jahe yang akan dikeringkan sebaiknya dipotong terlebih dahulu secara membujur.

Dalam merancang proses pengeringan, beberapa data perlu dihitung dan ditentukan. Pertama-tama, massa air pada jahe yang diuapkan dapat dihitung dengan (1) di bawah ini [21].

$$m_a = m_p \times \frac{(m_i - m_f)}{(100 - m_f)} \quad (1)$$

dengan

m_a = massa air yang diuapkan (kg)

m_p = massa produk awal (kg)

m_i = kadar air awal (%)

m_f = kadar air akhir (%)

Kemudian laju penguapan air yang dibutuhkan untuk mengeringkan jahe tersebut dihitung dengan membagi massa air total yang diuapkan dengan waktu total penguapan seperti pada (2) [22].

$$\dot{m} = \frac{m_a}{t} \quad (2)$$

dengan

$\dot{m}$ = laju penguapan air (kg/jam)

m_a = massa air yang diuapkan (kg)

t = waktu penguapan/pengeringan (jam)

Jumlah energi panas yang dibutuhkan dalam proses pengeringan dapat dihitung dengan menjumlahkan energi panas untuk meningkatkan temperatur padatan dan cairan yang ada di dalam jahe (panas sensibel) serta energi panas untuk menguapkan air pada jahe (panas laten). Persamaan untuk menghitung energi panas sensibel dan laten dapat dilihat pada (3) dan (4) [22].

$$Q_s = m \times c_p \times \Delta T \quad (3)$$

dengan

Q_s = energi panas sensibel (Joule)

m = massa bahan yang dikeringkan (kg)

c_p = panas jenis dari bahan (Joule/kg.°C)

ΔT = kenaikan temperatur bahan ($^{\circ}\text{C}$)

$$Q_l = m \times L \quad (4)$$

dengan

Q_l = energi panas laten (Joule)

m = massa bahan yang dikeringkan (kg)

L = panas laten dari bahan (Joule/kg)

Energi panas yang dihasilkan oleh sumber energi tidak semuanya dapat digunakan untuk mengeringkan bahan karena sebagian digunakan untuk memanaskan komponen lain, bahkan hilang. Oleh karena itu, energi panas dari sumber energi dapat dicari dengan membagi energi panas yang dibutuhkan dalam proses pengeringan dengan efisiensi mesin pengering seperti terlihat pada (5) di bawah ini.

$$Q_e = \frac{Q_s + Q_l}{\eta} \quad (5)$$

dengan

Q_e = energi panas dari sumber energi (Joule)

Q_s = energi panas sensibel (Joule)

Q_l = energi panas laten (Joule)

η = efisiensi mesin pengering

Setelah itu, nilai kalor sumber energi harus ditentukan agar jumlah sumber energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan jahe dapat dihitung. Jumlah sumber energi yang dibutuhkan dapat dihitung dengan membagi energi panas yang dibutuhkan dalam proses pengeringan dengan nilai kalor dari sumber energi seperti terlihat pada (6) [23].

$$m_e = \frac{Q_e}{LHV} \quad (6)$$

dengan

m_e = massa dari sumber energi (kg)

Q_e = energi panas dari sumber energi (Joule)

LHV = nilai kalor bawah dari sumber energi (Joule/kg)

Kemudian, debit udara panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air pada jahe dapat dihitung dengan (7) [24].

$$\dot{V} = \frac{Q_e}{\rho_u \times c_p \times (T_m - T_k) \times t} \quad (7)$$

dengan

$\dot{V}$ = debit udara panas untuk pengeringan (m^3/jam)

Q_e = energi panas dari sumber energi (Joule)

ρ_u = massa jenis udara (kg/m^3)

c_p = panas jenis dari udara (Joule/kg. $^{\circ}\text{C}$)

T_m = temperatur rata-rata udara masuk ($^{\circ}\text{C}$)

T_k = temperatur rata-rata udara keluar ($^{\circ}\text{C}$)

t = waktu penguapan/pengeringan (jam)

Untuk mengetahui volume jahe dengan massa tertentu, volume jahe dapat dihitung dengan membagi massa jahe dengan massa jenisnya. Massa jenis jahe yang digunakan adalah *true density* karena rimpang jahe yang berbentuk tidak beraturan dipotong menjadi lapisan-lapisan sehingga tidak menyebabkan banyak rongga di antara rimpang jahe yang satu dengan yang lain. Persamaan yang untuk menghitung volume dapat dilihat pada (8) [25].

$$V_j = \frac{m_j}{\rho_j} \quad (8)$$

dengan

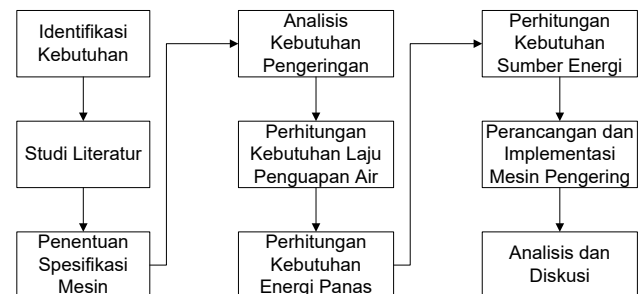
V_j = volume jahe

m_j = massa jahe

ρ_j = *bulk density* jahe

III. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan mesin pengering untuk pembuatan simplisia jahe membutuhkan langkah-langkah sistematis, mulai dari identifikasi kebutuhan Usaha Mikro “C” hingga analisis hasil perancangan. Alur perancangan mesin pengering yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar. 6. Alur Perancangan

Proses perancangan diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan Usaha Mikro “C” terkait proses pengeringan yang akan dilakukan. Pada tahap ini, karakteristik awal jahe segar dan standar mutu simplisia jahe diidentifikasi. Selain itu, target kapasitas produksi per hari, berbagai metode pengeringan yang mungkin digunakan, sumber energi yang mungkin digunakan, serta batasan operasional mesin pengering diidentifikasi.

Setelah kebutuhan teridentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan studi literatur untuk mengumpulkan data ilmiah dan referensi teknis yang relevan. Langkah ini digunakan untuk memperoleh data mengenai parameter pengeringan optimal serta kelebihan dan kekurangan berbagai mekanisme pengeringan yang sudah ada, agar proses pengeringan dapat dilakukan dengan cepat dan tetap memenuhi standar mutu. Selain itu, kondisi udara di lingkungan sekitar, seperti suhu dan kelembapan, juga perlu dipertimbangkan. Data dari langkah ini digunakan sebagai landasan teori untuk menentukan spesifikasi dan merancang mesin pengering.

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan dan studi literatur, spesifikasi teknis mesin pengering ditetapkan secara lebih rinci. Tahap ini mencakup penentuan fungsi, kapasitas, dan dimensi mesin pengering, metode dan sumber energi yang digunakan, serta parameter proses pengeringan. Spesifikasi ini berfungsi sebagai cetak biru awal sebelum memasuki tahapan perhitungan dan analisis teknik.

Langkah berikutnya berfokus pada analisis kondisi operasional pengeringan yang akan dilakukan oleh mesin. Massa kadar air jahe yang akan dikeringkan dihitung menggunakan prinsip kesetimbangan massa. Massa kadar air yang akan dikeringkan adalah selisih antara kadar air awal jahe segar dan kadar air akhir simplisia yang diinginkan. Analisis kebutuhan pengeringan ini digunakan untuk memastikan mesin mampu memenuhi spesifikasi saat beroperasi.

Kemudian, laju penguapan air yang dibutuhkan untuk mengeringkan jahe tersebut juga dihitung. Laju penguapan air ini menunjukkan massa air yang harus dikeluarkan dari dalam jahe per satuan waktu. Hasil perhitungan laju

penguapan air ini nantinya menjadi dasar utama untuk menghitung debit udara panas dan menentukan kapasitas *blower* yang berfungsi mengalirkan udara panas ke dalam mesin pengering.

Setelah laju penguapan air diketahui, perhitungan dilakukan untuk menentukan total energi panas yang dibutuhkan mesin pengering untuk menguapkan air tersebut. Perhitungan ini mencakup energi panas untuk menaikkan temperatur jahe, energi laten untuk mengubah air di dalam jahe menjadi uap, serta estimasi kehilangan panas dari mesin pengering. Langkah ini memastikan bahwa pemanas pada mesin pengering memiliki energi panas yang cukup untuk mengurangi kadar air pada jahe.

Energi panas total yang telah didapatkan kemudian dikonversi ke dalam bentuk kebutuhan sumber energi. Sumber energi dapat berasal dari listrik, panas dari bahan bakar, atau sumber energi lainnya. Dengan mengacu pada nilai panas yang dihasilkan oleh sumber energi, jumlah sumber energi yang akan dikonsumsi oleh mesin pengering per siklus pengeringan dapat dihitung. Langkah ini digunakan untuk menganalisis kelayakan ekonomi dan memperkirakan biaya operasional produksi simplisia jahe.

Pada tahap perancangan mesin pengering, seluruh hasil perhitungan mekanik dan termal diintegrasikan ke dalam desain final mesin pengering. Pertama-tama, kebutuhan debit udara pemanas dihitung dan kebutuhan *blower* ditentukan. Kemudian, ukuran silinder drum yang dibutuhkan untuk mesin pengering dihitung dan dianalisis. Tahap ini menghasilkan rancangan unit mesin pengering yang siap diimplementasikan.

Tahap terakhir dari alur ini adalah melakukan analisis kinerja mesin yang telah dibuat untuk mengeringkan jahe. Setelah proses pengeringan selesai, produk simplisia jahe yang dihasilkan akan dianalisis. Hasil analisis ini kemudian didiskusikan untuk menentukan apakah mesin sudah bekerja sesuai dengan perencanaan awal atau masih memerlukan modifikasi.

IV. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pelanggan dan juga studi literatur, spesifikasi mesin pengering yang dibutuhkan oleh Usaha Mikro “C” untuk pembuatan simplisia jahe adalah:

- Mesin pengering digunakan untuk mengeringkan bahan makanan sehingga material yang digunakan harus jenis *food grade*. Material yang digunakan untuk mesin pengering ini adalah *Stainless Steel* 304.
- Kapasitas mesin pengering adalah 12 kg. Dimensi maksimal mesin pengering ini adalah 150 cm x 100 cm dan 100 cm, agar dapat diletakkan di ruang produksi.
- Mesin pengering mampu menurunkan kadar air akhir simplisia hasil pengeringan menjadi 10% sesuai dengan standar tanaman yang berkhasiat obat. Sedangkan kadar air awal bahan baku jahe maksimal 95%.
- Metode pengeringan yang digunakan adalah pengeringan konveksi dengan sistem *rotary* untuk menjaga kontinuitas proses dan keseragaman hasil pengeringan. Sumber energi yang digunakan adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) karena daya listrik

terpasang di Usaha Mikro “C” tidak cukup untuk menggunakan mesin pengering listrik.

- Temperatur pengeringan maksimal mesin pengering adalah 55 °C agar tidak terjadi penurunan senyawa berkhasiat yang signifikan.
- Waktu pengeringan maksimal adalah 10 jam. Waktu ini ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan suhu 50 °C dengan durasi 9,3 hingga 10 jam pada pengeringan dengan menggunakan *oven* adalah proses paling efisien dan berkualitas [26].
- Temperatur lingkungan di lokasi Usaha Mikro “C” diasumsikan adalah 20,6 °C [27].

Massa air yang harus diuapkan agar kadar air awal jahe sebesar 95 % dapat dikurangi menjadi kadar air simplisia sebesar 10 % dengan kapasitas 12 kg dapat dihitung menggunakan (1) seperti terlihat di bawah ini. Berdasarkan hasil perhitungan, massa air yang harus diuapkan adalah 11,33 kg.

$$m_a = m_p \times \frac{(m_i - m_f)}{(100 - m_f)}$$

$$m_a = 12 \times \frac{(95 - 10)}{(100 - 10)}$$

$$m_a = 11,33 \text{ kg}$$

Massa air tersebut harus diuapkan dalam waktu maksimal 10 jam. Laju penguapan air tersebut dapat dihitung menggunakan (2) seperti yang terlihat di bawah ini. Kebutuhan laju penguapan air minimal berdasarkan hasil perhitungan adalah 1,133 kg/jam.

$$\dot{m} = \frac{m_a}{t}$$

$$\dot{m} = \frac{11,33}{10}$$

$$\dot{m} = 1,133 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan energi panas untuk mengurangi kadar air terdiri dari energi panas sensibel dan energi panas laten. Energi panas sensibel yang digunakan untuk menaikkan temperatur padatan dan cairan dalam jahe dapat dihitung menggunakan (3) seperti yang ditunjukkan di bawah ini. Temperatur awal jahe diasumsikan sama dengan temperatur lingkungan di lokasi Usaha Mikro “C”, yaitu 20,6 °C. Temperatur jahe akhir ditetapkan sebesar temperatur maksimal pengeringan, yaitu 55 °C. Berdasarkan penelitian sebelumnya, panas jenis jahe segar sebesar 3566,87 Joule/kg.°C [28]. Sedangkan panas jenis jahe setelah dikeringkan adalah 1918,81 Joule/kg.°C [28]. Panas jenis yang digunakan untuk menghitung energi panas sensibel adalah rata-rata dari panas jenis tersebut yaitu sebesar 2742,84 Joule/kg.°C. Dari hasil perhitungan, energi panas sensibel yang dibutuhkan adalah 1132,24 kilo Joule.

$$Q_s = m \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_s = 12 \times 2742,84 \times (55 - 20,6)$$

$$Q_s = 1132244,352 \text{ Joule atau } 1132,24 \text{ kJ}$$

Sedangkan energi panas laten yang digunakan untuk mengubah fase air dalam jahe menjadi uap dapat dihitung menggunakan (4). Massa air dalam jahe segar dengan kadar air 95% adalah 12 kg × 0,95 = 11,4 kg. Kalor laten dari air dalam jahe diasumsikan sama dengan kalor laten air pada suhu 50 °C yaitu 2381,73 kJ/kg [29]. Dari hasil perhitungan, energi panas laten yang dibutuhkan adalah 27151,72 kilo Joule.

$$Q_l = m \times L$$

$$Q_l = 11,4 \times 2381,73$$

$$Q_l = 27151,72 \text{ kJ}$$

Energi total yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air, yang merupakan penjumlahan dari energi panas sensibel dan energi panas laten, adalah sebesar $1132,24 + 27151,72 = 28283,96$ kilo Joule.

Energi panas dari sumber energi untuk mengurangi kadar air akan lebih besar daripada energi yang dibutuhkan karena ada energi panas yang hilang selama proses pemanasan. Energi total yang dibutuhkan untuk mengurangi kadar air harus dibagi dengan efisiensi termal mesin pengering yang digunakan. Efisiensi termal dari mesin pengering jenis *rotary dryer* adalah 60 – 90 % [15]. Untuk menghitung energi panas dari sumber energi, efisiensi termal mesin pengering ditentukan sebesar 60 %. Oleh karena itu, energi panas dari sumber energi yang digunakan berdasarkan (5) adalah 47139,93 kilo Joule seperti terlihat pada perhitungan di bawah ini.

$$Q_e = \frac{Q_s + Q_l}{\eta}$$

$$Q_e = \frac{1132,24 + 27151,72}{60\%}$$

$$Q_e = 47139,93 \text{ kJ}$$

Jumlah sumber energi, yaitu LPG, yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan nilai kalor LPG sebesar 54 MJ/kg [25]. Dengan membagi energi panas dari sumber energi dengan nilai kalor LPG, jumlah LPG yang digunakan adalah 0,873 kilogram berdasarkan (6), seperti terlihat pada perhitungan di bawah ini. Sedangkan jumlah LPG yang digunakan tiap jam dapat dihitung dengan membagi kebutuhan LPG tersebut dengan waktu pengeringan (10 jam), sehingga kebutuhan LPG tiap jam adalah 0,0873 kg/jam.

$$m_e = \frac{Q_e}{LHV}$$

$$m_e = \frac{47139,93}{54000}$$

$$m_e = 0,873 \text{ kg}$$

Energi panas dari sumber energi dipindahkan terlebih dahulu ke udara sehingga temperatur udara menjadi 55 °C. Udara panas ini kemudian digunakan sebagai media untuk mengambil air dari lapisan jahe. Temperatur udara awal diasumsikan sama dengan temperatur lingkungan di lokasi Usaha Mikro "C" yaitu 20,6 °C [27]. Panas jenis udara diketahui sebesar 1,0067 kJ/kg.K [30]. Sedangkan massa jenis udara didapatkan dari sumber yang sama yaitu sebesar 1,1459 kg/m³ [30]. Debit udara panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan jahe sebanyak 12 kg dalam waktu 10 jam dapat dihitung menggunakan (7), yaitu 118,79 m³/jam, seperti terlihat di bawah ini. Berdasarkan persamaan kebutuhan debit udara, *blower* yang sesuai adalah *blower* sentrifugal mini berkapasitas 70 cfm.

$$\dot{V} = \frac{Q_e}{\rho_u \times c_p \times (T_m - T_k) \times t}$$

$$\dot{V} = \frac{47139,93}{1,1459 \times 1,0067 \times (55 - 20,6) \times 10}$$

$$\dot{V} = 118,79 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 1,98 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}} = 70 \frac{\text{ft}^3}{\text{menit}}$$

Kemudian, ukuran silinder drum mesin pemanas dihitung berdasarkan kapasitas bahan yang dikeringkan. Drum pada *rotary dryer* tidak bisa diisi penuh agar bahan dapat terangkat dan dijatuhkan dalam bentuk tirai. Kapasitas optimum bahan yang dapat diisi adalah 15 % dari

kapasitas maksimum silinder drum [31]. Karena massa jahe yang akan dikeringkan adalah 12 kg, volume jahe tersebut dapat dihitung dengan membagi massa jahe dengan *true density* jahe. *True density* dari jahe diasumsikan sama dengan *true density* dari jahe yang diteliti pada penelitian terdahulu yaitu 1107,01 kg/m³ [32]. Volume jahe yang dikeringkan dapat dihitung menggunakan (8) sebagai berikut:

$$V_j = \frac{m_j}{\rho_j}$$

$$V_j = \frac{12}{1107,01}$$

$$V_j = 0,011 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan kapasitas optimum bahan yang dapat diisi sebesar 15 %, maka kapasitas maksimum silinder drum pengering dapat dihitung dengan membagi volume jahe dengan 15 %. Hasil perhitungan volume silinder drum dapat dilihat di bawah ini. Berdasarkan hasil perhitungan, volume silinder drum yang dibutuhkan adalah 0,07 m³.

$$V_d = \frac{0,011}{0,15}$$

$$V_d = 0,07 \text{ m}^3$$

Volume silinder drum ini kemudian digunakan untuk menentukan diameter dalam dan panjang silinder drum pengering. Berdasarkan spesifikasi mesin pengering, yaitu 150 cm x 100 cm dan 100 cm, maka ditetapkan panjang maksimum silinder drum (L_d) = 0,7 m dengan pertimbangan bahwa masih ada komponen lain dari mesin pengering yang membutuhkan tempat di sepanjang mesin. Diameter dalam (D_d) dari silinder drum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari volume tabung sebagai berikut:

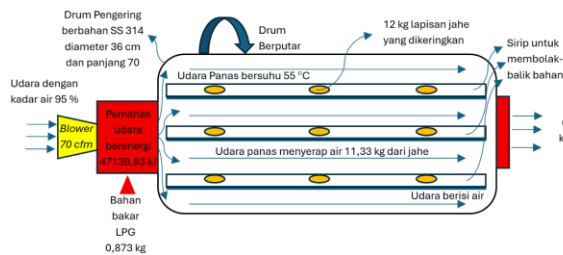
$$D_d = \sqrt{\frac{V_d}{\frac{\pi}{4} \times L_d}}$$

$$D_d = \sqrt{\frac{0,07}{\frac{\pi}{4} \times 0,7}}$$

$$D_d = 0,36 \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil perancangan, skema mesin pengering menggunakan *rotary dryer* dapat dilihat pada Gambar 7. Mesin pengering ini dapat digunakan untuk mengeringkan jahe sebagai bahan makanan karena menggunakan material *Stainless Steel* 304. Pembatasan suhu pada 55 °C menjamin senyawa berkhasiat dalam simplisia jahe tidak rusak atau hilang akibat panas berlebih. Di sisi lain, durasi pengeringan jahe sesuai kapasitas selama 10 jam masih mampu menurunkan kadar air dari 95 % hingga mencapai target standar mutu simplisia yaitu 10 %. Penggunaan metode pengeringan konveksi dengan sistem *rotary dryer* dapat membuat proses pengeringan menjadi kontinu dan menghasilkan hasil pengeringan yang lebih seragam. LPG sebagai sumber panas utama sudah sesuai dengan kondisi Usaha Mikro "C" yang memiliki keterbatasan daya listrik terpasang. Konsumsi LPG yang tidak sampai 1 kg untuk mengeringkan 12 kg jahe selama 10 jam membuat biaya operasional produksi simplisia jahe *loose leaf* ini menjadi murah dan ekonomis untuk skala usaha mikro. Konsumsi listrik dapat diminimalkan dengan hanya menggunakannya untuk memutar motor penggerak drum dan menyalakan *blower* sentrifugal. Sisa ruang kosong sebesar 85% di dalam drum memberikan ruang sirkulasi yang ideal agar lapisan jahe terangkat oleh sirip pengangkat dan menimbulkan efek tirai. Efek tirai menyebabkan udara panas dari *blower* dapat

melewati sela-sela jahe secara merata dan mencegah jahe menumpuk mati di dasar drum. Dengan tabung dalam berdiameter 36 cm dan panjang 70 cm, tabung luar serta mesin keseluruhan (rangka, motor penggerak, *blower*, dan tungku LPG) dapat dirancang agar tetap berada di bawah batas ruang.



Gambar. 7. Skema Rancangan Mesin Pengering

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Permasalahan Usaha Mikro “C” terkait kebutuhan mesin pengering dapat diselesaikan dengan menggunakan mesin pengering konveksi metode *rotary dryer* berbahan *Stainless Steel* 304. Rancangan mesin *rotary dryer* ini mampu mengeringkan sesuai standar, beroperasi secara kontinu, menghasilkan pengeringan yang seragam, serta sangat ekonomis dan ideal untuk diterapkan pada skala usaha mikro. Untuk pengembangan rancangan mesin pengering ini, sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler yang terhubung dengan sensor suhu dan sensor waktu dapat ditambahkan. Modifikasi kontrol ini akan mempermudah proses menjaga kestabilan suhu udara masuk selama jam operasional.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. E. Garcia-Salirrosas et al., “The Influence of Healthy Lifestyle on Willingness to Consume Healthy Food Brands: A Perceived Value Perspective,” *Foods*, vol. 14, no. 2, (2025). <http://10.3390/foods14020213>
- [2] N. Maslahah, “Standar simplisia tanaman obat sebagai bahan sediaan herbal,” *Balai Penguji. Standar Instrumen Tanam. Rempah, Obat dan Aromat. (BSIP TROA)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–4, (2024)
- [3] R. F. Anandari, Cindiansya, L. . Fikayuniar, S. A. Naurah, J. Rosmayati, and A. Wandiraa, “Menganalisis Pengujian Kadar Air Dari Berbagai Simplisia Bahan Alam Menggunakan Metode Gravimetri,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 17, pp. 190–193, (2023).
- [4] F. Aulia, A. B. Riyanta, and S. Prabandari, “Pengaruh lama pengovenan jahe (*zingiber officinale rosc*) terhadap minyak jelantah teradsorpsi karbon aktif ranting kelor sebagai minyak urut antiinflamasi,” *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 5, no. 4, pp. 12873–12884, (2024). <http://10.31004/jkt.v5i4.37946>.
- [5] B. H. Ali, G. Blunden, M. O. Tanira, and A. Nemmar, “Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*): A review of recent research,” *Food Chem. Toxicol.*, vol. 46, no. 2, pp. 409–420, (2008). <http://10.1016/j.fct.2007.09.085>.
- [6] T. Lentera, *Khasiat dan manfaat jahe merah si rimpang ajaib*. AgroMedia, 2002
- [7] D. K. Nethaji, T. Alagu, D. Sankar, and S. Thiagarajan, “Nutraceuticals potential of *Zingiber officinale* and *Linum usitatissimum*: A comprehensive analysis of macroscopic, microscopic, physico-chemical and phyto-chemical properties,” *Curr. Pharm. Anal.*, vol. 21, no. 2, pp. 45–53, (2025). <http://10.1016/j.cpan.2025.01.001>.
- [8] K. Demir and Ç. Güler, “Pharmacopoeia studies on *Zingiber officinale Roscoe* (ginger) samples purchased from a pharmacy and herbalists in Izmir and Istanbul,” *Clin. Exp. Heal. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 117–123, (2025). <http://10.33808/clinexphealthsci.1482709>.
- [9] Kepala BPOM RI, “Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No. 12 Tahun 2014 tentang Persyaratan Mutu Obat Tradisional,” (2014).
- [10] H. H. Wahyi, Warji, Tamrin, and S. Kuncoro, “Uji Kinerja alat Pengering Hybrid Tipe Rak pada Pengeringan Jahe,” (2024).
- [11] A. Malik, Shimpay, and M. Kumar, “Advancements in ginger drying technologies,” *J. Stored Prod. Res.*, vol. 100, no. October 2022, p. 102058, (2023). <http://10.1016/j.jspr.2022.102058>.
- [12] R. Bai, J. Sun, X. Qiao, Z. Zheng, M. Li, and B. Zhang, “Hot Air Convective Drying of Ginger Slices: Drying Behaviour, Quality Characteristics, Optimisation of Parameters, and Volatile Fingerprints Analysis,” *Foods*, vol. 12, no. 6, (2023). <http://10.3390/foods12061283>.
- [13] S. Suherman, A. Busairi, S. Priyanto, R. Martya Wardhani, and T. Hamas Assaffah, “Pengeringan Jahe Menggunakan Pengering Rak Desiccant,” *Semin. Rekayasa Kim. Dan Proses 2014*, pp. 1–6, (2014).
- [14] N. H. K. Nguyen, N. Q. Tran, L. T. N. Nguyen, N. T. Nguyen, and Q. P. Huynh, “Effects of Drying Methods on Ginger Powder Quality and Its Application in Functional Gummy Candy,” *Int. J. Food Sci.*, vol. 2026, no. 1, (2026). <http://10.1155/ijfo/4442059>.
- [15] R. Indarto, A. Hodizah Asyifaa, F. Citra Angiputri Adiningsih, G. Almira Aulia, and S. Rahmalia Achmad, “Conventional And Advanced Food-Drying Technology: A Current Review,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 10, no. 01, p. 1, (2021). [Online]. Available: www.ijstr.org
- [16] J. E. V. R. and J. Z. T., “Quality of dry ginger (*Zingiber officinale*) by different drying methods,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 51, no. 11, pp. 3190–3198, (2014). <http://10.1007/s13197-012-0823-8>.
- [17] Almasyhuri, S. Wardatun, and L. Nuraeni, “Perbedaan cara pengirisan dan pengeringan terhadap kandungan minyak atsiri dalam jahe merah,” *Indones. Bull. Heal. Res.*, vol. 40, no. 3, pp. 123–129, (2012).
- [18] D. I. P. Kusumaningrum, D. H. A. Sudarni, and S. Wahyuningsih, “Pengaruh Ketebalan Bahan dan Jumlah Desikan terhadap Laju Pengeringan Jahe (*Zingiber officinale Roscoe*) pada Pengering Kombinasi Surya dan Desikan,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 11, no. 2, pp. 80–86, (2022).
- [19] N. L. D. Widyanti, N. L. Yulianti, and Y. Setyo, “Drying Characteristics and Physical of Dried Red Ginger Powder (*Zingiber officinale var. rubrum*) with Variations of Slice Thickness and Drying Temperature,” *J. Beta (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 9, no. September, pp. 148–158, (2021).
- [20] E. Julianti, Ridwansyah, and M. Nurminah, “Chemoreaction Drying Using Quicklime (CaO) to Prevent Loss of Essential Oil in Ginger,” *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 21, no. 1, pp. 51–58, (2010).
- [21] E. . Uthman, F., Balogun, A.L and Onipe, “Design, fabrication and testing of a biomass dryer,” vol. 5, no. 1, (2017).
- [22] I. N. Sari, Warji, and D. D. Novita, “Uji Kinerja Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Pada Pengeringan Chip Pisang Kepok,” *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, (2014).
- [23] F. Adha, A. Kekuatan, T. Dan, E. Yuniata, D. A. Anggi, and D. Rio, “Analisa kinerja pengering jagung menggunakan vertical dryer dengan metode direct dan indirect,” *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 38–49, (2024).
- [24] I. B. Alit and i Gede Bawa Susana, “Pengering Berpenyupur Kalor Dengan Sumber Energi Sekam Padi,” *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, p. 1, (2020).
- [25] T. Devkota, R. Chand, M. Pant, N. Neupane, and D. Timsina, “Assessment of physico-chemical properties of ginger (*Zingiber officinale Rosc.*) genotypes in Salyan, Nepal,” *Cogent Food Agric.*, vol. 11, no. 1, p., (2025). <http://10.1080/23311932.2025.2497922>.
- [26] Maisaroh et al., “Freeze- and oven-drying of red ginger juice (*Zingiber officinale var. Rubrum*): A comparative study on physicochemical properties, bioactive retention, and microstructural characteristics,” *South African J. Chem. Eng.*, vol. 54, no. August, pp. 254–265, (2025). <http://10.1016/j.sajce.2025.08.004>.
- [27] Climate-Data.org, “Iklim Trawas (Indonesia).” Accessed: Jun. 03, 2026. [Online]. Available: <https://id.climate-data.org/asia/indonesia/east-java/trawas-1003629/>
- [28] E. Jayashree and R. Visvanathan, “Indian Society for Spices Mechanical and thermal properties of ginger (*Zingiber officinale Rosc.*),” *J. Spices Aromat. Crop.*, vol. 20, no. 2, pp. 60–65, (2011). [Online]. Available: <https://cabidigitallibrary.org>
- [29] N. S. Osborne, H. F. Stimson, and D. C. Ginnings, “Measurements of heat capacity and heat of vaporization of water in the range 0 degrees to 100 degrees C,” *J. Res. Natl. Bur. Stand. (1934)*, vol. 23, no. 2, p. 197, (1939). <http://10.6028/jres.023.008>.
- [30] Paul Evans, “Properties of Air at atmospheric pressure.” Accessed: Jun. 05, 2026. [Online]. Available: <https://theengineeringmindset.com/properties-of-air-at-atmospheric->

- pressure/
- [31] L. Xie, L. Yang, L. Su, S. Xu, and W. Zhang, "A novel rotary dryer filled with alumina ceramic beads for the treatment of industrial wastewaters: Numerical simulation and experimental study," *Processes*, vol. 9, no. 5, (2021). <http://10.3390/pr9050862>.
- [32] E. Jayashree and & R. Visvanathan, "Physical and biochemical parameters of fresh and dry ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)," *J. Spices Aromat. Crop.*, vol. 20, no. 1, pp. 14–21, (2011). [Online]. Available: <https://updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/5142>