

## RANCANG BANGUN ALAT VACUUM DRYING DALAM PROSES PEMBUATAN TEPUNG MORINGA OLEIFERA LAMK

### DESIGN OF VACUUM DRYING TOOL IN THE PROCESS OF MAKING MORINGA OLEIFERA LAMK FLOUR

Martha Aznury<sup>\*1</sup>, Indah Purnamasari<sup>1</sup>, Sinta Mardiana<sup>1</sup>, Trisna Dewi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, Telp. 0711-353414/ Fax.0711-355918  
e-mail. \* [martha\\_aznury@polsri.ac.id](mailto:martha_aznury@polsri.ac.id)

#### ABSTRACT

*Moringa oleifera lamk are trees with a height of up to 12m with a diameter of 30cm. The wood is a type of soft wood and has a low quality. And has many benefits, one of which is food, health, beauty and the environment. The working principle of this spinner type dryer is the material in the form of Moringa leaves frozen first using the freezer and then put into the dryer and dispatched the time that has been adjusted together with the hot air blower so that the drying process can take place quickly, after dispensing the Moringa leaves vacuum by using a vacuum pump to remove the water contained in the material so that the leaves of moringa are completely dry, the process continues until the leaves are completely dry and ready to be made flour, The variations carried out during the drying process take place are temperature and drying time so that it is known what water content and final weight of the Moringa leaf after drying. Vacuum drying appliance has been designed with the specification tool dimensions namely: 0.0020258m<sup>2</sup> sectional area of the intake air, the rotation speed of 750rpm, power needed for 154watt, length 220mm V-belts V-belts with a speed of 3.925m/s. Produce Moringa leaf powder with a moisture content of 15% with the quality of green products (Moringa leaves), the fineness of the flour in accordance with the Indonesian National Standard quality of the flour (80mesh sieve), and the content of protein content is high at 28.84%.*

*Keywords: Moringa Leaves, Flour, Spinner type Vacuum dryer.*

#### 1. PENDAHULUAN

Daun kelor mengandung sejumlah asam amino. Asam amino yang terkandung diduga mampu meningkatkan sistem imun. Asam amino dalam tubuh akan mengalami biosintesa protein, dari 20 macam amino yang ada yakni 19 asam  $\alpha$ -L-amino dan satu asam L-imino (Montgomery, dkk., 1993), dapat disintesa menjadi 50.000 lebih protein yang bersama dengan enzim berperan dalam mengontrol aktivitas kimia antibodi untuk mencegah berbagai macam penyakit (Whynsberghe, dkk., 1995).

Telah banyak penelitian yang dilakukan diseluruh dunia tentang *Moringa oleifera lamk* sebagai salah satu tanaman pangan alternatif untuk mengatasi masalah gizi (Broin, 2010). Untuk mencukupi nutrisi pada berbagai produk pangan daun kelor dapat diolah menjadi bentuk tepung yang dapat digunakan sebagai bahan fortifikan (Prajapati, dkk., 2003). Para peneliti di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sayuran Asia (AVRDC, 2004) mengatakan bahwa daun dari empat spesies *Moringa* yang berbeda (*Moringa oleifera*, *Moringa peregrina*, *Moringa stenopetala* dan *Moringa drouhardii*) semuanya mengandung nutrisi dan antioksidan. Tanaman kelor dapat tumbuh pada lingkungan yang berbeda. Tanaman kelor dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25-35°C (Palada dan Chang, 2003).

Daun kelor adalah salah satu komoditas yang akan mengalami kerusakan apabila dilakukan pengeringan dengan suhu tinggi. Salah satu teknologi pengolahan daun kelor menjadi tepung adalah menggunakan metode pengeringan vakum (*vacuum drying*). Pengering vakum merupakan salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya produk-produk yang sensitif terhadap panas dengan operasi kondisi operasi yang dilakukan pada temperatur rendah dan tekanan di bawah 1atm.

Keunggulan produk hasil pengeringan vakum yaitu dapat mempertahankan stabilitas produk, mempertahankan stabilitas bahan, dan meningkatkan daya rehidrasi. Berdasarkan permasalahan diatas

maka dibuatlah alat pengering vakum tipe *spinner* untuk proses pengeringan daun kelor. Pemilihan metode pengeringan tipe *spinner* diharapkan dapat mengeringkan daun kelor dengan cepat tanpa terjadinya perubahan fisika maupun kimiawi pada bahan yang dikeringkan. Maka dengan mempertimbangkan hal tersebut dibuatlah suatu teknologi pengeringan dengan pengoperasian sederhana, dan diharapkan dapat menghasilkan kualitas produk tepung daun kelor yang baik tanpa menghilangkan atau pun mengurangi kandungan nutrisi pada daun kelor tersebut.

#### Perencanaan Desain Perancangan Alat Vacuum Drying

Luas penampang tabung *spinner*

$$A = \pi \times D_{t1} \times t_s \quad (\text{sularso, 2004})$$

Menghitung luas penampang udara masuk :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad (\text{sularso, 2004})$$

Menghitung perbandingan *pulley*

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_{p2}}{D_{p1}}$$

Dimana:

$D_{p1}$  = Diameter *pulley* tabung *spinner* (mm)

$D_{p2}$  = Diameter *pulley* motor penggerak (mm)

$n_1$  = Kecepatan putar motor penggerak (rpm)

$n_2$  = Kecepatan putar *pulley* tabung *spinner* (rpm)

Menghitung Daya yang dibutuhkan

$$P = I \times V \quad (\text{Sularso, 2004})$$

Menghitung Panjang V-Belt

$$L = \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + 2c + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4c}$$

Dimana :

L = Panjang sabuk (mm)

C = Jarak antara sumbu poros (mm)

jarak antar poros. Kedua poros (C) yang seharusnya adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8}$$

$$b = 2L - \pi(d_{p2} + d_{p1})$$

Kecepatan sabuk V

$$v = \frac{\pi \times d_p \times n_1}{60 \times 1000} \quad (\text{Sularso, 2004})$$

## 2. METODOLOGI

Pendekatan Desain Fungsional

### 1. Drying Room

Tabung ini berfungsi sebagai tempat terjadinya pengeringan daun kelor.

### 2. Tutup Tangki Pengereng

Tutup tabung berbahan kaca dengan desain agar bisa mengamati konsi bahan dalam tabung.

### 3. Panel Controller

Panel berfungsi untuk mengatur proses operasi dalam pengeringan.

### 4. Puli (Pulley)

Pulley digunakan untuk mentransmisikan daya dan putaran poros yang satu keporos yang lain dengan bantuan sabuk.

### 5. Belt (V-Belt)

V-Belt berfugsi sebagai penyalur daya antara puli motor dan puli yang terdapat pada *vacuum drying*.

### 6. Motor penggerak listrik

Berfungsi untuk menggerakkan poros pada tabung *spinner* yang dibantu dengan sabuk-V dan *Pulley* yang telah terhubung pada tabung *spinner*.

### 7. Pompa vakum

Pompa vakum adalah alat untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum.

### 8. Blower

Untuk menaikkan tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu.



Gambar 1. Desain Alat *Vacuum Drying*

Keterangan :

1. Jaket Tabung
2. Tutup Tabung
3. Pressure Gauge
4. Tangki Penampung Air
5. Box Panel
6. Blower
7. Motor Penggerak
8. Pompa Vakum

## Prosedur Penelitian

### Preparasi Bahan Baku

Menyiapkan bahan baku berupa daun kelor segar dan dibekukan ke dalam *freezer* pada suhu  $-3^{\circ}\text{C}$ . Kemudian menimbang daun kelor beku sebanyak 200gr.

### Tahap Pengeringan Bahan Baku

Menyiapkan bahan baku sebanyak 200gr. Memasukkan ke dalam alat pengering. kemudian mengatur kecepatan putaran, temperatur panas pada blower, dan tekanan pompa vakum. Ketika dalam keadaan vakum, blower dimatikan agar kondisi vakum bisa berjalan. Proses pengeringan dilakukan selama 5jam. Variabel proses yang dilakukan adalah kecepatan putaran, temperatur, dan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan daun kelor.

### Tahap pembuatan Tepung Daun Kelor

Melakukan penghancuran bahan baku dengan menggunakan alat penepung (blender) kemudian melakukan pengayakan dengan menggunakan ayakan ukuran 80mesh untuk menghasilkan tepung daun kelor.

### Analisa Kadar Air dan Nutrisi Daun kelor Kering

Metode analisa kadar air dan kadar abu menggunakan metode SNI tepung terigu (SNI 3751, 2009). Sedangkan untuk analisa kadar protein menggunakan metode Kjeldahl.

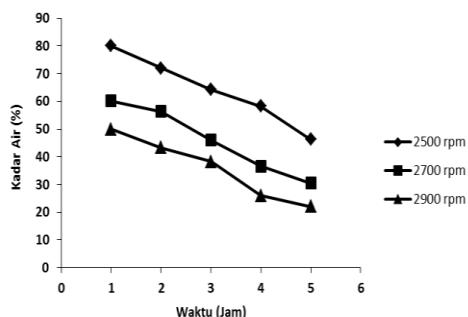
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi rancang bangun alat *vacuum drying* berdasarkan kapasitas daya teoritis adalah 154watt sedangkan daya yang tersedia adalah 330watt atau 0,25Hp sehingga secara teknis alat *vacuum drying* layak untuk digunakan. Kebutuhan daya pada motor penggerak sudah memenuhi kebutuhan daya pada alat *vacuum drying*. Unit transmisi merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya dari tenaga penggerak kebagian mesin lainnya. Pada alat *vacuum drying* transmisi meliputi sabuk-V dan puli. Sabuk dan puli umumnya digunakan untuk menyalurkan daya atau putaran yang memiliki jarak poros berjauhan. Alat *vacuum drying* yang diuji menggunakan sabuk-V tipe A. selain sebagai penyalur daya, sabuk dan puli juga berfungsi sebagai produksi putaran yaitu 1500rpm pada motor penggerak menjadi 750rpm pada tabung *spinner*, berdasarkan perhitungan desain didapatkan panjang sabuk 220mm dengan kecepatan linier 3,925m/s. Spesifikasi alat yang digunakan kecepatan maksimum motor penggerak adalah 2900rpm menjadi 1450rpm dengan kecepatan linier 7,6m/s. Jumlah sabuk berdasarkan perhitungan desain dan aktual yaitu 1sabuk, maka dari itu analisis unit transmisi alat *vacuum drying* layak digunakan.

Dalam perancangan alat *vacuum drying* menggunakan pompa vakum dengan kebutuhan daya secara aktual 330watt dan blower dengan kebutuhan daya 220watt sehingga jika ditotalkan kebutuhan daya yang diperlukan untuk mengoperasikan alat *vacuum drying* adalah sebesar 880watt.

### Pengaruh Kecepatan Putaran Terhadap Waktu Pengeringan

Pengaruh kecepatan putaran terhadap waktu pengeringan dalam proses pengeringan daun kelor dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Pengaruh Kecepatan Putaran Terhadap Waktu Pengeringan

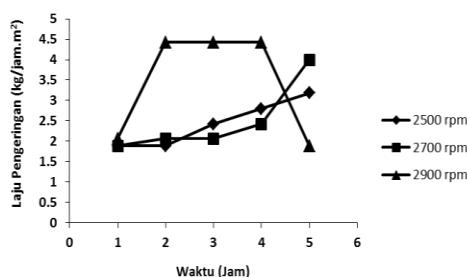
Gambar 2 merupakan diagram yang menunjukkan pengaruh kecepatan putaran terhadap waktu pengeringan. Diagram di atas terlihat bahwa pengaruh kecepatan putaran sangat nyata dalam proses pengurangan kadar air pada daun kelor. Semakin cepat kecepatan putaran maka waktu untuk melepaskan kadar air pada daun kelor juga semakin cepat. Hal ini terlihat pada hasil pengeringan daun kelor di tiap kecepatannya grafik terlihat menurun, untuk kecepatan putaran 2500 rpm kadar air yang masih terkandung dalam daun kelor adalah 80-20% sebanyak 5 kali pengulangan dengan interval waktu yang digunakan adalah selama 1jam dalam proses pengeringan bahan yang sama seberat 200gr. Untuk kecepatan putaran 2500rpm pengurangan kadar air sudah mendekati pengeringan yang baik. Karena telah dapat mengurangi kandungan kadar air hingga 50% pada daun kelor, tetapi pada kecepatan ini hasil belum maksimal dan untuk bahan baku masih memiliki tekstur yang lembab dalam pengeringan waktu maksimal yang digunakan selama 5jam pengeringan. Pada kecepatan putaran 2700rpm bahan baku terus mengalami penurunan kadar air hingga hanya tersisa sebanyak 30% kandungan kadar air dalam daun kelor, namun masih belum mencapai tekstur yang diinginkan karena kondisi bahan masih sedikit lembab. Pada Kecepatan putaran 2900rpm bahan baku sudah mengalami pengeringan yang baik dengan tekstur bahan gurih dan berwarna hijau telah mencapai tekstur yang diinginkan pada waktu optimum operasi yaitu selama 5jam proses pengeringan dengan kandungan kadar air dalam daun kelor 22% dengan tekstur gurih, berwarna hijau, dan berbau khas daun kelor. Persen kadar air yang diperoleh dari hasil penelitian dalam waktu 5 jam sudah menghasilkan kandungan kadar air yang lebih sedikit. Karena berdasarkan jurnal penelitian yang dilakukan oleh Melo, dkk., 2013; Shiriki, dkk., 2015; Nweze dan Nwafeo, 2014; Tekle, dkk., 2015 kadar air daun kelor kering yang diperoleh adalah sebesar 4,09%. Proses pengeringan yang banyak dilakukan adalah dengan menggunakan alat *vacuum freeze drying* yang dilengkapi dengan kondensor sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama yaitu 18-24jam dengan pembekuan menggunakan Nitrogen cair dengan suhu  $-76^{\circ}\text{C}$ .

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa variasi kecepatan putaran dilakukan untuk mendapatkan dan mengetahui batas pengeringan yang baik terhadap karakteristik bahan yang digunakan (kebekuan bahan baku). Untuk mengetahui apakah alat pengering yang telah dibuat dapat mempertahankan kondisi panas pada ruang pengering dengan baik, dapat dilihat pada penurunan kadar air yang terkandung dalam daun kelor semakin berkurang dengan persentase 20% pada kondisi operasi optimum yaitu selama 5jam proses pengeringan pada bahan yang sama. Hal ini membuktikan bahwa alat pengering yang telah dirancang dapat berfungsi dengan baik. Proses

pengeringan dengan kecepatan putaran 2900rpm menunjukkan penurunan kadar air relatif lebih cepat. Hal ini disebabkan karena udara membantu membawa uap air keluar dari ruang pengering sehingga uap air tidak tinggal didalam ruang pengering. Semakin cepat kecepatan putaran maka semakin cepat waktu pengeringan juga akan semakin cepat.

### Pengaruh kecepatan putaran terhadap laju pengeringan

Pengaruh kecepatan putaran terhadap laju pengeringan dalam proses pengeringan daun kelor dapat dilihat pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Putaran Terhadap Laju Pengeringan

Gambar 3 merupakan diagram yang menunjukkan hubungan laju pengeringan dengan waktu. Diagram di atas terlihat bahwa secara keseluruhan proses pengeringan pada kecepatan putaran 2500 dan 2700rpm menunjukkan terjadinya peningkatan laju pengeringan bahan dimana sebagian besar udara pengering digunakan sepenuhnya untuk menguapkan air pada permukaan bahan. Pada kecepatan putaran 2900rpm dapat dilihat bahwa laju pengeringan naik dan kemudian menurun. Hal ini disebabkan karena pengeringan pada kecepatan putaran 2900rpm cenderung menguapkan air terikat. Penurunan laju pengeringan menunjukkan bahwa bahan masih berpotensi untuk mengalami penguapan. Hal tersebut terjadi sebab selama proses pengeringan, selain adanya air bebas yang cenderung lebih mudah menguap, ada juga air terikat yang sulit untuk bergerak naik ke permukaan bahan selama proses pengeringan sehingga laju pengeringan menjadi menurun. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa laju pengeringan akan menurun seiring dengan penurunan kadar air selama proses pengeringan. Jumlah air terikat makin lama semakin berkurang. Perubahan dari laju pengeringan tetap menjadi laju pengeringan menurun, untuk bahan yang berbeda akan terjadi pada kadar air yang berbeda pula. Pada periode laju pengeringan menurun, permukaan partikel bahan yang dikeringkan tidak lagi ditutupi oleh lapisan air. Selama periode laju pengeringan menurun, energi panas yang diperoleh bahan digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit sekali jumlahnya.

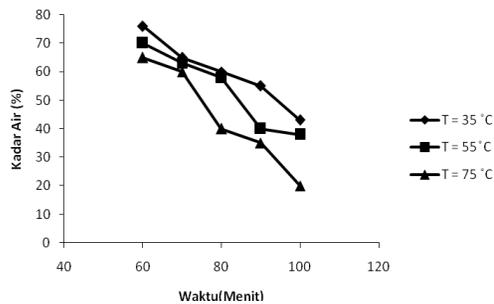
Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan konstan dimana kadar air bahan lebih kecil dari pada kadar air kritis, hal tersebut terlihat pada Gambar 3 menunjukkan pada kecepatan putaran 2900rpm laju pengeringan mengalami penurunan setelah dalam keadaan konstan dari  $4,4268\text{kg/jam.m}^2$  menjadi  $1,8876\text{kg/jam.m}^2$  selama 5jam proses pengeringan yang dilakukan.

Menurut jurnal penelitian Zamzami, (2017) dan seperti pernyataan yang dikemukakan oleh Henderson dan Perry, (1995) bahwa proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini di batasi oleh

kadar air kritis. Pada periode pengeringan dengan laju tetap, bahan masih mengandung air yang cukup banyak dimana pada permukaan bahan berlangsung penguapan yang lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas. Laju penguapan sebagian besar tergantung pada keadaan sekeliling bahan, sedangkan pengaruh bahannya sendiri relatif kecil.

#### Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Kadar Air Daun Kelor

Dari data yang didapatkan selama proses pengeringan didapatkan kadar air dengan perbandingan suhu dan waktu pengeringan, adapun grafik kadar air daun kelor kering dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :

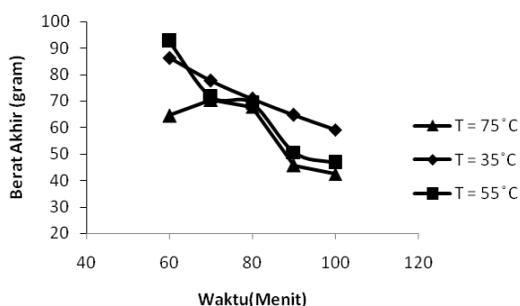


Gambar 4. Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Kadar Air

Dari Gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa semakin lama pengeringan dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin rendah kadar air yang dihasilkan dapat dilihat bahwa pada temperatur 75°C dan pada waktu pengeringan 100menit terjadi penurunan kadar air yang sangat signifikan yaitu 20% hal ini hampir mendekati kadar air tepung yang sesuai dengan SNI yaitu 15%. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tingginya suhu maka semakin banyak molekul air yang menguap dari daun kelor yang dikeringkan sehingga kadar air yang diperoleh semakin rendah. Sejalan dengan pendapat Winarno, (1997) dimana semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat terjadi penguapan, sehingga kandungan air di dalam bahan semakin rendah. Semakin lama suatu bahan kontak langsung dengan panas, maka kandungan air juga akan semakin rendah.

#### Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Berat Akhir Daun Kelor

Dari data yang didapatkan selama proses pengeringan didapatkan berat akhir dengan perbandingan suhu dan waktu pengeringan, adapun grafik berat akhir daun kelor kering dengan perbandingan suhu dan waktu pengeringan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



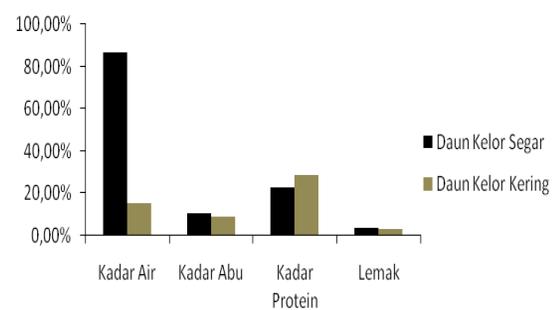
Gambar 5. Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Berat Akhir

Rendemen daun kelor yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor suhu dan lama pengeringan. Selama proses pengeringan penurunan

berat terus berlanjut dengan semakin tinggi suhu dan lama pengeringan yang digunakan. Hal ini diduga karena bobot air atau kandungan air di dalam bahan semakin menurun akibat pemanasan. Hal tersebut sejalan dengan literatur Yuniarti, dkk., (2013), bahwa semakin tinggi suhu pengering menyebabkan kadar air bahan semakin menurun. Seiring dengan menguapnya kadar air maka kadar berat yang dihasilkan juga semakin berkurang. Semakin lama waktu pengeringan maka semakin rendah pula rendemen daun kelor. Hal tersebut didukung dengan pendapat Winarno, (1993) bahwa proses pengeringan menyebabkan kandungan air selama proses pengolahan berkurang sehingga mengakibatkan penurunan Berat.

#### Karakteristik Daun Kelor Segar dan Daun Kelor Kering

Pada saat pengeringan dengan menggunakan alat pengering *vacuum drying* dilakukanlah analisa karakteristik terhadap daun kelor segar dan tepung daun kelor, hal ini bertujuan agar dapat mengetahui seberapa efisien alat pengering yang kami gunakan, dan setelah dilakukan analisa didapatkan lah grafik perbandingan antara daun kelor segar dan tepung daun kelor setelah dikeringkan dengan menggunakan alat pengering vacuum dryer dan grafik nya dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :



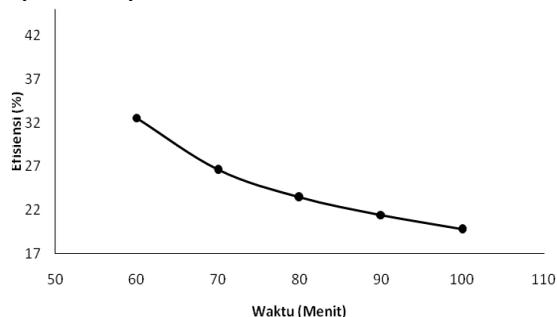
Gambar 6 Grafik perbandingan karakteristik daun kelor segar dan tepung daun kelor

Dari hasil analisa karakteristik daun kelor segar dan tepung daun kelor yang dilakukan dilaboratorium rekayasa bioproses didapatkan kadar air daun kelor sebesar 15% dan kadar air untuk tepung daun kelor ini hampir mendekati dengan kadar air tepung yang sesuai dengan SNI, kita ketahui bahwa Kadar air merupakan karakteristik yang mempengaruhi tekstur dan penampakan bahan pangan serta juga menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan bahan pangan mudah ditumbuhi kapang dan jamur (Persagi, 2009). Kadar air yang cenderung tinggi disebabkan oleh proses pengeringan yang hanya mengandalkan suhu ruang. Jaka dan Yazid., (2017) melakukan pengeringan daun selama 3minggu dalam suhu ruang dan hasilnya tidak jauh berbeda dari hasil yang didapatkan dari penelitian dengan pengeringan menggunakan alat *vacuum drying* yang kami lakukan dari situ kita ketahui bahwa alat pengering *Vacuum Drying* tipe *Spinner* ini sangat efektif untuk mengeringkan daun kelor dengan waktu yang relatif singkat namun menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan. Begitu juga untuk kadar abu yang akan mengalami penurunan kadar abu dari daun kelor segar sampai menjadi tepung daun kelor hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ajeng, (2016) bahwa semakin kecil kadar abu yang terkandung dalam daun kelor maka akan semakin baik daun tersebut hal ini dikarenakan Kadar abu memiliki hubungan erat dengan kandungan mineral serta kebersihan suatu bahan (Persagi, 2009) dan

untuk kadar protein didapatkan nilai yang tinggi yakni 28,48%, Kadar protein yang cukup tinggi. Semakin tinggi kadar protein maka semakin layak tepung daun kelor untuk dikonsumsi. Dari seluruh data yang didapat dari analisa kandungan daun kelor tersebut dapat kita ketahui bahwa perubahan yang terjadi pada daun kelor segar sehingga menjadi tepung daun kelor disebabkan karena proses pengeringan yang dilakukan, semakin baik perubahan yang terjadi berarti semakin baik alat pengering yang digunakan.

### Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Efisiensi Thermal Pengering Vacuum Dryer

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dengan perbandingan waktu pengeringan dan dengan Temperatur tetap yakni 75°C didapatkan lah nilai efisiensi dari masing-masing waktu, dan grafik pengaruh waktu pengeringan terhadap efisiensi alat dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. Pengaruh waktu pengeringan terhadap efisiensi thermal

Parameter kinerja *Vacuum dryer* seperti efisiensi termal pengeringan pada alat pengering pangan tipe spinner ini, menunjukkan besarnya penggunaan panas efektif dalam pengeringan yang dapat digunakan untuk menguapkan air dari dalam bahan baku (daun kelor) dengan suhu pengeringan 75°C. Pada percobaan yang telah dilakukan selama 3hari, efisiensi termal pengeringan bervariasi antara 19,78% sampai 34,39%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar panas yang terakumulasi dalam pengeringan digunakan untuk menguapkan air dari bahan, sedangkan sebagian lagi hilang.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan grafik pengaruh waktu pengeringan terhadap efisiensi termal pengeringan bahan (daun kelor). Pada Gambar 7 di atas, ditunjukkan bahwa Pengeringan itu sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi termal dan efisiensi termal yang paling tinggi berada pada waktu pengeringan selama 60menit, yaitu sebesar 34,39% hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zikri, dkk., (2015), bahwa semakin lama proses pengeringan untuk mengeringkan bahan baku tersebut, maka energi panas yang terpakai akan semakin tinggi dan menyebabkan efisiensi tidak begitu besar.

Hal ini disebabkan oleh penggunaan energi panas yang disuplai untuk pengurangan kadar air pada daun kelor ini, ialah disuplai dari energi panas *heater* (pemanas) yang terangkai dibagian dalam blower, yang memiliki daya sebesar 250watt. Energi yang disuplai oleh *heater* dan motor listrik ini berfungsi sebagai pemanas dan penggerak pengering spinner. Namun, penggunaan pemanas ini sangat menguntungkan karena proses pengeringan dapat dilakukan dengan cepat dan mudah dalam penggunaannya.

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengeringan bahan baku dan pembuatan tepung daun kelor dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat *vacuum drying* telah dirancang dengan spesifikasi alat yang berdimensi yaitu : luas penampang udara masuk 0,0020258m<sup>2</sup>, kecepatan putaran 750rpm, daya yang dibutuhkan sebesar 154watt, panjang sabuk-V 220mm dengan kecepatan sabuk-V sebesar 3,925m/s.
2. Variasi kecepatan putaran berpengaruh terhadap waktu pengeringan daun kelor. Dalam proses pengeringan daun kelor dengan menggunakan alat *vacuum drying* didapatkan hasil produk daun kelor kering pada kondisi operasi optimum yaitu pada kecepatan putaran 2900rpm dengan kadar air pada daun kelor sebesar 22%.
3. Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan konstan dimana kadar air bahan lebih kecil dari pada kadar air kritis.pada Gambar 3 menunjukkan pada kecepatan 2900rpm laju pengeringan mengalami penurunan setelah dalam keadaan konstan.
4. Kondisi optimum untuk pengeringan daun kelor sehingga didapatkan daun kelor dengan kadar air yang mendekati SNI dan dengan kualitas tepung yang bermutu adalah waktu pengeringan 100menit dan dengan temperatur 75°C didapatkan kadar air sebesar 20% dan sudah sesuai dengan SNI.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ajeng,R.,G. 2016. Uji Organoleptik dan Antioksidan Teh Daun Kelor dan Kulit Jeruk Purut dengan Variasi Suhu Pengeringan . Skripsi Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- AVRDC. 2004. Impact. Shanhua, Tainan, Taiwan:AVRDC - *The World Vegetable Center*. AVRDC Publication 04-597, 4 pp.
- Broin. 2010. *Growing and processing moringa leaves*. France: Imprimerie Horizon.
- Bharali, R., Tabassum, J., dan Azad, M. R. H. 2003. *Chemomodulatory effect of Moringan oleifera Lam On hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters, and skin papillomagenesis in mice*. Asian Pacific J Cancer Prevent 4. ([http://www.apocpcontrol.org/paper\\_file/issue\\_a bs/Volume4\\_No2/ Rupjyoti%20Bharali.pdf](http://www.apocpcontrol.org/paper_file/issue_a bs/Volume4_No2/ Rupjyoti%20Bharali.pdf))
- Fahey, J.W. 2005. *Moringa oleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties*. Part 1.
- Henderson,M.S. dan R.L. Perry. 1995. *Agricultural Process Engineering*. New York: John Wiley and sons,Inc.
- Jaka,R.,dan Yazid,B. 2017. Rancang Bangun Alat Pengering Dengan Sistem Pengeringan Gabungan Perpindahan Panas Tidak Langsung Dan Vakum. Pasundan Food Technology Journal, Volume 4, No.3 :208-214.
- Melo, N. V., Vargas, T. Quirino and C. M. C. Calvo. (2013). *Moringa oleifera L. An underutilized tree with macronutrients for human health*.
- Montgomery, R., *dryer, RL., Conway, TW., Spector, AA.* 1993. *Biokimia. Jilid 1 dan 3*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Nweze, N. O., dan Nwafor, F. I. (2014). *Phytochemical, proximate and mineral composition of leaf extracts of Moringa oleifera Lam.* From Nsukka, South-Eastern Nigeria. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 9, 99-103.
- Oduro,W,E.,dan Deborah,O. (2008). Nutritional Potential of Two Leaty Vegetables *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* Leaves. *Scientific*.

- Palada, M. C. and L. C. Chang. 2003. *Suggested Cultural Practices for kangkong*. [www.avdrc.org/pdf/seeds/kangkong.pdf](http://www.avdrc.org/pdf/seeds/kangkong.pdf). Diakses pada tanggal 15 Maret 2019.
- Persagi, 2009. Labu Kuning. Daftar Komposisi Bahan Makanan. DKBM, Jakarta.
- Prajapati RD, Murdia PC, Yadav CM, Chaudhary JL. 2003. *Nutritive value of drumstick (Moringa oleifera) leaves in sheep and goats*. *Indian Journal of Small Ruminants* (2): 136-137.
- Shiriki, D., Igyor, M.A. dan Gernah, D.I. (2015). *Nutritional evaluation of complementary food formulations fortified with moringa oleifera from maize, soybean and peanut leaf powder*. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 494-500.
- SNI 01-3751-2009. Tepung Terigu Sebagai Bahan Makanan. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Sularso, Kiyokatsu Suga. (2004). “*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*”, PT Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Tekle, A., Belay, A., Kelem, K., Yohannes, M. W., Wodajo, B., and Tesfaye, *of Moringa stenopetala Species Samples Collected from Different Places in Ethiopia*. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 5(5): 1100-1101
- Whynsberghe, D.V., Noback, C.R., Carola, R. 1995. *Human Anatomy and Physiology*. 3<sup>rd</sup> Ed. Mc Graw-Hill Inc.
- Winarno, F. G. 1993. *Kimia Pangan dan Gizi, Teknologi dan Konsumen*. Jakarta: Gramedia.
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yuniarti, D.W., Titik dan Eddy. 2013. Pengaruh Suhu Pengeringan Vakum terhadap Serbuk Albumin Ikan Gabus (*Ophiocephalus striatus*). *Jurnal THPi Student*. vol. 1, nomor 1.
- Zamzami, Muhammad Abror. (2017). *Pengaruh Kecepatan Putaran Terhadap laju Pengeringan Rimpang Jahe (Zingiber Officinale Roscoe) pada Pengeringan Kombinasi Surya-Tapis Molekul*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Zikri, A., Erlinawati., dan Irawan, W. (2015) *Uji Kinerja Rotary Dryer Berdasarkan Efisiensi Termal Peengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopellet*. *Jurnal Teknik Kimia* No. 2, Vol. 21. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.