

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PROSES PENGERINGAN SIMPLISIA MENGGUNAKAN SOLAR DRYER DENGAN KONSEP UDARA EKSTRA

Nurul Hardianti*, Retno Wulan Damayanti, Fakhрина Fahma

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126.

*Email: nurulhardi88@gmail.com

Abstrak

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air dari permukaan bahan yang dikeringkan dengan menggunakan energi panas. Salah satu alat yang digunakan untuk proses pengeringan adalah solar dryer. Solar dryer merupakan alat pengering dengan sumber panas matahari dimana biasa digunakan untuk mengeringkan bahan makanan. Saat ini Teknik Industri UNS sedang mengembangkan solar dryer dengan konsep udara ekstra serta reflektor cahaya dan lapisan kaca ganda. Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengeringan dengan menggunakan solar dryer tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan eksperimen untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh tersebut. Penelitian ini mempertimbangkan kondisi lingkungan dalam pengolahan datanya, sehingga digunakanlah uji Analisis Covarian of Variansi (ANCOVA). Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan menggunakan solar dryer diantaranya adalah collector, posisi rak, waktu pengeringan, suhu internal, interaksi posisi rak dengan suhu internal, interaksi waktu pengeringan dengan suhu internal, kelembaban internal, interaksi collector dengan kelembaban internal, interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban internal, suhu eksternal, interaksi collector dengan suhu eksternal, interaksi posisi rak dengan suhu eksternal, interaksi waktu pengeringan dengan suhu eksternal, kelembaban eksternal, interaksi collector dengan kelembaban eksternal, interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban eksternal, interaksi collector dengan kecepatan angin, interaksi posisi rak dengan kecepatan angin serta interaksi waktu pengeringan dengan kecepatan angin.

Kata kunci: ANCOVA, eksperimen, solar dryer.

1. PENDAHULUAN

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air dari permukaan bahan yang dengan menggunakan energi panas. Pengeringan dapat dilakukan dengan penjemuran, yaitu pengeringan di bawah sinar matahari langsung (*open sun drying*) atau dengan pengeringan buatan, yaitu pengeringan dengan menggunakan alat bantu. Salah satu alat pengering tersebut adalah *solar dryer*. *Solar dryer* adalah alat pengering dengan memanfaatkan energi matahari menggunakan *collector* sebagai penyerap panas sehingga penggunaan energi matahari lebih maksimal (Sundari, 2013). Pada umumnya *solar dryer* terdiri dari 3 jenis, yaitu *Direct solar dryer*, *Indirect solar dryer* dan *Combining solar dryer*. *Direct solar dryer* merupakan alat pengering dengan proses pengeringan menggunakan sinar matahari secara langsung tanpa mengkonversi sinar matahari menjadi energi lain terlebih dahulu. Sedangkan *indirect solar dryer* merupakan alat pengering dengan cara mengumpulkan sinar matahari kemudian dikonversi menjadi energi panas dan dialirkan ke produk yang dikeringkan. Kemudian *Combining solar dryer* merupakan alat pengering dengan mengkombinasikan kedua prinsip *direct* dan *indirect solar dryer* tersebut (United Nations Industrial Development Organization, 2008).

Menurut Aziz (2004), *solar dryer* dapat dimanfaatkan untuk pengeringan hasil-hasil pertanian, hasil tangkapan laut, pengeringan kayu, serta untuk berbagai pengeringan lainnya. Salah satu hasil pertanian yang dapat dikeringkan dengan *solar dryer* adalah rimpang-rimpangan untuk membuat simplisia. Salah satu penghasil simplisia rimpang di Indonesia adalah Klaster Biofarmaka Karanganyar. Pada mulanya petani di klaster ini, melakukan pengeringan dengan metode penjemuran. Agar lebih efisien, pada tahun 2014 Universitas Sebelas Maret (UNS) mulai melakukan penelitian untuk mengembangkan alat pengering dengan tenaga matahari (*solar dryer*) untuk membantu petani Klaster Biofarmaka Karanganyar dalam pembuatan simplisia. Penelitian mengenai perancangan alat pengering bertenaga matahari oleh UNS ini dibagi menjadi dua yaitu perancangan alat pengering jenis *indirect solar dryer* dan *combining solar dryer*. Penelitian mengenai *indirect solar dryer* mulai dikembangkan oleh Susilo dkk., (2014) dengan menggunakan

sumber panas sinar matahari secara tidak langsung karena ditangkap melalui pengumpul panas (*collector*). Alat pengering ini dikaji kinerjanya melalui eksperimen oleh Sakinah (2015). Kemudian dilakukan pengembangan perancangan alat pengering oleh Prasetyo (2016) dan Damara (2016) dengan sumber panas sinar matahari. Sedangkan penelitian mengenai *combining solar dryer* mulai dikembangkan oleh Agassi dkk., (2015). Alat pengering rancangan Agassi dkk., (2015) ini menggunakan sinar matahari secara langsung (melalui kaca pada bagian atas kabinet pengering) dan tak langsung (melalui *collector*). Selain itu, alat ini juga memiliki *backup* kompor biomassa sehingga dapat membantu pengeringan saat tidak ada panas matahari. Alat tersebut kemudian dikaji kinerjanya melalui eksperimen oleh Pertiwi (2015). Selanjutnya alat rancangan Agassi dkk., (2015) dikembangkan oleh Laksono dkk., (*in press*) dan dilakukan pengujian kinerja alat tersebut melalui eksperimen oleh Rochmawati (2016).

Alat pengering rancangan Susilo dkk., (2014) termasuk kedalam *indirect solar dryer* karena menggunakan sumber panas sinar matahari yang ditangkap oleh kotak penangkap cahaya (*collector*). Proses pengaliran udara panas dari kotak pengumpul cahaya menuju rak pengeringan simplisia menggunakan mekanisme aliran udara alami. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sakinah (2015), alat pengering ini memiliki kapasitas pengeringan 6 kg rimpang dengan lama pengeringan 4 hari. Kelebihan dari penggunaan alat pengering ini yaitu memakan waktu yang lebih cepat dan lebih higienis dibandingkan pengeringan menggunakan sinar matahari secara langsung, karena telah menggunakan kabinet pengering. Namun kekurangan dari alat pengering ini yaitu tidak bisa digunakan pada saat mendung atau hujan karena sumber energi hanya mengandalkan tenaga matahari. Selain itu, distribusi panas didalam kabinet pengering berbeda-beda setiap raknya sehingga mengakibatkan kualitas simplisia hasil pengeringan tidak merata.

Pada penelitian selanjutnya, dilakukan pengembangan alat pengering *indirect solar dryer* oleh Prasetyo (2016) dan Damara (2016). Untuk kabinet pengering pada alat pengering ini secara spesifik dikaji oleh Prasetyo (2016) dengan mengembangkan konsep aliran udara ekstra. Aliran udara pada kabinet pengering ini bergerak secara alami dibantu dengan *turbine ventilator*. *Turbine ventilator* ini akan berputar karena adanya angin pada luar kabinet pengering ataupun karena tekanan udara panas di dalam kabinet pengering sehingga udara akan mengalir dari dalam kabinet pengering ke keluar kabinet pengering. Menurut analisis yang telah dilakukan oleh Prasetyo (2016), kabinet pengering ini memiliki kelebihan yaitu dapat menampung kapasitas pengeringan yang lebih besar dari rancangan penelitian Susilo, dkk (2014) yang sebanyak 8-13 kg rimpang segar. Selain itu, sebaran panas di setiap bagian kabinet pengering terdistribusi secara merata. Untuk bagian *collector* panas alat pengering ini, secara spesifik dikembangkan oleh Damara (2016) dengan penggunaan reflektor cahaya (*reflector*) dan lapisan kaca ganda (*double glazing*). *Reflector* pada *collector* panas ini berfungsi untuk memperluas wilayah penangkapan sinar matahari sehingga memperbesar panas yang diserap. Selain itu, *double glazing* berfungsi untuk mengisolasi panas yang telah masuk di *collector* sehingga tidak mudah keluar ke lingkungan lagi. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan oleh Damara (2016) didapatkan konsep lapisan *double glazing with reflector* berpengaruh signifikan terhadap kenaikan temperatur udara yang dihasilkan oleh *collector*.

Pengaplikasian alat pengering ini adalah dengan menggabungkan antara kabinet pengering yang telah dirancang oleh Prasetyo (2016) dan *collector* yang telah dirancang oleh Damara (2016). Pada penelitian ini, kajian berfokus pada aplikasi alat pengering saat kabinet pengering dengan konsep aliran udara ekstra telah di-assembly dengan *collector* panas dengan konsep lapisan kaca ganda dan reflektor cahaya. Untuk menganalisis aplikasi alat pengering ini, dilakukan evaluasi kinerja alat dengan mekanisme eksperimen. Objek eksperimen yang digunakan adalah rimpang jahe segar.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

2.1 Perencanaan Eksperimen

Tahap ini diawali dengan penentuan *problem statement* eksperimen, yaitu adakah perbedaan yang signifikan antara penggunaan *collector*, waktu pengeringan, dan posisi rak dalam penurunan kadar air simplisia. Eksperimen ini juga memperhatikan faktor kondisi lingkungan (kovariat) pada pengolahan datanya. Kondisi lingkungan ini besarnya tidak bisa dikontrol namun

diduga juga berpengaruh terhadap penurunan kadar air *simplisia*. Objek eksperimen yang digunakan adalah rimpang jahe segar sehingga respon dalam eksperimen ini yaitu akumulasi penurunan kadar air *simplisia* jahe. Faktor dalam eksperimen ini terdiri dari *collector*, waktu pengeringan, dan posisi rak pengeringan. Faktor *collector* terdiri dari 4 level yaitu *single glazing*, *single glazing with reflector*, *double glazing*, dan *double glazing with reflector*. Sedangkan level pada faktor waktu pengeringan ini terdiri dari 8 level. Khusus untuk faktor waktu pengeringan ini levelnya bersifat random. Hal ini agar hasil pengujian dapat digeneralisasi ke populasi. Pemilihan level waktu pengeringan untuk setiap level *collector* ditentukan dengan bilangan random dimana diambil 8 waktu dari 16 waktu pengeringan mulai pukul 08.00 hingga 16.00 dengan rentang 30 menit, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Level Faktor Waktu Pengeringan

No.	Single Glazing	Single Glazing with Reflector	Double Glazing	Double Glazing with Reflector
1	9.30	8.30	8.30	8.30
2	10.00	9.30	10.30	9.30
3	11.30	10.30	11.00	10.00
4	12.00	12.30	11.30	10.30
5	13.30	14.00	13.30	11.00
6	14.00	14.30	14.00	11.30
7	14.30	15.00	15.00	14.00
8	16.00	15.30	15.30	15.00

Faktor posisi rak memiliki 12 level yaitu rak A (paling bawah) hingga rak L (paling atas). Sedangkan kovariat yang digunakan diantaranya suhu dan kelembaban internal (di dalam kabinet pengering), serta suhu, kelembaban, dan kecepatan angin eksternal (di luar kabinet pengering). Jumlah sampel yang digunakan sebesar 13 kg jahe segar setiap kali *running* eksperimen. Jumlah ini disesuaikan dengan kapasitas maksimal kabinet pengering. Kemudian dalam tahapan ini dilakukan pula persiapan *solar dryer* dan alat pengukuran yang digunakan dalam eksperimen. *Solar dryer* yang akan diuji dalam penelitian ini terlihat pada gambar 1. Alat pengukuran yang digunakan diantaranya *moisture meter* bertipe SM1701JS/MC7825PS, yang digunakan untuk mengukur kadar air *simplisia*, termometer alkohol untuk mengukur suhu internal, *thermo-hygrometer* untuk mengukur suhu serta kelembaban internal dan eksternal, serta anemometer untuk mengukur kecepatan angin



Gambar 1. Solar dryer

2.2 Perancangan Eksperimen

Jumlah pengamatan dalam penelitian ini yaitu *full factorial* dengan replikasi sebanyak 3 kali. Sedangkan urutan menjalankan setiap *treatment* dalam penelitian ini melalui pengacakan dengan metode *split-split plot design*. Desain ini digunakan mengingat jumlah *solar dryer* yang digunakan hanya berjumlah satu buah sehingga tidak bisa dilakukan bersamaan. Pada penelitian ini, *whole plot* (petak utama) adalah *collector*, *split plot* (petak terbagi) adalah waktu pengeringan, dan *split-split plot* (petak-petak terbagi) adalah posisi rak. Proses pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan secara random untuk masing-masing level rak, sehingga hasilnya dapat digeneralisasi.

2.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

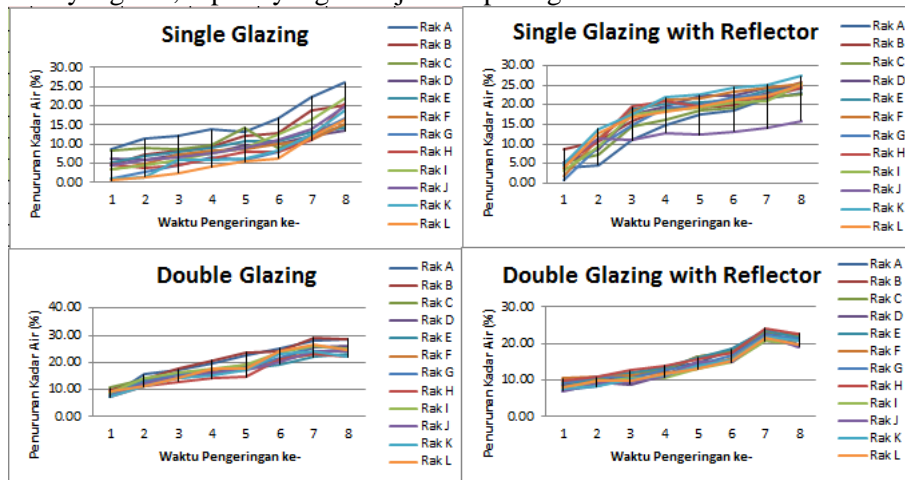
Tahap pengumpulan data dilakukan pada saat eksperimen sedang berlangsung. Hasil pengukuran respon dan kovariat dicatat dalam *sheet* dan nantinya digunakan untuk melakukan pengolahan data. Pengolahan data terbagi menjadi 2 yaitu menghitung akumulasi penurunan kadar air dan pengujian faktor-faktor yang berpengaruh pada pengeringan dengan *solar dryer*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen ini dilaksanakan selama 4 hari dengan setiap harinya dilakukan pergantian perlakuan *collector*. Eksperimen dilaksanakan mulai pukul 08.00-16.00, serta pengukuran respon dan kovariat dilakukan sesuai dengan faktor waktu pengeringan yang telah disusun sebelumnya.

3.1 Akumulasi Penurunan Kadar Air Simplisia

Akumulasi perhitungan penurunan kadar air ini dilakukan secara terpisah untuk setiap faktor *collector* yang ada, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Akumulasi Penurunan Kadar Air Simplisia

3.2 Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Pengeringan Simplisia dengan *Solar dryer*

Faktor-faktor yang berpengaruh pada pengeringan simplisia dengan menggunakan *solar dryer* ini diuji dengan menggunakan uji ANCOVA. Uji ANCOVA digunakan karena memperhitungkan adanya kovariat dalam pengolahan datanya sehingga hasilnya lebih akurat. Sebelum melakukan uji ANCOVA, perlu diketahui apakah masing-masing kovariat berkorelasi dengan respon. Uji korelasi dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 20 dengan derajat keyakinan sebesar 90%. Hasil dari uji korelasi tersebut disajikan pada tabel 2. Hipotesis yang digunakan yaitu:

$$H_0 : \text{tidak ada korelasi antara kovariat dan respon}$$

$$H_1 : \text{ada korelasi antara kovariat dan respon}$$

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi

Uji Korelasi	Signifikansi
Suhu Internal-Penurunan Kadar Air	0,001< α
Kelembaban Internal-Penurunan Kadar Air	0,001< α
Suhu Eksternal-Penurunan Kadar Air	0,001< α
Kelembaban Eksternal-Penurunan Kadar Air	0,001< α
Kecepatan angin-Penurunan Kadar Air	0,001< α

Berdasarkan uji korelasi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa kelima kovariat masing-masing memiliki nilai signifikansi kurang dari derajat keyakinan ($sig < \alpha$), sehingga H_0 ditolak dan terima H_1 . Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing kovariat berkorelasi dengan respon. Dengan demikian uji ANCOVA dapat dilakukan. Uji ANCOVA dilakukan secara terpisah untuk setiap kovariatnya, dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan *software* SPSS 20 dengan derajat keyakinan sebesar 95%. Hipotesis dalam pengujian ini yaitu:

$$H_0 : \text{Perlakuan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia jahe}$$

$$H_1 : \text{Perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia jahe}$$

Hasil pengujian uji ANCOVA untuk kovariat suhu internal disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji ANCOVA Kovariat Suhu Internal

Sumber	SS	df	MS	F	Sig
<i>Collector</i>	114,565	3	38,188	3,696	0,012< α
Posisi Rak	273,923	11	24,902	2,410	0,006< α
Waktu Pengeringan	644,413	13	49,570	4,789	0,001< α
Suhu Internal	192,625	1	192,625	18,645	0,001< α
<i>Collector</i>*Suhu Internal	13,388	3	4,529	0,438	0,726>α
Posisi Rak*Suhu Internal	249,913	11	22,719	2,199	0,013< α
Waktu Pengeringan*Suhu Internal	898,356	13	69,104	6,689	0,001< α

Berdasarkan hasil uji diatas, dapat diketahui bahwa *collector*, posisi rak, waktu pengeringan, suhu internal, interaksi posisi rak, dan suhu internal serta interaksi waktu pengeringan dengan suhu internal berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $< \alpha$ sehingga H_0 ditolak. Sedangkan interaksi antara *collector* dan suhu internal tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $> \alpha$ sehingga terima H_0 . Hasil pengujian uji ANCOVA untuk kovariat kelembaban internal disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji ANCOVA Kovariat Kelembaban Internal

Sumber	SS	df	MS	F	Sig
<i>Collector</i>	620,634	3	206,878	21,101	0,001< α
Posisi Rak	237,096	11	21,554	2,198	0,013< α
Waktu Pengeringan	1952,147	10	195,215	19,911	0,001< α
Kelembaban Internal	46,020	1	46,020	4,694	0,030< α
<i>Collector</i> *Kelembaban Internal	724,408	3	241,469	24,629	0,001< α
Posisi Rak*Kelembaban Internal	172,818	11	15,711	1,602	0,092> α
Waktu Pengeringan*Kelembaban Internal	1387,622	10	138,762	14,153	0,001< α

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa *collector*, posisi rak, waktu pengeringan, kelembaban internal, interaksi *collector*, dan kelembaban internal serta interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban internal berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $< \alpha$ sehingga H_0 ditolak. Sedangkan interaksi antara posisi rak dan kelembaban internal tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $> \alpha$ sehingga terima H_0 . Hasil pengujian uji ANCOVA untuk kovariat kelembaban internal disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji ANCOVA Kovariat Suhu Eksternal

Sumber	SS	df	MS	F	Sig
<i>Collector</i>	240,116	3	80,039	8,343	0,001< α
Posisi Rak	410,343	11	38,122	3,974	0,001< α
Waktu Pengeringan	497,893	10	49,789	5,190	0,001< α
Suhu Eksternal	126,207	1	126,207	13,155	0,001< α
<i>Collector</i> *Suhu Eksternal	303,306	3	101,102	10,538	0,001< α
Posisi Rak*Suhu Eksternal	455,024	11	41,366	4,312	0,001< α
Waktu Pengeringan*Suhu Eksternal	467,747	10	46,775	4,876	0,001< α

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa *collector*, posisi rak, waktu pengeringan, suhu eksternal, interaksi *collector*, dan suhu eksternal, interaksi posisi rak dan suhu eksternal serta interaksi waktu pengeringan dengan suhu eksternal berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $< \alpha$ sehingga H_0 ditolak. Hasil pengujian uji ANCOVA untuk kovariat kelembaban eksternal disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji ANCOVA Kovariat Kelembaban Eksternal

Sumber	SS	df	MS	F	Sig
<i>Collector</i>	363,916	3	121,305	12,262	0,000< α
Posisi Rak	137,440	11	12,495	1,263	0,241> α
Waktu Pengeringan	2082,609	10	208,261	21,052	0,001< α
Kelembaban Eksternal	62,296	1	62,296	6,297	0,012< α
<i>Collector</i> *Kelembaban Eksternal	427,728	3	142,576	14,412	0,001< α
Posisi Rak*Kelembaban Eksternal	72,334	11	6,576	0,665	0,773> α
Waktu Pengeringan*Kelembaban Eksternal	843,674	10	84,367	8,528	0,001< α

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa *collector*, waktu pengeringan, kelembaban eksternal, interaksi *collector*, dan kelembaban eksternal serta interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban eksternal berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $< \alpha$ sehingga H_0 ditolak. Sedangkan posisi rak, serta interaksi antara posisi rak dan kelembaban internal tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $> \alpha$ sehingga terima H_0 . Hasil pengujian uji ANCOVA untuk kovariat kecepatan angin disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji ANCOVA Kovariat Kecepatan Angin

Sumber	SS	df	MS	F	Sig
<i>Collector</i>	587,172	3	195,724	19,368	0,001< α
Posisi Rak	242,002	11	22,000	2,177	0,014< α
Waktu Pengeringan	6855,473	10	685,547	67,838	0,001< α
Kecepatan Angin	11,157	1	11,157	1,104	0,294> α
<i>Collector</i> *Kecepatan Angin	265,389	3	88,466	8,754	0,001< α
Posisi Rak*Kecepatan Angin	193,219	11	17,565	1,738	0,061< α
Waktu Pengeringan*Kecepatan Angin	961,818	10	96,182	9,518	0,001< α

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa *collector*, posisi rak, waktu pengeringan, interaksi *collector* dengan kecepatan angin, serta interaksi waktu pengeringan dengan kecepatan angin berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $< \alpha$ sehingga H_0 ditolak. Sedangkan kecepatan angin tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar air simplisia. Hal ini dibuktikan dengan besarnya signifikansi $> \alpha$ sehingga terima H_0 .

4. KESIMPULAN

1. Faktor kondisi lingkungan pengeringan yang berkorelasi dengan penurunan kadar air simplisia adalah suhu dan kelembaban di dalam kabinet pengering, serta suhu, kelembaban, dan kecepatan angin di luar kabinet pengering.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar air simplisia saat pengeringan dengan *solar dryer* diantaranya yaitu *collector*, posisi rak, waktu pengeringan, suhu internal, interaksi posisi rak dengan suhu internal, interaksi waktu pengeringan dengan suhu internal, kelembaban internal, interaksi *collector* dengan kelembaban internal, interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban internal, suhu eksternal, interaksi *collector* dengan suhu eksternal, interaksi posisi rak dengan suhu eksternal, interaksi waktu pengeringan dengan suhu eksternal, kelembaban eksternal, interaksi *collector* dengan kelembaban eksternal, interaksi waktu pengeringan dengan kelembaban eksternal, interaksi *collector* dengan kecepatan angin, interaksi posisi rak dengan kecepatan angin serta interaksi waktu pengeringan dengan kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Agassi, Ereika A., Damayanti, Retno. W., and Cahyono, S. I., (2015), Penentuan Konsep Perancangan Alat Pengering Simplisia Menggunakan Sumber Panas Sinar Matahari dengan Backup Panas Kompor Biomassa, *Jurnal teknik Industri* Vol. X No. 3
- Azridjal, Aziz, (2004), Teknologi Rekayasa Surya sebagai Pemanas Udara untuk Proses Pengeringan (Solar Dyer), *Jurnal Momentum, Institut Teknologi Padang, Padang*.
- Damara, Raksaka Ardy, (2016), Rancangan Kotak Pengumpul Panas Menggunakan Reflektor Cahaya dan Lapisan Kaca Ganda untuk Meningkatkan Suplai Panas Pengering Biofarmaka Bertenaga Matahari, Skripsi Teknik Industri UNS, Surakarta
- Laksono, Pringgo Widyo, Damayanti, Retno Wulan, Cahyono, Sukmaji Indro, and Muttaqin, Benazir I. A., (In Press), Performance Evaluation of Solar Dryer with a Biomass Stove to Meet Indonesian National Standard of Ginger Simplisia, *International Journal Energy Technology and Policy*
- Pertiwi, Justitieca P., (2015), Evaluasi Kinerja Alat Pengering Simplisia Menggunakan Sumber Panas Sinar Matahari dengan Backup Panas Kompor Biomassa untuk Memenuhi Standar Kualitas Simplisia Jahe, Skripsi Teknik Industri UNS, Surakarta
- Prasetyo, Catur Adi, (2016), Perancangan Kabinet Pengering Simplisia Menggunakan Sumber Energi Panas Matahari dengan Konsep Aliran Udara Ekstra, Skripsi Teknik Industri UNS, Surakarta
- Rochmawati, Yessy, (2016), Analisis Kinerja Alat Pengering Simplisia Jahe Sumber Panas Sinar Matahari dengan Cadangan Panas Kompor Biomassa Tipe II, Skripsi Teknik Industri UNS, Surakarta
- Sakinah, Fatma Fitriana, (2015), Eksperimen Indirect Passive Solar Dreyer untuk Mengkaji Pemenuhan Standar Kualitas Simplisia Bahan Baku Herbal, Skripsi Teknik Industri UNS, Surakarta
- Susilo, Ferry T., Priyadythama, Ilham, and Astuti, Rahmanyah D, (2014). Perancangan Alat Pengering Simplisia Menggunakan Tenaga Matahari. *Prosiding Seminar Nasional IDEC 2014*
- Sundari, Umayal A.R., Neelamegam., and Subramanian, C.V., (2013). Performance Evaluation of a Forced Convection Solar Drier with Evacuated Tube Collector for Drying Amla, *International Journal of Engineering and Technology*, ISSN:0975-4024
- United Nations Industrial Development Organization. (2008). *Sun and Solar Drying, Techniques and Equipment*. www.unido.org. Diakses: 22 Mei 2017