



**PENGARUH PUTARAN MESIN PENGERING SISTEM *ROTARY*
TERHADAP PERUBAHAN WARNA DAN
LAJU PENGERINGAN ROSELA**

SKRIPSI

Oleh:

JIMI BAGUS HARMANTO

NIM 131910101078

**PROGRAM STUDI STRATA SATU
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**PENGARUH PUTARAN MESIN PENGERING SISTEM *ROTARY*
TERHADAP PERUBAHAN WARNA DAN
LAJU PENGERINGAN ROSELA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

JIMI BAGUS HARMANTO

NIM 131910101078

PROGRAM STUDI STRATA SATU

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

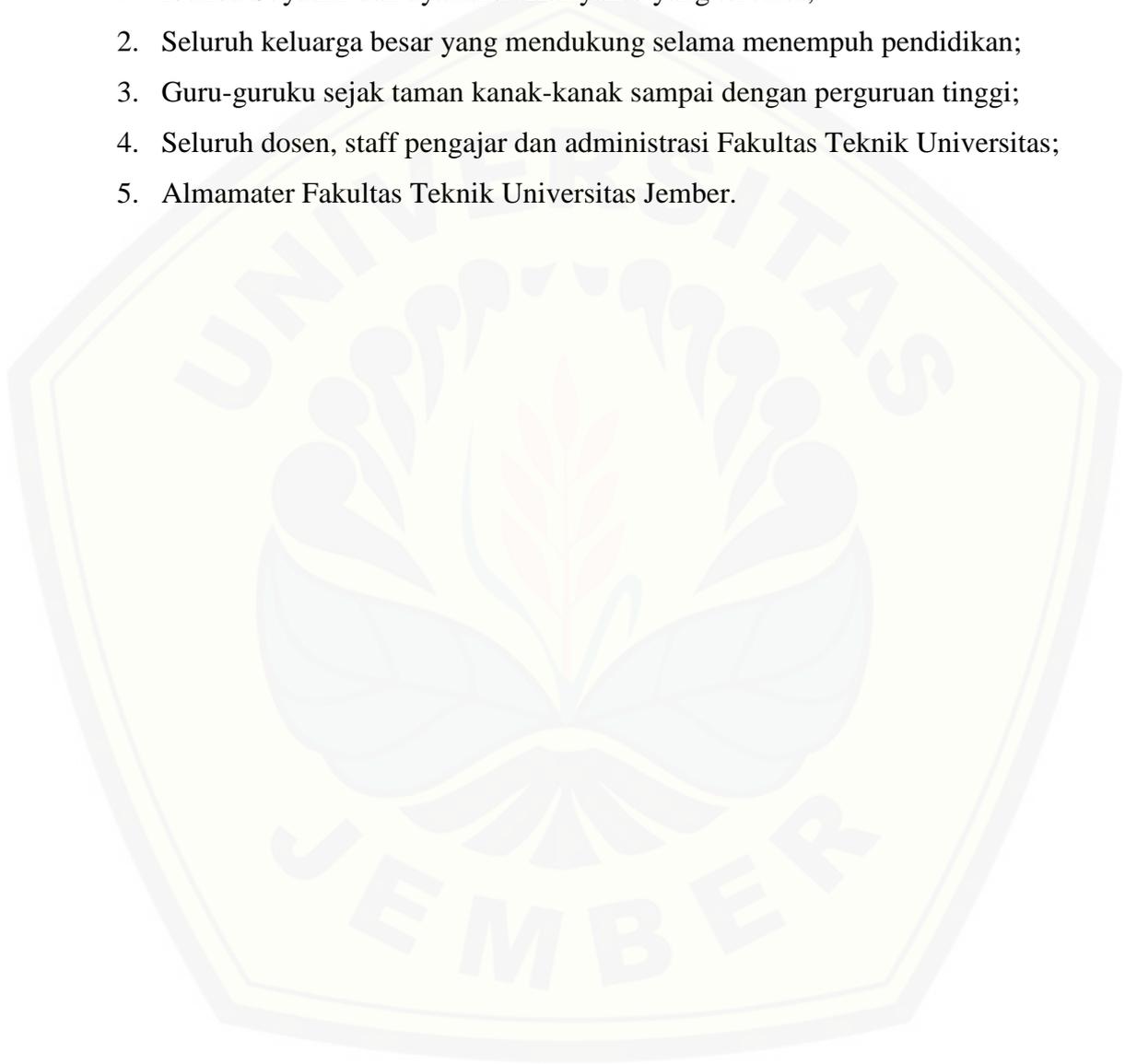
UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suyatmi dan ayahanda Hariyanto yang tercinta;
2. Seluruh keluarga besar yang mendukung selama menempuh pendidikan;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui.

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 216)¹

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 286)²



¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

² Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Jimi Bagus Harmanto

NIM : 131910101078

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Putaran Mesin Pengering Sistem *Rotary* terhadap Perubahan Warna dan Laju Pengeringan Rosela” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 September 2019

Yang Menyatakan

Jimi Bagus Harmanto

NIM 131910101078

SKRIPSI

**PENGARUH PUTARAN MESIN PENGERING SISTEM
ROTARY TERHADAP PERUBAHAN WARNA DAN
LAJU PENGERINGAN ROSELA**

Oleh

Jimi Bagus Harmanto

NIM 131910101078

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Rika Dwi Qoryah, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Putaran Mesin Pengering Sistem *Rotary* terhadap Perubahan Warna dan Laju Pengeringan Rosela” karya Jimi Bagus Harmanto telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 25 September 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 198501172012121001

Rika Dwi Qoryah, S.T., M.T.
NIP 760014642

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T.
NIP 197111141999031002

Moch. Edoward R., S.T., M.T.
NIP 198704302014041001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Pengaruh Putaran Mesin Pengering Sistem Rotary terhadap Perubahan Warna dan Laju Pengeringan Rosela; Jimi Bagus Harmanto, 131910101078; 2019: 58 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*) merupakan bunga yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan teh herbal atau teh merah. Berbagai kandungan anti oksidan terdapat dalam teh yang berasal dari kelopak rosela, memiliki banyak manfaat antara lain sebagai anti kanker, anti hipertensi, diabetes, menetralkan racun, mengobati maag, sariawan serta dapat mengurangi penuaan dini (Ahmad dan Vossen, 2003: 7). Menurut Dep.Kes RI No. 10.65/35.15/05, setiap 100 gr rosela mengandung 260-280 mg vitamin C, vitamin D, vitamin B1 dan vitamin B2. Kandungan lainnya yaitu kalsium 486 mg, omega 3, magnesium, beta karotin serta asam amino esensial (seperti lysine dan arginine). Salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan kimia adalah faktor kekeringan dari bahan tersebut (DepKes RI, 2000:10).

Hambatan utama yang dihadapi produsen rosela adalah proses pengeringannya, lamanya waktu proses pengeringan karena hanya mengandalkan sinar matahari. Tujuannya mendapatkan kelopak bunga rosela kering dengan kandungan air 10 % diperlukan waktu yang relatif lama yaitu perlu waktu 5 hari. Di samping itu, pada musim hujan pengeringan berlangsung sangat lambat. Pengeringan yang belum sempurna ini bahkan dapat mengakibatkan produk menjamur kemudian membusuk sehingga harga jualnya turun drastis menjadi Rp.30.000,00/kg. Jika kualitas baik dihargai Rp.150.000,00/kg. (Yuariski dan Suherman, 2012:2).

Salah satu alternatif pengeringan rosela yaitu menggunakan pengering sistem rotary atau rotary dryer. Proses pengeringan rosela dengan menggunakan pengering sistem rotary, lama waktu proses pengeringan rosela dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin. Rosela dianggap kering dengan kadar air 10 %. Hasil pengeringan yang baik didapat pada kecepatan putaran mesin 25 rpm dan lama

waktu proses pengeringan 135 menit. Kecepatan putar mesin sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan rosela. Kecepatan putar yang baik yaitu kecepatan putar 25 rpm pada waktu pengeringan 10 menit menghasilkan perpindahan massa uap air tertinggi 0,127 g.H₂O/menit.cm². Warna rosela kering dengan kecepatan putaran mesin 25 rpm, 16 rpm dan 9 rpm hasilnya relatif sama.



SUMMARY

Effect of Rotary System Rotary Machine Rotation on Color Change and Roselle Drying Rate; Jimi Bagus Harmanto, 131910101078; 2019: 58 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) is a flower that can be used as a raw material for making herbal tea or red tea. Various anti-oxidants contained in tea derived from rosella calyx, has many benefits such as anti-cancer, anti-hypertension, diabetes, neutralize toxins, treat ulcers, canker sores and can reduce premature aging (Ahmad and Vossen, 2003: 7). According to the Ministry of Health Republic of Indonesia No. 10.65 / 35.15 / 05, every 100 grams of rosella contains 260-280 mg of vitamin C, vitamin D, vitamin B1 and vitamin B2. Other ingredients are calcium 486 mg, omega 3, magnesium, betta carotene and essential amino acids (such as lysine and arginine). One of the factors that influence the chemical content is the drought factor of the material (DepKes RI, 2000:10).

The main obstacle faced by rosella producers is the drying process, the length of the drying process because it only relies on sunlight. The goal is to get dried roselle calyx with a water content of 10%, it takes a relatively long time, that is, it takes 5 days. In addition, in the rainy season drying takes place very slowly. This imperfect drying can even cause the products to mushroom and then rot so that the selling price drops dramatically to Rp. 30,000.00 / kg. If good quality is valued at Rp. 150,000.00 / kg (Yuariski and Suherman, 2012: 2).

One alternative to Roselle drying is to use a rotary dryer system. Roselle drying process by using a rotary dryer system, the length of time the roselle drying process is influenced by the rotational speed of the machine. Roselle is considered dry with a moisture content of 10%. Good drying results are obtained at an engine speed of 25 rpm and a drying time of 135 minutes. The engine rotational speed is very influential on the rate of drying of the rosella. A good rotational speed of 25

rpm at a drying time of 10 minutes produces the highest water vapor mass transfer $0.127 \text{ g.H}_2\text{O} / \text{minute.cm}^2$. Dry roselle color with engine speed of 25 rpm, 16 rpm and 9 rpm results are relatively the same.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh Putaran Mesin Pengering Sistem *Rotary* terhadap Perubahan Warna dan Laju Pengeringan Rosela". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Entin Hidayah M, UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. dan Ibu Rika Dwi Qoryah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing;
5. Mimin Dwi Jayanti yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan dalam melakukan penelitian;
6. Rekan satu tim penelitian pengeringan dan saudara-saudaraku Mahasiswa Teknik Mesin 2013;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 25 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Proses Pengeringan	7
2.2.1 Teori Pengeringan	7

2.2.2 Kadar Air	9
2.2.3 Pengeringan Laju Pengeringan	10
2.2.4 Efisiensi Energi	11
2.2.5 Psikrometri	11
2.3 Mesin Pengering Rosela.....	13
2.3.1 <i>Solar Biomass Hybrid Dryer</i>	13
2.3.2 <i>Tray Dryer</i>	15
2.3.3 <i>Fluidized Bed Dryer</i>	15
2.3.4 <i>Cabinet Dryer</i>	16
2.3.5 <i>Recirculated Tray Dryer</i>	17
2.4 Mesin Pengering Teh Sistem Rotary	18
2.5 Rosela (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	20
2.5.1 Sejarah Tanaman Rosela.....	22
2.5.2 Pengolahan Rosela	23
2.5.3 Kualitas Rosela	26
2.6 Hipotesis	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian.....	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2.1 Waktu Penelitian	29
3.2.2 Tempat Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.3.1 Mesin pengering sistem <i>rotary</i>	30
3.3.2 Pendeteksian warna	30
3.3.3 Bahan penelitian.....	32
3.3.4 Pencatatan waktu	32

3.3.5 Pengambilan data massas, suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus	33
3.4 Variabel Penelitian	36
3.4.1 Variabel Bebas	36
3.4.2 Variabel Terikat	36
3.4.3 Variabel Kontrol	36
3.5 Pengamatan yang dilakukan	37
3.6 Tahap Penelitian dan Pengujian	37
3.6.1 Tahap pendeteksian warna	37
3.6.2 Tahap menimbang rosela	38
3.6.3 Tahap mencatat waktu proses	38
3.6.4 Tahap mengukur suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus	38
3.6.5 Tahap penentuan kadar air total dalam sampel	38
3.6.6 Tahap penentuan laju pengeringan	38
3.7 Diagram Alir Penelitian	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian	40
4.2 Analisa dan Pembahasan	40
4.2.1 Pengaruh kecepatan putaran mesin pengering sistem <i>rotary</i> terhadap perubahan warna.....	40
4.2.2 Pengaruh kecepatan putaran mesin pengering sistem <i>rotary</i> terhadap laju pengeringan rosela.....	46
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kelebihan dan kekurangan <i>rotary dryer</i>	20
2.2 Sifat fisikokimia dan senyawa non-volatile dari teh rosela yang terbuat dari kelopak bunga rosela (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>) kering dari asal geografis yang berbeda	27
3.1 Spesifikasi Mesin pengering sistem <i>rotary</i>	30
3.2 Spesifikasi Kamera <i>powershot A2300</i>	31
3.3 Spesifikasi bahan rosela	32
3.4 Spesifikasi <i>Stopwatch</i>	32
3.5 Spesifikasi Timbangan digital kapasitas 2 Kg	33
3.6 Spesifikasi Sensor suhu dan kelembaban DHT 22	34
3.7 Spesifikasi <i>Tachometers</i> Lutron DT-1236L.....	35
3.8 Spesifikasi <i>Wattmeter digital</i>	36
3.9 Pengambilan data	37
4.1 Hasil laju pengeringan.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kurva laju pengeringan	9
2.2 Kurva Psikrometri	12
2.3 <i>Rotary Dryer</i>	19
2.4 Keterangan Mesin <i>Rotary dryer</i>	19
2.5 Rosela <i>Hibiscus sabdariffa</i>	20
2.6 Kelopak bunga rosela bagian yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan minuman	21
2.7 Mahkota bunga rosela dikelilingi kelopak bebulu berwarna merah	22
3.1 Mesin pengering sistem <i>rotary</i>	30
3.2 Kamera <i>powershot A2300</i>	30
3.3 Bunga rosela 100 gram	32
3.4 <i>Stopwatch</i>	32
3.5 Timbangan digital kapasitas 2 Kg	33
3.6 Sensor suhu dan kelembaban DHT 22	34
3.7 <i>Tachometer digital</i>	35
3.8 <i>Wattmeter digital</i>	35
3.9 Nilai RGB gambar pada <i>software photoshop</i>	37
3.10 Diagram alir penelitian.....	39
4.1 Grafik RGB dengan putaran 9 rpm	41
4.2 Grafik RGB dengan putaran 16 rpm	41
4.3 Grafik RGB dengan putaran 25 rpm	42
4.4 Grafik CIELab dengan putaran 9 rpm.....	43
4.5 Grafik CIELab dengan putaran 16 rpm.....	43

4.6 Grafik CIELab dengan putaran 25 rpm.....	43
4.7 Foto hasil akhir dengan putaran 9 rpm, 16 rpm, 25 rpm dan matahari	45
4.8 Grafik perubahan massa.....	46
4.9 Grafik laju pengeringan.....	47



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*) merupakan tanaman yang bermanfaat dan terkenal di berbagai negara termasuk di Indonesia. Bagian yang dimanfaatkan dari tanaman ini adalah kelopak bunga yang berwarna merah. Pemanfaatan bunga rosela sebagai bahan pangan sangat beragam, antara lain untuk teh herbal, selai, jus, penyedap rasa dll. Di Indonesia bunga rosela lebih banyak dikenal sebagai bunga yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan teh herbal atau teh merah. Berbagai kandungan antioksidan terdapat dalam teh yang berasal dari kelopak rosela, memiliki banyak manfaat antara lain sebagai anti kanker, anti hipertensi, diabetes, menetralkan racun, mengobati maag, sariawan serta dapat mengurangi penuaan dini (Ahmad dan Vossen, 2003:7). Menurut Dep.Kes RI No. 10.65/35.15/05, setiap 100 gr rosela mengandung 260-280 mg vitamin C, vitamin D, vitamin B1 dan vitamin B2. Kandungan lainnya yaitu kalsium 486 mg, omega 3, magnesium, beta karotin serta asam amino esensial (seperti lysine dan arginine). Salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan kimia adalah faktor kekeringan dari bahan tersebut (DepKes RI, 2000:10).

Hambatan utama yang dihadapi produsen rosela adalah proses pengeringannya, lamanya waktu proses pengeringan karena hanya mengandalkan sinar matahari. Tujuannya mendapatkan kelopak bunga rosela kering dengan kandungan air 10 % diperlukan waktu yang relatif lama yaitu perlu waktu 5 hari. Pengeringan dengan sinar matahari memerlukan tempat yang luas dan biaya operasional yang tinggi. Proses pengeringan pada tempat terbuka yang menyebabkan kelopak bunga tidak higienis akan terkontaminasi virus-virus atau bakteri. Di samping itu, pada musim hujan pengeringan berlangsung sangat lambat. Pengeringan yang belum sempurna ini bahkan dapat mengakibatkan produk menjamur kemudian membusuk sehingga harga jualnya turun drastis menjadi Rp.30.000,00/kg. Jika kualitas baik dihargai Rp.150.000,00/kg (Yuariski dan Suherman, 2012:2).

Salah satu alternatif pengeringan rosela yaitu menggunakan pengeringan mekanis. Yang perlu diperhatikan adalah tinggi-rendahnya suhu, karena penggunaan suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan komponen aktif yang terdapat dalam rosela menjadi berkurang. Suhu pengeringan yang terbaik untuk pengeringan rosela kering adalah 50 °C dan kadar air akhir kelopak rosela adalah 10% (Winarti, dkk., 2015:22). Guna mendapatkan kadar air rosela 10%, pada penelitian sebelumnya dibutuhkan waktu pengeringan 5 hari dengan sistem pengering matahari secara langsung (Yuariski dan Suherman, 2012:2). Sistem pengeringan *solar dryer with the double glass covered collectors* memerlukan waktu pengeringan selama 2 hari (Marnoto, dkk., 2014:153). Sistem pengeringan *tray dryer* memerlukan waktu pengeringan 6 jam itupun tidak bisa merata, hanya rak 2, 3 dan 4 yang efektif untuk pengeringan kelopak rosela (Yuariski dan Suherman, 2012:5). Guna mendapatkan hasil yang merata, salah satu cara dengan menggunakan mesin *rotary dryer*. Pengeringan ini kebanyakan digunakan untuk pengeringan daun teh. Putaran tabung pengering yang digunakan 14 rpm. Pengeringan dilakukan selama 1 jam dengan suhu dalam tabung antara 60-80 °C agar rasa dan kandungan daun teh memiliki kualitas yang baik dengan kadar air akhir 16,8 % (Putra, 2018:28). Berdasarkan kajian literatur di atas, untuk menghasilkan pengeringan yang merata serta dapat mencapai suhu 50 °C dan kadar air akhir 10%. Salah satu cara menggunakan mesin pengering rosela sistem *rotary* atau *rotary dryer*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat disimpulkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan dianalisis dalam penelitian ini, maka akan dibatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan mesin pengeringan rosela sistem *rotary*.

2. Tidak membahas mutu dan kandungan rosela hasil pengeringan dengan mesin pengering sistem *rotary*.
3. Luas permukaan rosela rata-rata adalah 15,784 cm².

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi petani, hasil penelitian diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat proses pengeringan rosela dengan mesin pengeringan sistem *rotary*.
2. Bagi peneliti, peneliti mampu menganalisa pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Wulandani, dkk. (2010:32) meneliti tentang pengeringan rosela dengan sistem surya *flat plate collector* menggunakan kolektor surya transparan. Hasil rosela lebih higienis (tidak terkontaminasi virus atau bakteri). Terdapat kolektor untuk mendapatkan panas matahari dan pemanas tambahan (burner), digunakan pada saat hujan atau pengeringan malam hari. Kadar air akhir 12,3 %, dilakukan selama 4 hari (28 jam), antara pukul 08:00- 16:00 WIB. Suhu pengeringan rata-rata 43 °C dan kelembaban relatif 52 %. Sinar matahari sangat berperan penting terhadap pengeringan dengan sistem ini.

Sulistiyowati, dkk. (2013:57) dalam penelitiannya tentang pengeringan sistem *solar dryer with double glass cover collectors* memerlukan waktu 2 hari untuk menurunkan kadar air kelopak bunga rosela sampai 7,67 %. Suhu berkisar 48,1 °C-49,9 °C dan nilai relatif humidity 60%. Pada penelitian ini juga memperhatikan kandungan kelopak rosela setelah dikeringkan, kelopak rosela mengalami kenaikan kadar abu sekitar 2%. Sedangkan penurunan kadar protein dan vitamin C juga masih relatif kecil di bawah 2%. Kadar vitamin A dan antosianin masih tinggi masing-masing 1131 µg dan 63,39 ppm.

Penelitian yang dilakukan oleh Faridasari dan Mulyantini (2007:4) Pengeringan rosela sistem *tray dryers* adalah pengeringan yang pemanasnya menggunakan energi listrik. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu pengambilan setiap 10 menit dan ukuran tray (30x30 cm), sedangkan untuk variabel berubahnya meliputi suhu udara pengering 60, 70, 80 °C dan letak tray ke 1, 2, 3, 4 pada tray dryer. Suhu 80 °C merupakan suhu yang efektif untuk mengeringkan kelopak bunga Rosela dan letak tray ke 4 yang efektif pula untuk proses pengeringan ini dengan waktu 15 jam dengan kadar air 10 %. Pengeringan yang tidak merata adalah kekurangan dalam pengeringan dengan sistem ini. Untuk kandungan zat-zat yang terdapat pada kelopak rosela yang hilang karena suhu tinggi tidak diketahui disebabkan penelitian ini hanya dilakukan sampai analisa tekno.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mardiah, dkk. (2012:109) Kandungan antosianin, total antioksidan dan vitamin C berturut-turut untuk rosela kering yang dikeringkan dengan sistem *fluidized bed dryer* adalah 1951.4 ppm, 586.8 mg vit C/100g dan 68.4 mg/100g. Kandungan kadar air rosela kering sekitar 2.23% membutuhkan waktu lebih pendek 1,5 jam dengan suhu 70 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan kelopak rosela dengan sistem ini sangat cepat namun kandungan antosianin, total antioksidan dan vitamin C masih cukup rendah dibandingkan dengan pengeringan rosela sistem *cabinet dryer*.

Penjelasan Mardiah, dkk. (2012:110) tentang pengeringan rosela sistem *cabinet dryer* adalah pengeringan yang pengering dengan pembuatan sistem rak (cabinet) bertingkat menggunakan sumber panas dari api gas LPG yang dilengkapi dengan blower sebagai penyebar panas serta katup pengaturan suhu yang dilengkapi dengan thermocouple untuk menjaga suhu tidak berubah. Kadar air rosela kering yang diperoleh dari *cabinet dryer* adalah 1.88% membutuhkan waktu 6 jam suhu 60 °C. Kandungan antosianin, total antioksidan dan vitamin C berturut-turut untuk rosela kering yang dikeringkan dari *cabinet dryer* adalah 2653 ppm, 627.8 mg vit C/100g, 72.3 mg/100g.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuariski dan Suherman (2012:5) tentang pengeringan rosela sistem *recirculated tray dryer* adalah alat pengering multi rak yang dirancang tersusun atas tiga bagian utama yaitu unit pemanas pengering udara berbahan bakar gas LPG, pemanas dan resirkulator udara, dan rak multi (tempat material yang akan dikeringkan). Penelitian ini akan dilaksanakan dengan variabel berubah menggunakan parameter suhu yaitu 40 °C, 50 °C, 60 °C, letak tray ke 1, 2, 3, 4, 5, dengan berat rosela masing-masing tray yaitu 50 gram dan waktu pengambilan untuk analisa moisture setiap 5 menit. Eksperimen dilakukan sampai kadar air dalam rosela mencapai 14%. Kesimpulan dari penelitian ini, pengeringan membutuhkan waktu 100 menit untuk mengeringkan rosela sampai kadar air sebanyak 250 gr dengan suhu 60 °C. Kandungan asorbat acid yang didapatkan sebesar 184,98 mg/100gr. Namun sistem pengeringan ini tidak merata hanya tray ke 3, 4, 5 merupakan tray yang efektif untuk mengeringkan kelopak bunga rosela.

Menurut Hayati, dkk. (2011:6) bahwa analisis kadar air menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata di antara semua perlakuan. Kandungan antosianin dan vitamin C menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada semua perlakuan, dan suhu pengeringan yang terbaik untuk pengeringan rosela kering adalah pada suhu 50 °C. Dalam penelitian ini rosela yang dikeringkan pada sinar matahari (kontrol), suhu 50 °C dan suhu 60 °C mengalami perubahan warna (pencoklatan) yang disebabkan oleh reaksi Maillard atau reaksi enzim. Sedangkan menurut Winarti, dkk., (2015:22) bahwa karakteristik rosela kering berbeda dari proses pengeringan yang berbeda, yaitu rendemen tertinggi diperoleh pada proses pengeringan suhu pengeringan 50 °C. Aktivitas antioksidan tertinggi rosela kering diperoleh pada pengeringan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu pengeringan 50 °C, yaitu menghasilkan total fenol tertinggi 22,0078%, antioksidan total 99,05%, penangkapan radikal bebas tertinggi berdasarkan EC50 83,9384%, dan daya reduksi adalah 0,1290.

Putra (2018:28) Pada mesin *rotary dryer* kebanyakan digunakan untuk pengeringan daun teh, cara kerjanya dengan memasukkan daun teh kedalam silinder pemanas yang dapat berputar. Di dalam silinder pemanas tersebut terdapat sirip-sirip yang berfungsi sebagai pengaduk daun teh selama proses pengeringan berlangsung. Pemanas bersumber dari gas LPG yang disalurkan ke kompor di bawah tabung pengering. Sedangkan putaran tabung pengering digerakkan oleh motor listrik. Putaran tabung pengering ini adalah 14 rpm. Pengeringan dilakukan selama 1 jam dengan suhu dalam tabung antara 60-80 °C agar rasa dan kandungan daun teh memiliki kualitas yang baik dengan kadar air akhir 16,8 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Supriyanto (2011:34) tentang pengeringan gabah menggunakan *rotary dryer*, menghasilkan kadar air yang teruapkan pada variabel 1 dengan massa awal 6000 gr, suhu 60 °C sebesar 3,33%, suhu 65 °C sebesar 5,83%, suhu 70 °C sebesar 7,5%, suhu 75 °C sebesar 9,17% dan dengan suhu 80 °C sebesar 10%. Semakin tinggi suhu yang digunakan semakin besar pula kadar air yang teruapkan. Pada variabel 2 dengan massa awal 10000 gr, digunakan suhu sebesar 70 °C, kadar air yang teruapkan sebesar 4,5%. Hal ini menunjukkan bahwa massa bahan berpengaruh terhadap kadar air yang teruapkan. Semakin

banyak bahan yang digunakan semakin sedikit kadar air yang teruapkan. Pada variabel 1 laju pengeringan paling tinggi ditunjukkan pada suhu 80 °C yaitu 0,067 lb/ft² 2 jam, pada suhu 75 °C sebesar 0,061 lb/ft² 2 jam, pada suhu 70 °C yaitu sebesar 0,043 lb/ft² 2 jam, pada suhu 65 °C sebesar 0,033 lb/ft² 2 jam, sedangkan laju pengeringan paling rendah yaitu pada suhu 60 °C sebesar 0,018 lb/ft² 2 jam. Hal ini karena pada suhu 80 °C dibutuhkan panas yang lebih besar dibandingkan pada suhu yang lain. Semakin lama waktu laju pengeringan semakin menurun, ini berarti bahwa lapisan air yang menutup bahan telah tipis, air yang di uapkan semakin sedikit, sehingga kebutuhan panasnya juga sedikit. Putaran yang semakin cepat akan mempersingkat waktu tinggal sehingga lebih sedikit kadar air yang teruapkan. Suhu juga berpengaruh pada kadar air teruapkan, dimana suhu yang tinggi akan mengakibatkan kadar air teruapkan semakin banyak.

Proses perpindahan panas dan massa terutama berlangsung ketika pergerakan partikel dari atas ke bawah secara gravitasi saat terjadi sentuhan antara partikel yang dikeringkan dengan udara panas. Ketika partikel menempel pada dinding drum dan dibawa ke atas oleh cangkang yang berputar, berlangsung periode *tempering* yang sama medan suhu dan kadar air dalam partikel cenderung merata sebelum partikel daparkan kembali pada kondisi pengeringan konvektif (Mujumdar dan Devastin, 2001:15).

Menurut Santri (2006:57) Penurunan bobot bahan yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan putar ruang pengering 2 rpm memberikan hasil yang berbeda dengan menggunakan kecepatan putar 5 rpm. Lebih cepat penurunan bobot bahan dengan kecepatan ruang pengering menggunakan kecepatan putar 5 rpm dibandingkan 2 rpm. Hal ini disebabkan makin besar rpm yang digunakan, makin banyak putaran ruang pengering yang terjadi dalam waktu yang sama sehingga kontak antara udara panas dengan bahan yang dikeringkan semakin banyak. Hal ini berarti pindah panas dan pindah massa semakin cepat terjadi.

2.2 Proses Pengeringan

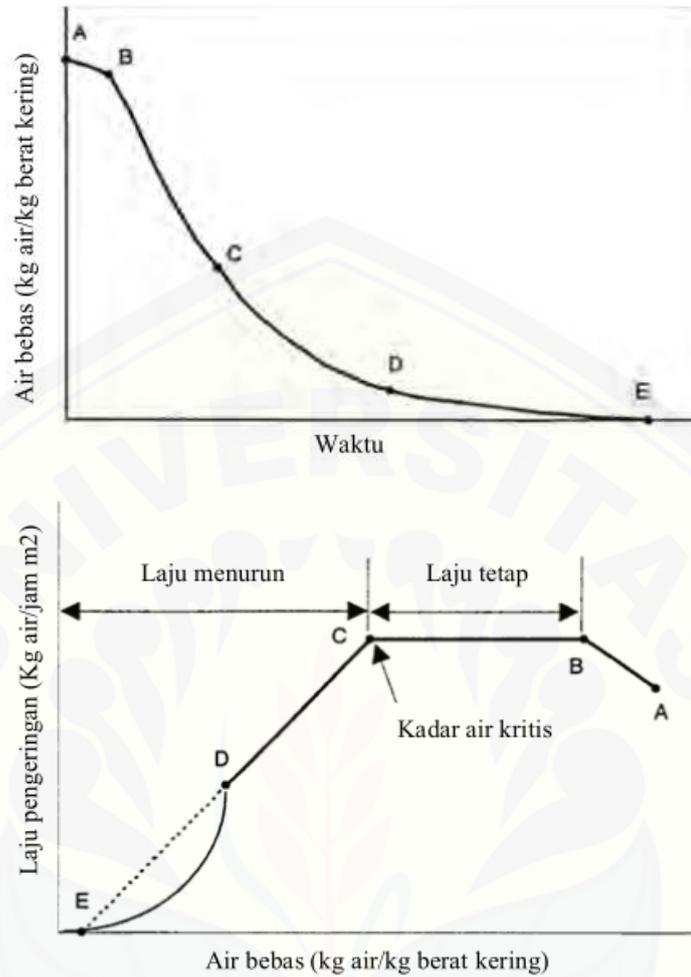
2.2.1. Teori Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pemindahan kadar air dari bahan dan produk pertanian untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi serta tahan lama

untuk disimpan. Selama pengeringan tersebut terjadi dua proses yaitu proses perpindahan panas dari udara pengering ke bahan, dan proses pindah massa uap air dari permukaan bahan ke udara sekitar (Goswami, 1986:186).

Menurut Henderson dan Perry (1976:208) pengeringan adalah proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pertanian dapat dijaga dari serangan jamur, aktivitas serangga dan enzim. Umumnya media pengering yang digunakan adalah udara. Udara ini berfungsi antara lain untuk membawa panas masuk dalam sistem, untuk menguapkan, dan kemudian membawa uap air keluar dari sistem. Proses pengeluaran air di permukaan bahan dapat terjadi secara alamiah akibat adanya perbedaan tekanan uap antara bahan dan udara lingkungan di sekitar bahan. Meskipun proses pengeringan terjadi pada tekanan atmosfer, proses pengeringan ini dapat dipercepat dengan memodifikasi kondisi udara lingkungan yaitu dengan pencampuran udara kering dan uap air. Pengondisian udara lingkungan ini dapat dilakukan dengan pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), pelembaban (*humidifying*), penghilangan kelembaban (*dehumidifying*), dan pencampuran udara berdasarkan karakteristik fisik yang ditunjukkan dalam diagram psikometri (Goswami, 1986:186).

Proses pengeringan menurut Henderson dan Perry (1976:209) terdiri dari dua periode yaitu periode pengeringan dengan laju tetap/konstan dan periode dengan laju menurun (lihat gambar 2.1). Periode pengeringan dengan laju tetap merupakan periode perpindahan massa air yang berasal dari permukaan bahan. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan uap air antara permukaan bahan dengan udara pengering. Proses ini akan terus berlangsung sampai air bebas pada permukaan telah hilang. Sedangkan pengeringan dengan laju menurun akan berlangsung setelah pengeringan laju konstan selesai. Kadar air diantara kedua periode tersebut disebut dengan kadar air kritis. Pengeringan dengan laju menurun akan berhenti hingga tercapai kadar air kesetimbangan. Kadar air kesetimbangan merupakan kadar air terendah yang dapat dicapai pada suhu dan kelembaban tertentu.



Gambar 2.1 Kurva laju pengeringan (Henderson dan Perry, 1976:208)

2.2.2 Kadar Air

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air per satuan bobot bahan. Metode pengukuran kadar air bahan ada dua yaitu kadar air basis basah (*wet basis*) dan kadar air basis kering (*dry basis*) (Henderson dan Perry, 1976:210). Kadar air basis basah adalah perbandingan antara berat air dalam bahan pangan dengan berat bahan total. Kadar air basis kering adalah perbandingan antara berat air dalam bahan dengan berat keringnya (padatan).

$$m = \frac{W_m}{W_d + W_m} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$M = \frac{W_m}{W_d} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dimana

m = kadar air basis basah (% bb)

M = kadar air basis kering (% bk)

W_m = berat air (gram)

W_d = berat bahan kering (gram)

W_d = berat bahan kering (gram)

Hubungan antara kadar air basis basah dan kadar air basis kering adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{100 \times m}{100 - m} \dots\dots\dots (3)$$

Kadar air kesetimbangan (M_e) adalah kadar air yang menunjukkan kesetimbangan antara laju perpindahan air dari bahan ke udara sama dengan laju perpindahan air dari udara ke bahan. Kadar air ini penting untuk diketahui karena erat kaitannya dengan pengeringan dan penyimpanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar air kesetimbangan antara lain kecepatan udara pengering, suhu udara, kelembaban relatif udara (RH), dan kematangan bahan. Persamaan untuk menentukan kadar air kesetimbangan dikemukakan oleh Henderson dan Perry (1976:210) sebagai berikut:

$$1 - RH = \exp(1 - a M_e^b) \dots\dots\dots (4)$$

dimana

RH = kelembaban udara pada keadaan setimbang (%)

M_e = kadar air kesetimbangan (%bk)

a, b = konstanta pengeringan bahan

2.2.3. Pengertian Laju Pengeringan

Laju pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan tiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu. Laju pengeringan selama proses pengeringan dinyatakan dengan:

$$\text{Laju pengeringan} = \frac{\text{massa air teruapkan}}{\text{luas penampang bahan} \times \text{waktu}} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

Laju pengeringan (H_2O .gram/ cm^2 .menit)

Massa air teruapkan (H_2O .gram)

Luas penampang bahan (cm²)

Waktu (menit)

2.2.4 Efisiensi Energi

Efisiensi energi pada proses pengeringan adalah perbandingan antara input energi yang terpakai oleh produk yang dikeringkan dengan total output energi pada sistem pengering. Besarnya efisiensi pengeringan dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$\eta_p = \frac{Q_o}{Q_i} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana

η_p = efisiensi pengeringan (%)

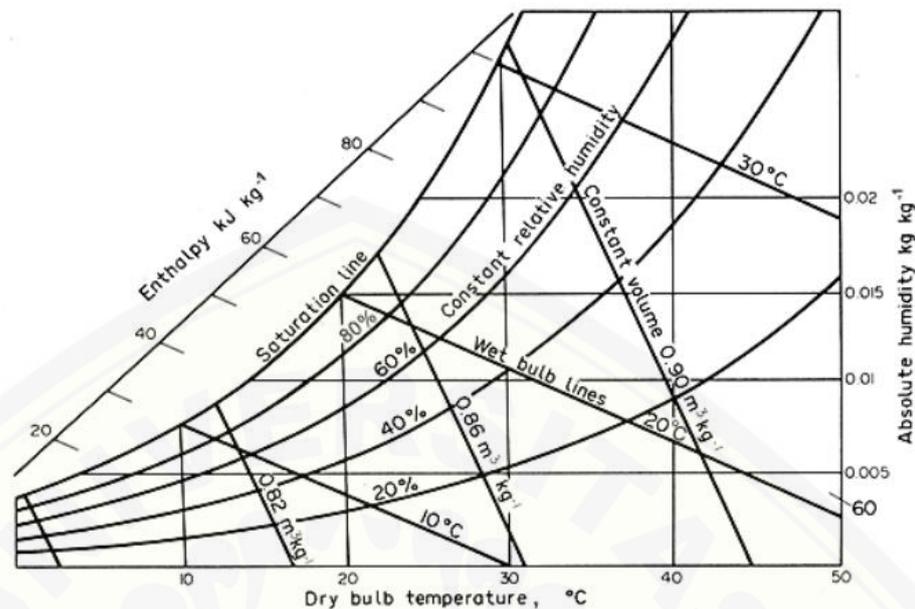
Q_o = jumlah output energi yang terpakai oleh produk (kJ)

Q_i = jumlah input energi (kJ)

2.2.5 Psikrometri

Kapasitas penghilangan air oleh udara tergantung pada kelembaban udara dan suhu udara. Studi mengenai hubungan antara udara dengan air yang terkandung didalamnya inilah yang disebut sebagai psikrometri (Earle, 1983:196).

Grafik kelembaban sebagai fungsi dari suhu pada berbagai derajat kejenuhan merupakan inti dari kurva psikrometri (lihat gambar 2.2). Proses yang terdiri dari penyerapan dan pelepasan air oleh udara pada suhu ruang, kurva psikrometri sangat berguna untuk menentukan perubahan didalam suhu dan kelembaban. Keistimewaan lain dari kurva psikrometri adalah suhu bola basah (*wet bulb temperature*). Ketika termometer dibungkus dengan kaos basah pada bagian ujungnya (*bulb*) dan ditempatkan pada aliran udara, penguapan air dari kaos akan mendinginkan *bulb* sehingga suhu *bulb* menjadi lebih rendah dari *bulb* kering. Perbedaan suhu ini dikenal sebagai *wet bulb depression* dan ini merupakan fungsi dari kelembaban relatif dari udara. Udara yang lebih lembab akan menyebabkan penguapan lebih rendah, ditunjukkan oleh *wet bulb depression* yang lebih rendah (Toledo,1991:480).



Gambar 2.2 Kurva Psikrometri (Earle, 1983:199)

Beberapa hal yang dapat ditentukan dengan menggunakan kurva psikrometri adalah sebagai berikut (Toledo,1991:480).

1. Kelembaban (kelembaban mutlak, H), yaitu rasio massa dari air terhadap udara kering didalam campuran.
2. Kelembaban relatif (% RH), yaitu rasio dari tekanan parsial dari air di udara dengan tekanan uap air jenuh, dinyatakan dalam persen (%).
3. Suhu bola kering (*Dry bulb temperature*, T db), yaitu suhu udara yang diukur dengan alat pengukur suhu yang kering
4. Suhu bola basah (*Wet bulb temperature*, T wb), yaitu suhu udara diukur dengan alat pengukur suhu yang basah, yang memungkinkan terjadinya pendinginan dengan adanya penguapan.
5. Titik embun (*Dew point*), yaitu suhu ketika campuran udara-air mulai mengalami kondensasi. Pada titik embun, udara dalam keadaan jenuh dengan uap air. Titik embun juga merupakan suhu ketika tekanan uap air jenuh sebanding dengan tekanan parsial uap air di udara.

2.3 Mesin Pengering Rosela

Pengembangan mesin pengering untuk kelopak rosela telah mengalami kemajuan yang pesat. Berbagai macam tipe dan bentuk mesin pengering telah dikembangkan para peneliti untuk mengatasi masalah yang ditemui pada saat mengeringkan kelopak rosela. Kriteria mesin pengering yang bagus dapat dilihat dari tingkat keseragaman kadar air bahan yang dihasilkan, efisiensi penggunaan energi, dan biaya pengoperasian rendah. Tipe-tipe mesin pengering yang umum digunakan adalah sebagai berikut.

2.3.1 *Solar Biomass Hybrid Dryer*

Produk rosela yang akan dikeringkan diletakkan pada rak-rak (*trays*) yang terletak di dalam ruangan kemudian produk tersebut akan dikeringkan dengan menggunakan udara. Alat ini sangat sesuai untuk mengeringkan produk yang memiliki struktur padat sebelum proses dehidrasi dilakukan. Itu tergantung pada kondisi iklim, dan membutuhkan permukaan yang besar dan waktu paparan yang lama sinar matahari dan khususnya sinar ultraviolet.

Metode ini tidak memungkinkan pengeringan dalam jumlah besar dan dalam keadaan terbuka, produk pengeringan, khususnya yang bertujuan untuk mengeringkan produk makanan, bisa terkontaminasi dengan pengotor atau pathogen bakteri. Pengering sistem *Solar Biomass Hybrid* dirancang dan diuji untuk mengatasi hal-hal tersebut. Produk disimpan di rak di dalam bangunan transparan, untuk menghindarkan dari hujan, bakteri atau kontaminan lainnya. Dinding yang transparan sekaligus digunakan untuk menjebak dan mendapatkan panas sinar matahari yang mengakibatkan peningkatan suhu dalam ruang pengeringan.

Komponen utama dari pengering adalah bangunan persegi panjang dan rak di dalam ruangan, kolektor surya, konsentrator surya dan burner (pemanas tambahan biomassa). Dimensi pengering adalah tinggi 3 m, lebar 1,8 m, dan panjang 4,5 m. Dinding transparan dan bingkai pengering dari besi hitam dicat sebagai matahari kolektor untuk mendapatkan panas saat matahari bersinar. Pengering terdiri dari dua bagian ruang pengering yang terhubung sejajar dengan dimensi total panjang 4,5 m, lebar 1,8 m dan tinggi 3 m. Masing-masing kamar itu disediakan oleh dua konsentrator surya dengan luas total 4,2 m². Air dipanaskan

oleh konsentrator surya digunakan sebagai sumber energi pemanas untuk pengeringan rosela. Pemanasan tambahan dari burner (energi biomassa) digunakan saat hujan atau pengeringan malam jika dibutuhkan. Konsentrator surya diputar secara tegak lurus dengan arah sinar matahari, waktu maksimum pengeringan (sekitar 8 jam/hari) dari intersepsi sinar matahari. Pengereng kapasitas penuh adalah 400 kg rosela. Pengereng diuji dengan kelopak rosela segar dengan massa 32 kg. Percobaan dilakukan antara pukul 08:00-16:00 WIB. Rosela segar yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari laboratorium lapangan Departemen Teknik Pertanian (IPB) selama musim hujan (Desember 2009). Rosela matang dan berwarna cerah (ungu-merah). Kadar air awal rosela ditentukan dengan menggunakan metode pengeringan oven pada suhu 70 °C selama 24 jam. Iradiasi matahari mencerminkan kondisi cuaca yang dipantau selama proses pengeringan.

Penelitian yang dihasilkan dari percobaan siang hari menunjukkan keseragaman udara pengeringan suhu di dalam ruang, yang ditunjukkan oleh standar deviasi suhu udara pengeringan 3,3 °C. Keseragaman suhu pengeringan memberikan efek signifikan untuk kualitas terbaik produk kering. Itu percobaan dilakukan pada cuaca berawan dengan rata-rata iradiasi matahari sekitar 95,3 W/m². Pada kasus ini, kayu api (nilai kalori 19 MJ/kg) dibakar dengan laju massa pembakaran 5 kg/jam sebagai tambahan energi pemanas, untuk meningkatkan suhu pengeringan menjadi 60 °C dari suhu sekitar 30,6 °C. Pengoperasian pengereng malam mendapatkan keseragaman suhu udara pengeringan dua kali lebih rendah dari pengeringan siang hari.

Percobaan ini menunjukkan bahwa energi matahari memiliki peran penting untuk keseragaman suhu pengeringan. Pengereng membutuhkan biomassa pembakaran sekitar 9 kg/jam untuk mendapatkan suhu pengeringan 51,8 °C pada suhu sekitar ruang pengeringan 24 °C. Kinerja atau nilai efisiensi pengeringan kelopak rosela adalah 30% yang diperoleh dari percobaan pada siang hari dengan sistem *Solar Biomass Hybrid* ini. Sistem ini membutuhkan waktu 4 hari untuk menghasilkan pengeringan kelopak rosela dengan kadar air 10 %.

2.3.2 *Tray Dryer*

Teknologi pengeringan merupakan metode alternatif yang sangat menjanjikan dalam menjaga ketahanan bunga rosela selain itu teknologi ini merupakan teknik pengolahan yang paling sederhana dan mudah dilakukan. *Tray Dryers* merupakan teknologi pengering yang cocok digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap panas dan bahan yang mudah berjamur. Penelitian ini bertujuan mengeringkan kelopak bunga rosela dengan menggunakan alat *Tray Dryer* untuk membantu petani dalam menghadapi permasalahan panen raya, sehingga produk lebih mempunyai nilai jual. Secara spesifik penelitian ini bertujuan untuk menentukan suhu udara pengering yang paling efektif dan tray mana yang efektif untuk mengeringkan kelopak bunga Rosela menggunakan *tray dryer*. Ukuran *tray* (30 x 30 cm), letak *tray* ke 1, 2, 3, 4 pada *tray dryer*. Kelopak bunga tersebut diletakkan dalam *tray*.

Tahap selanjutnya adalah tahap persiapan alat. Alat dihubungkan dengan sumber arus, kemudian suhu diatur sesuai variabel. Setelah kondisi tersebut tercapai, *tray* yang berisi kelopak bunga rosela dimasukkan ke dalam alat pengering. Operasi pengeringan dilaksanakan dengan mengamati jumlah air yang menguap dengan cara menimbang kelopak bunga rosela setiap 10 menit. Setelah akhir operasi, hasilnya dianalisa dan diambil kesimpulan.

Dari data-data percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian pengeringan kelopak bunga rosela, dapat diambil kesimpulan bahwa suhu 80 °C merupakan suhu yang efektif untuk mengeringkan kelopak bunga rosela dan letak *tray* ke 4 yang efektif pula untuk proses pengeringan ini. Namun untuk kandungan zat-zat yang terdapat pada bunga rosela yang hilang karena suhu tinggi tidak diketahui disebabkan penelitian ini hanya dilakukan sampai analisa tekno.

2.3.3 *Fluidized Bed Dryer*

Pengeringan dengan menggunakan *fluidizedbed dryer* yaitu sebuah alat pengering dengan menggunakan prinsip fluidisasi. Prinsip kerja mesin pengering ini adalah penghembusan udara panas oleh kipas peniup (*blower*) melalui suatu saluran ke atas bak (kantong) pengering yang menembus hamparan bahan sehingga bahan tersebut dapat bergerak dan memiliki sifat seperti fluida. Kantung dari bahan

benang yang porous dan menyatu dengan alat yang akan membentuk seperti balon udara saat dilakukan pengeringan. Pengeringan dengan alat tersebut menggunakan suhu *inlet* 70 °C sedangkan suhu *outlet* (pada alat) adalah sebesar 105 °C, dan dilakukan selama kurang lebih 1 jam.

Fluidbed dryer adalah sistem pengeringan yang lebih sesuai diperuntukan bagi bahan atau material yang bobotnya relatif ringan (bentuknya dapat saja berupa bubuk/tepung, kristal, granular dan sebagainya). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sistem *fluidized bed dryer* adalah pengaturan yang baik antara lain, tekanan udara, tingkat perpindahan panas dan waktu pengeringan, sehingga tidak timbul benturan/gesekan bahan/material pada saat proses pengeringan berlangsung. (Artech, 2012:84)

Sumber panas dalam alat *fluidized bed dryer* berasal dari pemanas listrik dalam alat yang diatur oleh thermostat sehingga suhu selama proses bisa stabil dan konstan selama pengeringan. Sedangkan untuk meniup dan mengalirkan udara panas tersebut digunakan blower dengan kekuatan tinggi yang terintegrasi dalam unit alat tersebut dan pengaturan semua komponen dalam alat tersebut dikontrol oleh sistem elektronik berupa tombol-tombol pengatur. Selama proses pengeringan, sampel akan berhamburan dalam kantung karena tiupan angin panas yang kencang dari blower, dengan demikian sampel akan mendapatkan efek panas yang merata pada setiap permukaannya dan cepat kering. Pada selang waktu tertentu dilakukan pemeriksaan terhadap bahan pada tingkat kekeringannya, bila sudah kering bahan akan berwarna kecoklatan dan mudah dihancurkan saat di remas.

Fluidbed dryer kandungan kadar air rosela kering sekitar 2,23% membutuhkan waktu lebih pendek 1,5 jam suhu 70 °C. Kandungan antosianin, total antioksidan dan vitamin C berturut-turut untuk rosela kering yang dikeringkan dari *fluidized bed dryer* adalah 1951,4 ppm, 586,8 mg vit C/100g dan 68,4 mg/100g.

2.3.4 Cabinet Dryer

Cabinet dryer adalah pengering dengan pembuatan sistem rak (*cabinet*) bertingkat menggunakan sumber panas dari api gas LPG yang dilengkapi dengan blower sebagai penyebar panas serta katup pengaturan suhu yang dilengkapi dengan thermocouple untuk menjaga suhu tidak berubah. Menurut Suhardjo (1999),

menyatakan bahwa pengeringan *cabinet* (*Cabinet dryer*) adalah metode pengeringan dengan menggunakan oven berbentuk rak. Selanjutnya Suhardjo menjelaskan, keuntungan dari pengeringan ini adalah bahan menjadi lebih awet dan volume bahan menjadi kurang sehingga memudahkan pengangkutan.

Oven cabinet memiliki lantai bak yang berlubang pada alat pengering yang berfungsi untuk mengalirkan udara dan panas dari *plenum chamber*. Semakin banyak lubang semakin besar jumlah panas dan semakin cepat panas melewati tumpukan bahan. Panas yang melewati tumpukan bahan menyebabkan air keluar dari bahan. Semakin besar jumlah panas, jumlah air yang diuapkan juga semakin besar, sehingga kadar air bahan akan berkurang. Konstruksi *cabinet dryer* cocok digunakan untuk pengeringan dengan temperatur rendah yang dibantu dengan aliran udara. Produk yang akan dikeringkan ditempatkan pada piringan tipis yang terpasang pada rak-rak diruangan pengering. Pemanasan udara disirkulasikan secara vertical dari kipas yang terdapat diruang sirkulasi. Udara segar dialirkan ke dalam kabinet, sedangkan udara lembut dikeluarkan untuk mengontrol kipas dan udara yang masuk. *Tray dryer* (rak pengering) berbentuk rapat dan kuat didalam kabinet untuk mencegah udara yang dialirkan terlalu cepat mengeringkan (Dalfsen, 1999).

Pada pengeringan menggunakan metode *cabinet* ini digunakan suhu 60 °C dan bahan dikeringkan selama kurang lebih 6 jam sampai kering dengan ditandai kelopak berwarna kecoklatan dan *crispy* (mudah pecah) jika diremas dengan kadar air sekitar 2- 3%. Selama proses pengeringan, bahan dalam kabinet secara teratur dibolak balik dan diubah posisi susunan kabinet untuk mendapatkan pemerataan efek panas pada bahan secara sempurna sehingga didapatkan tingkat kekeringan yang seragam dan waktu yang lebih cepat. Kadar air rosela kering yang diperoleh dari *cabinet dryer* adalah 1.88% membutuhkan waktu 6 jam suhu 60 °C.

2.3.5 *Recirculated Tray Dryer*

Recirculated Tray Dryers merupakan teknologi pengering yang cocok digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap panas dan bahan yang mudah berjamur. Alat pengering sistem *Recirculated Tray Dryers* terdapat multi rak yang dirancang tersusun atas tiga bagian utama yaitu unit pemanas pengering udara

berbahan bakar gas LPG, preheater sekaligus resirkulator udara, dan rak multi (tempat material yang akan dikeringkan). Pada awal proses pengeringan udara didalam *dryer* akan dipanaskan dengan menggunakan bahan bakar gas LPG.

Antara udara pengering dengan gas pembakaran tidak terjadi pencampuran, karena udara pengering berada di dalam pipa, sedangkan gas pembakaran berada di luar pipa. Oleh karena itu udara pengering ini tetap bersih dan higienitas produk bisa tercapai. Selanjutnya, udara panas ini akan digunakan untuk mengeringkan bahan yang ditaruh di multi rak (*tray*), yang berjumlah 5 rak. Sebagian udara akan dibuang melalui katup udara keluar, sedangkan sebagian lagi di sirkulasi kembali melewati pemanas-2, pemanas-1 dan kemudian kembali ke pengering rak. Untuk mengurangi panas yang hilang ke lingkungan, seluruh bagian alat dilapisi dengan isolator. Penelitian ini akan dilaksanakan dengan variabel berubah menggunakan parameter suhu yaitu 40 °C, 50 °C, 60 °C, letak *tray* ke 1, 2, 3, 4, 5 pada *resirculated tray dryer*. Untuk variabel tetap digunakan berat rosela masing –masing *tray* yaitu 50 gram dan waktu pengambilan untuk analisa *moisture* setiap 5 menit. Eksperimen dilakukan sampai kadar air dalam rosela mencapai 14%. Setelah akhir operasi, hasilnya dianalisa dan dilakukan pengamatan visual. Pengamatan meliputi warna, waktu pengeringan, aroma, tekstur, dan rasa. Selain itu, selama proses pengeringan juga dilakukan pengukuran kelembaban udara pemanas didalam *tray*.

Pengeringan rosela menggunakan *recirculated tray dryer* hanya membutuhkan waktu 100 menit untuk mengeringkan rosela sampai kadar air sebanyak 14% (sesuai keinginan pasar) sebanyak 250 gram dengan suhu 60 °C. *Tray* ke 3, 4, 5 merupakan *tray* yang efektif untuk mengeringkan kelopak bunga rosela. Kandungan asorbat acid yang didapatkan sebesar 184,98 mg/100 gr sampel untuk suhu operasi 60 °C.

2.4 Mesin Pengering Teh Sistem Rotary

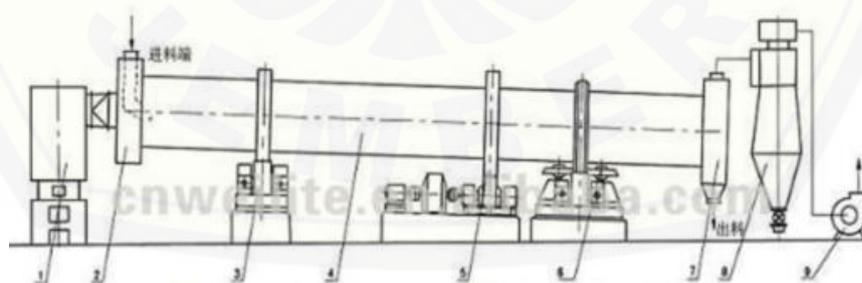
Teh merupakan minuman yang dibuat dari buah, rempah-rempah atau tanaman lain yang diseduh. Daun teh (*Camellia sinensis*) merupakan salah satu bahan minuman teh yang paling sering diproduksi.

Rotary dryer adalah salah satu jenis mesin pengering yang secara khusus digunakan untuk mengeringkan aneka bahan. Bahan dimasukkan dari ujung *inlet* melalui *screw conveyor* dan dikeringkan sepanjang tabung/drum yang berputar (lihat gambar 2.3). Adanya kemiringan tabung dan sirip-sirip di dalam tabung/drum menyebabkan bahan akan keluar menuju ujung *screw conveyor outlet* (lihat gambar 2.4). Penggunaan DCS (*Distributed Control System*) bertujuan untuk mengendalikan proses manufaktur secara terus menerus atau *batch-oriented*. DCS adalah suatu sistem kendali terpadu secara otomatis. *Rotary dryer* paling cocok untuk mengeringkan material yang tidak mudah pecah dan tahan terhadap panas serta membutuhkan waktu untuk pengeringan yang cepat. (Efendi, 2017)

Rotary dryer memiliki keunggulan diantaranya dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang merata, menghasilkan efisiensi panas tinggi dan kesinambungan operasi.



Gambar 2.3 *Rotary Dryer* (Efendi, 2017)



Keterangan;

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. heating device | 6. Trunnion roll assembly |
| 2. feeding cover | 7. Discharging cover |
| 3. riding wheel device | 8. Cyclone dust collector |
| 4. dryer main body | 9. Draft fan |
| 5. driving assembly | |

Gambar 2.4 Keterangan Mesin *Rotary dryer* (Efendi, 2017)

Rotary dryer memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan tersendiri. Adapun keunggulan dan kekurangan dari *rotary dryer* dapat dijelaskan pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan *rotary dryer*

No	Keunggulan	Kekurangan
1	Dapat mengeringkan baik lapisan luar maupun dalam dari suatu padatan	Dapat menyebabkan reduksi ukuran karena erosi atau pemecahan.
2	Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam/merata	Karakteristik produk yang inkonsisten
3	Operasi sinambung	Efisiensi energy rendah
4	Instalasi yang mudah	Perawatan alat yang susah
5	Menggunakan daya listrik yang sedikit	Tidak ada pemisahan debu yang jelas

2.5 Rosela (*Hibiscus sabdariffa*)

Saat ini terdapat lebih dari 100 varietas rosela yang tersebar di seluruh dunia. Dua varietas yang paling terkenal adalah *sabdariffa* (lihat gambar 2.5) dan *altissima webster*. Varietas *sabdariffa* mempunyai kelopak bunga yang dapat dimakan, berwarna merah atau kuning pucat dan kurang banyak mengandung serat. Sementara itu varietas *altissima webster* sengaja ditanam untuk mendapatkan seratnya, karena kandungan seratnya memang tinggi. Namun, kelopak bunga varietas ini tidak dapat dimanfaatkan sebagai makanan (Maryani dan Kristiana, 2008:9)



Gambar 2.5 Rosela *Hibiscus sabdariffa* (Maryani dan Kristiana, 2008:9)

Kedua varietas yang paling banyak dibutuhkan secara komersial tersebut banyak tumbuh di China, Thailand, Meksiko, Afrika, Sudan, Senegal dan Mali. Rosela juga merupakan tanaman yang menarik dan indah. Lima puluh tahun lalu, tanaman ini secara luas tumbuh di Florida dan dimanfaatkan sebagai pagar hidup pada musim panas. Daunnya yang berwarna hijau gelap sangat kontras dengan batang dan kelopaknya yang berwarna merah menyala. (Maryani dan Kristiana, 2008:10)

Rosela merupakan herba tahunan yang bisa mencapai ketinggian 0,5- 3 meter. Daunnya tunggal, berbentuk bulat telur, pertulangan menjari, ujung tumpul, tepi bergerigi pangkal berlekuk. Panjang daun 6-15 cm dan lebarnya 5-8 cm. Tangkai daun bulat berwarna hijau, dengan panjang 4-7 cm.



Gambar 2.6 Kelopak bunga rosela bagian yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan minuman (Maryani dan Kristiana, 2008:11)

Bunga rosela yang keluar dari ketiak daun merupakan bunga tunggal, artinya pada setiap tangkai hanya terdapat satu bunga. Bunga ini mempunyai 8-11 helai kelopak yang berbulu, panjang 1 cm, pangkal saling berlekatan dan berwarna merah. Kelopak bunga ini sering dianggap sebagai bunga oleh masyarakat. Bagian inilah yang sering dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan minuman, lihat gambar 2.6.



Gambar 2.7 Mahkota bunga rosela dikelilingi kelopak bebulu berwarna merah (Maryani dan Kristiana, 2008:10)

Mahkota bunga berbentuk corong, terdiri dari 5 helaian, panjang 3-5 cm. Tangkai sari yang merupakan tempat melekatnya kumpulan benang sari berukuran pendek dan tebal, panjang sekitar 5 mm dan lebar sekitar 5 mm. Putiknya berbentuk tabung, berwarna kuning atau merah, lihat gambar 2.7.

Buahnya berbentuk kotak kerucut, berambut, terbagi menjadi 5 ruang, berwarna merah. Bentuk biji menyerupai ginjal, berbulu, dengan panjang 5 mm dan lebar 4 mm. Saat masih muda, biji berwarna putih dan setelah tua berubah menjadi abu-abu (Maryani dan Kristiana, 2008:11).

2.5.1 Sejarah Tanaman Rosela

Pada tahun 1576 seorang ahli botani asal Belanda bernama M. de L'Obel mendapatkan tanaman ini waktu dia melihat rosela ini ditanam di halaman sebuah rumah di Pulau Jawa. Benih tanaman bunga rosela dibawa oleh para budak dari afrika dan kemudian tumbuh di berbagai belahan dunia, di antaranya Sudan, Meksiko, Jamaika, Brazil, Panama, hingga beberapa negara bagian Amerika dan Australia. Rosela mulai budidayakan di Jamaika pada tahun 1707 (Rahmahuda, 2012:2).

Diperkirakan tanaman rosela dibawa oleh pedagang India ke Indonesia pada saat abad ke-14. Tanaman rosela daerah Indonesia lebih dikenal sebagai mrambos hijau (Jateng), asam jarot (Padang) dan asam rejang (Muara Enim). Sedangkan di

negara lain, tanaman tersebut dikenal dalam berbagai nama, seperti *jamaican sorell* (India Barat), *oseille rouge* (Prancis), *quimbombo chino* (Spanyol), *karkade* (Afrika Utara), dan *bisap* (Senegal) (Mardiah, dkk, 2009:2).

Perkembangan industri rosela diawali di Queensland Australia pada tahun 1892, disana terdapat dua pabrik yang memproduksi selai dari rosela untuk diekspor ke Eropa, walaupun umurnya tidak panjang. Terdapat 1,6 ha kebun rosela di Queensland pada tahun 1909. P.J. Wester menyatakan bahwa rosela dibawa dari Jamaika ke Florida pada tahun 1887 dan pada tahun 1903 rosela telah banyak ditanam di Florida bagian selatan. Tahun 1905, W.A Hobbs mencoba membudidayakan rosela di Filipina dan hasil panennya sangat bagus dan memuaskan. Sampai saat ini produk rosela dapat ditemui di pasar modern atau pasar tradisional di Filipina.

Rosela dapat dimakan mentah sebagai salad. Di Indonesia tanaman rosela disajikan sebagai minuman tradisional saat natal. Caranya dicampur dengan irisan jahe dan gula, lalu ditaruh pada teko tembikar. Setelah itu dimasak sampai mendidih dan didiamkan semalam (Mardiah, dkk, 2009:3).

Di Amerika dan Eropa, rosela digunakan sebagai pewarna makanan. Di Perancis khususnya daerah komunitas imigran Senegal, produk rosela digunakan dalam bentuk bunga atau sirup. Daunnya digunakan sebagai bumbu pada masakan ikan dan saat penyajian nasi. Di Myanmar, terdapat masakan *karechin baung kyawyang* terbuat dari daun rosela. Rosela juga banyak dimanfaatkan sebagai produk olahan pangan bernilai ekonomi tinggi seperti selai, manisan, teh, sirup, sebagai pewarna alami dan perasa dalam membuat jeli, anggur rosela, serta kue (cake) (Maryani dan Kristiana, 2005:32).

2.5.2 Pengolahan Rosela

Pengolahan rosela waktu panen dan pasca panen

1. Panen

Kelopak rosela dapat dipanen saat biji telah tua (umur 3-4 minggu) yang disertai dengan kulit pembungkus biji majemuk yang berwarna coklat dan sedikit membelah atau terbuka. Pemetikan dilakukan dengan pisau atau gunting karena kelopak sulit dipetik dengan tangan tanpa bantuan alat, untuk menghindari rusaknya

batang. Pemanenan biasanya dilakukan 3-4 kali (selang 1-2 minggu), jika tanaman sudah tak berbunga lagi dicabut dan diadakan pergantian dengan pohon rosela yang baru. Kelopak yang sudah dipetik dikumpulkan dan dicuci menggunakan air bersih selanjutnya dijemur selama 3 hari pada pukul 9.00-11.00 atau 14-16.00. Kelopak yang berkualitas baik memiliki aroma citrus yang khas pada saat sudah kering dan saat direndam dengan air panas mengeluarkan warna merah yang khas dengan rasa asamnya cepat larut. Setiap pohon dapat menghasilkan bunga 200-1000 gram kelopak basah atau 20-100 gram kelopak kering dan biji kering 2-3 x bobot kelopak (Wijayanti, 2010:9).

2. Pasca Panen

Pengelolaan pasca panen tanaman obat ditujukan untuk membuat produk tanaman obat menjadi simplisia yang siap dikonsumsi oleh masyarakat umum, industri obat ataupun untuk tujuan ekspor. Kegiatan yang meliputi pengelolaan bahan sesaat setelah panen sampai tahap penyimpanan dengan tujuan agar diperoleh simplisia yang berkualitas serta tetap stabil selama penyimpanan. Pengelolaan pasca panen tersebut meliputi:

a. Sortasi

Kelopak bunga rosela yang telah dipanen dipisahkan berdasarkan tingkat tingkat kematangan dan ukuran serta tingkat serangan hama dan penyakit. Penyortiran penting dilakukan agar kotoran dan gulma tidak ikut tercampur. Kelopak yang terserang kutu akan diselimuti oleh bahan yang berwarna putih sehingga perlu dipisahkan dan dibersihkan terlebih dahulu (Wijayanti, 2010:11).

b. Pencucian

Pada proses pencucian sebaiknya menggunakan air bersih yang mengalir agar sisa kotoran yang masih menempel pada kelopak lebih mudah dibersihkan. Air sebaiknya dialirkan melalui selang-selang kecil sehingga kebersihan air dapat terjaga. Setelah dicuci, selanjutnya ditiriskan pada wadah yang berlubang agar air dapat menetes dengan mudah (Wijayanti, 2010:11).

c. Pengeringan

Kegiatan pengeringan dilakukan agar mengurangi risiko tumbuhnya jamur pada kelopak rosela saat disimpan dalam waktu yang lama. Memanfaatkan energi

panas matahari untuk proses pengeringan kelopak. Kelopak rosela dijemur dengan cara dihamparkan menggunakan wadah yang terbuat dari ayaman bambu dengan tujuan agar tidak terbakar matahari sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada kelopak baik secara fisik atau bentuk maupun senyawa metabolis sekunder yang ada didalamnya. Namun apabila cuaca tidak mendukung, biasanya juga menggunakan oven untuk proses pengeringan. Suhu yang digunakan untuk pengeringan antara 50-60 °C selama 4-5 jam. Proses pengeringan dilakukan hingga kadar air mencapai 10%. Sebab jika kelopak belum benar-benar kering akan terdapat jamur jika disimpan dalam waktu yang lama (Wijayanti, 2010:11).

d. Sortasi kering

Penyortiran ulang pada kelopak yang sudah dikeringkan perlu dilakukan lagi agar waktu kelopak dikemas, sisa-sisa kotoran maupun tanaman lain yang masih menempel pada kelopak tidak terbawa (Wijayanti, 2010:12).

e. Pengemasan

Bahan pengemas yang biasa digunakan adalah bahan yang terbuat dari plastik. Kelopak kering rosela dapat dikemas dalam bentuk kemasan pedagang (curah) yang sesuai dengan pesanan atau kemasan konsumen. Bahan pengemas harus bersifat netral atau tidak menimbulkan reaksi dengan simplisia atau produk (*inert*) sehingga tidak menyebabkan perubahan warna, rasa dan bau simplisia, serta tidak bersifat racun (*toksik*) pada saat penyimpanan (Wijayanti, 2010:12).

f. Penyimpanan

Kelopak rosela yang sudah kering, kemudian disimpan di tempat yang terlindung dari cahaya dengan suhu 15-20 °C, kelembaban relatif rendah dan berventilasi baik. Hal ini perlu diperhatikan agar pada saat penyimpanan dapat mengurangi risiko timbulnya jamur atau bakteri pada kelopak yang dapat menurunkan kualitas. Simplisia dalam bentuk kering ini dapat disimpan sampai jangka waktu 6 bulan, asalkan ruang tempat penyimpanannya sesuai standar ruang penyimpanan. Dalam pengelolaan pasca panen sangat rentan dengan adanya kontaminasi mikroba jika prosedurnya tidak sesuai, walaupun ada mikroba yang menguntungkan dan ada yang tidak menguntungkan. Kontaminasi jamur pada simplisia tanaman obat dapat menimbulkan proses enzimatik tertentu pada bahan

setelah dipanen., bahkan dapat menghasilkan senyawa aktif tertentu yang bersifat racun (*toksik*). Pada akhirnya bahan tersebut berubah menjadi produk berbahaya jika dikonsumsi. Oleh sebab itu penanganan dalam kegiatan pasca panen khususnya pada tanaman obat perlu dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan dan dilakukan dengan sebaik-baiknya agar kandungan senyawa metabolis sekunder pada tanaman obat tidak mengalami kerusakan sehingga tidak bersifat racun dan masih terjaga khasiatnya jika dikonsumsi (Wijayanti, 2010:12).

2.5.3 Kualitas Rosela

Kelopak rosela memiliki rasa masam yang cukup unik karena dapat memberikan perasaan yang menyegarkan setelah dikonsumsi. Rasa masam ini disebabkan karena adanya dua komponen senyawa asam yang dominan yaitu asam askorbat (vitamin C), asam sitrat dan asam malat. Kandungan asam askorbat (vitamin C) dan betakarotin yang tinggi merupakan sumber antioksidan alami yang sangat efektif dalam menangkal berbagai radikal bebas penyebab kanker dan berbagai penyakit lainnya. Pada biji rosella juga terdapat asam lemak yang diantaranya adalah asam palmitat, asam oleat dan asam linoleat.

Kualitas rosela berdasarkan warna menurut Hayati (2011:6) dapat dilihat dari nilai CIELab. Nilai CIELab yang terdiri dari nilai L adalah kecerahan, a adalah kemerahan, dan b adalah kekuningan. Semakin tinggi nilai L maka akan semakin cerah, semakin rendah nilai L maka akan semakin gelap. Sedangkan semakin tinggi nilai a maka akan semakin kemerahan, semakin rendah nilai a maka akan semakin hijau. Untuk nilai b, semakin tinggi nilai b maka akan semakin kuning, semakin rendah nilai b maka akan semakin biru.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hayati, dkk. (2011:4) tentang pengaruh suhu pengeringan terhadap mutu rosela kering didapatkan kesimpulan bahwa dengan suhu pengeringan 50 °C adalah suhu terbaik untuk pengeringan rosela, dengan suhu tersebut didapatkan komponen aktif rosela kering yaitu antosianin 21,37, vitamin C 67,44 dan warna L=38, a=21, b=12.

Hasil penelitian Jahuari, dkk. (2018:381) berdasarkan asal geografis rosela menghasilkan nilai warna CIELab dan sifat fisikokimia. Dapat dilihat pada tabel 2.2 Sifat fisikokimia dan senyawa non-volatile dari teh Roselle yang terbuat dari

kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*) kering dari asal geografis yang berbeda.

Tabel 2.2 Sifat fisikokimia dan senyawa non-volatile dari teh rosela yang terbuat dari kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*) kering dari asal geografis yang berbeda.

Samples	Total soluble solid (°Brix)	pH	Color			Glucose (mg L ⁻¹)	Citric acid (mg L ⁻¹)
			L	a	b		
Anrkl	0.63 ^c	2.91 ^{ij}	38.6 ^h	16.9 ^c	12 ^b	99 ^d	556 ^{bcd}
Anrpow	0.70 ^b	2.88 ^{ij}	36.2 ^j	14.7 ^d	10 ^{de}	83 ^{ef}	nd
Hcakl	1.07 ^a	3.17 ^{fg}	36.5 ^j	12.8 ^{ef}	9.1 ^{ef}	126 ^{bc}	nd
Hcakr	1.00 ^a	3.73 ^a	48.4 ^c	5.2 ⁱ	8.8 ^{fg}	34 ^j	223 ^{cd}
Herbkl	0.60 ^e	3.08 ^h	36.1 ^j	14.6 ^d	9.1 ^{ef}	69 ^{gh}	nd
Herbara	0.60 ^e	2.94 ⁱ	40.9 ^g	16.4 ^c	12 ^b	76 ^{fg}	nd
Herbsud	0.40 ^d	3.23 ^{ef}	45.3 ^d	12.8 ^{ef}	9.0 ^{efg}	55 ⁱ	nd
Ask1	0.60 ^c	3.29 ^{de}	42.7 ^f	11.8 ^g	10.5 ^{cd}	31 ^j	1177 ^{ab}
Asaus	0.33 ^d	3.55 ^b	53 ^a	1.7 ^j	1.6 ^j	88 ^{de}	373 ^{cd}
Austra	0.60 ^c	3.45 ^c	44.1 ^e	13.5 ^e	8 ^g	137 ^b	nd
Thai	0.67 ^{bc}	3.33 ^d	44.4 ^e	12.5 ^{fg}	8.7 ^{fg}	126 ^{bc}	455 ^{cd}
China	0.60 ^c	3.13 ^{gh}	49.5 ^b	4.9 ⁱ	6.4 ^h	55 ⁱ	1672 ^a
Mex	0.60 ^c	2.86 ^j	49.9 ^b	6.5 ^h	4.6 ⁱ	72 ^{fg}	1115 ^{ab}
Nige	0.60 ^c	3.08 ^h	41.4 ^g	16.6 ^c	11.8 ^b	118 ^c	561 ^{bcd}
Sudan	0.70 ^b	2.93 ^{ij}	42.4 ^f	18.7 ^a	13.2 ^a	129 ^{bc}	676 ^{bc}
Red	0.67 ^{bc}	2.94 ⁱ	42.4 ^f	19.1 ^a	13.3 ^a	199 ^a	nd
Dark	0.70 ^b	3.20 ^{fg}	37.5 ⁱ	17.7 ^b	11.6 ^{bc}	59 ^{hi}	nd

2.6 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, dapat diambil hipotesis yaitu pengering rosela dengan sistem *rotary* dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin yang berdampak pada laju pengeringan. Menurut Santri (2006:57) semakin cepat putaran ruang pengeringan yang digunakan, intensitas kontak antara udara panas dengan rosela yang dikeringkan semakin tinggi. Hal ini berarti perpindah panas dan

perpindahan massa terjadi semakin cepat. Proses perpindah panas dan massa berlangsung ketika pergerakan bahan dari atas ke bawah secara gravitasi saat terjadi sentuhan antara bahan dengan udara panas (Mujumdar dan Devastin, 2001:15).



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental (*experimental research*) yaitu suatu metode pengamatan langsung yang digunakan untuk menganalisa pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela di Lab. Konversi Energi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Dalam penelitian ini, proses analisa pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela dilakukan pengamatan secara langsung dan mengidentifikasi setiap waktu. Rosela dikeringkan dengan mesin sistem *rotary* yang dilakukan di Lab. Konversi Energi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember.

Selama proses pengeringan rosela akan terjadi perubahan suhu, kelembaban, massa dan warna, setiap berjalannya waktu. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui karakteristik pengeringan setiap waktu.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2018 – Januari 2019.

3.2.2 Tempat Penelitian

Penelitian analisa pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela dilakukan di Lab. Konversi Energi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Mesin pengering sistem *rotary*



Gambar 3.1 Mesin pengering sistem *rotary*

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin pengering sistem *rotary*

Fitur	Spesifikasi
Motor listrik	0,1865 kW , ¼ HP, 1460 rpm
Rantai	Tipe 428
Bantalan	Tipe 6005ZZ
Gearbox reducer	1 : 60
Gear	Primer 45, Sekunder 17, 35 dan 46
Kapasitas pengeringan	3 Kg

3.3.2 Pendeteksian warna

Alat yang digunakan adalah kamera



Gambar 3.2 Kamera *powershot A2300*

Tabel 3.2 Spesifikasi Kamera *powershot* A2300

Fitur	Spesifikasi
Model	Kamera Pocket
Ukuran (L x W x H cm)	9.44 x 5.42 x 2 cm
Berat (kg)	0.12
Warna	Silver
Tipe	PowerShot A2300
Ukuran Layar (in)	2.7
Zoom Optik	5.0
Megapiksel	16.0
Fitur	HD Recording, Wide Angle
Garansi produk	1 Tahun Garansi (Spare-part dan Servis)
Input	USB
Output	Component Video, Composite Video, USB
USB Port	Ya
Resolusi Layar	230000 dot
Tipe Baterai	Li-Ion
Format Foto	JPEG
Ukuran File Foto	4608×3450
Format Video	MOV
Video HD	Ya
Resolusi Video	1280 x 720
Focal Length	28-140 mm
Range Aperture Lensa	f/2.8-6.9
Zoom Digital	4x
ISO Range	100 – 1600
Range Shutter Speed	1 – 1/2000 detik
Built in Flash	Ya
Tipe Memory Card	SD, SDHC, SDXC
Tipe Layar	LCD

3.3.3 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan adalah bunga rosela 100gr setiap proses pengeringan



Gambar 3.3 Bunga rosela 100 gram

Tabel 3.3 Spesifikasi bahan rosela

	Spesifikasi
Daerah	Jember
Jenis	Rosela merah (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)

3.3.4 Pencatatan waktu

Alat yang digunakan adalah *Stopwatch*



Gambar 3.4 *Stopwatch*

Tabel 3.4 Spesifikasi *Stopwatch*

Fitur	Spesifikasi
Tipe	Andromax 4G
Layar	2.4 Inchi

3.3.5 Pengambilan data massa, suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus

Alat yang digunakan adalah:

- a) Timbangan digital kapasitas 2 Kg



Gambar 3.5 Timbangan digital kapasitas 2 Kg

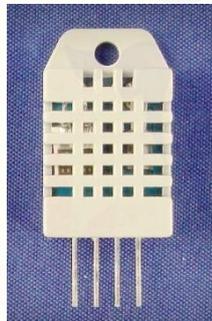
Tabel 3.5 Spesifikasi Timbangan digital kapasitas 2 Kg

Mekanik	
Bahan Dasar	<i>Aluminium Alloy</i>
<i>Load Cell Type</i>	<i>Strain Gauge</i>
Kapasitas	2 kg
Dimensi	55.25x12.7x12.7mm
Lubang Pemasangan	M5 (ukuran baut)
Panjang Kabel	550 mm
Ukuran Kabel	30 AWG (0.2 mm)
No. Urutan Kabel	4

Elektrik	
Presisi	0.05%
Rata – Rata Output	1.0±0.15mv/V
Non-Linieritas	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Pengulangan	0.05% FS
<i>Creep</i> (per 30 menit)	0.1% FS
Efek Temperatur Pada Nol (per 10°C)	0.05% FS
Efek Temperatur Pada <i>Span</i> (per 10°C)	0.05% FS

Keseimbangan Nol	$\pm 1.5\%$ FS
<i>Input Impedansi</i>	1130 ± 10 Ohm
<i>Output Impedansi</i>	1000 ± 10 Ohm
Hambatan Isolasi (dibawah 50VDC)	≥ 5000 MOhm
Kebutuhan Voltase	5 VDC
Toleransi Jarak Temperatur	-10 to ~ +40 °C
Pengoperasian Jarak Temperatur	-20 to ~ +55 °C
<i>Safe Overload</i>	120% Kapasitas
<i>Ultimate Overload</i>	150% Kapasitas

b) Sensor suhu dan kelembaban DHT 22



Gambar 3.6 Sensor suhu dan kelembaban DHT 22

Tabel 3.6 Spesifikasi Sensor suhu dan kelembaban DHT 22

Model	DHT22
<i>Power supply</i>	3.3-6V DC
<i>Output signal</i>	<i>digital signal via single-bus</i>
<i>Sensing element</i>	<i>Polymer capacitor</i>
<i>Operating range</i>	<i>humidity 0-100%RH and temperature -40~80 °C</i>
<i>Accuracy</i>	<i>humidity $\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH) and temperature ± 0.5 °C</i>
<i>Resolution or sensitivity</i>	<i>humidity 0.1%RH and temperature 0.1 °C</i>
<i>Repeatability</i>	<i>humidity $\pm 1\%$ RH and temperature ± 0.2 °C</i>
<i>Humidity hysteresis</i>	$\pm 0.3\%$ RH
<i>Long-term Stability</i>	$\pm 0.5\%$ RH/year
<i>Sensing period</i>	<i>Average: 2s</i>
<i>Interchangeability</i>	<i>fully interchangeable</i>
<i>Dimensions</i>	14x18x5.5 mm

c) *Tachometer*Gambar 3.7 *Tachometer digital*

Tabel 3.7 Spesifikasi Tachometers Lutron DT-1236L

Fitur	Spesifikasi
Jarak untuk foto putaran rotasi (m)	2
Jarak untuk tachometer kontak (m)	1
Display	Terbalik otomatis
Foto putaran rotasi	10 – 99999 RPM
Tachometer putaran rotasi	0,5 – 19999 RPM
Satuan kecepatan	m/menit dan kaki/menit
Ukuran	215 x 67 x 38 mm

c) *Wattmeter digital*Gambar 3.8 *Wattmeter digital*

Tabel 3.8 Spesifikasi *Wattmeter digital*

Fitur	Spesifikasi
Range tegangan	110V – 220V
Tegangan kerja	80 - 260VAC
Nilai daya	20A/4500W
Frekuensi kerja	45-65 hz
Ukuran	90x50x25 mm

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diobservasi atau diamati dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Waktu = Proses pengambilan data dilakukan setiap 5 menit
- Putaran motor listrik = Variasi putaran yaitu 9 rpm, 16 rpm dan 25 rpm.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas, yaitu faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang diperkenalkan oleh peneliti. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Warna
- Massa rosela
- Suhu didalam alat pengeringan
- Kelembaban didalam alat pengeringan

3.4.3 Variabel Kontrol

Adapun variabel kontrol dari penelitian ini merupakan variabel yang menyamakan persepsi mengenai penelitian ini yaitu:

- Laju aliran gas = Untuk menstabilkan nyala api pada rentang suhu 47 °C - 55 °C
- Tegangan dan arus = Untuk menstabilkan putaran motor listrik

3.5 Pengamatan yang dilakukan

Pada penelitian ini yang diamati adalah:

- Waktu proses pengeringan
- Perubahan suhu dan kelembaban didalam alat pengeringan
- Perubahan warna dan massa rosela

Tabel 3.9 Pengambilan data

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna			Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit.cm ²)
					R	G	B	
1	0							
2	5							
3	Dst.							

Keterangan:

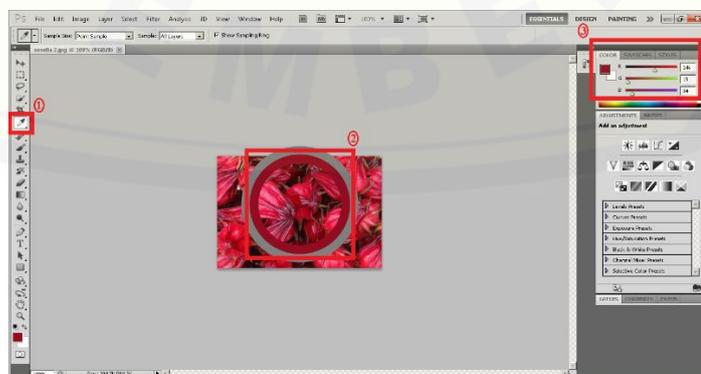
- Waktu pengambilan data dilakukan setiap 5 menit.
- Pengambilan data berhenti jika rosela sudah kering.

3.6 Tahap Penelitian dan Pengujian

Penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh putaran mesin pengering sistem *rotary* terhadap perubahan warna dan laju pengeringan rosela Lab. Konversi Energi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.6.1 Tahap pendeteksian warna

Tahap penyiapan kamera untuk memotret rosela yang dikeringkan. Setelah dipotret, kita mendapatkan gambar kelopak rosela yang dikeringkan dengan menggunakan sistem pengolahan citra dari warna kelopak rosela diubah ke nilai RGB dan CIE Lab, prosesnya lihat gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3.9 Nilai RGB gambar pada *software photoshop*

Proses diawali dengan buku *software photoshop*, dilanjutkan dengan buka file gambar, pilih *eyedropper tool* pada *software photoshop* (Lihat gambar 3.9 dengan tanda 1), pilih area yang ingin diketahui nilai RGB pada gambar (Lihat gambar 3.9 dengan tanda 2), terakhir lihat nilai RGB gambar pada menu *color* (Lihat gambar 3.9 dengan tanda 3).

3.6.2 Tahap menimbang rosela.

Tahap menimbang rosela dilakukan untuk mengetahui massa awal, saat proses dan akhir proses pengeringan rosela. Tahap ini dilakukan dengan cara menimbang rosela setiap 5 menit, dengan timbangan digital kapasitas 2 Kg.

3.6.3 Tahap mencatat waktu proses

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu berlangsungnya proses pengeringan. Tahap ini dilakukan dengan alat ukur *stopwatch*. Setiap 5 menit dilakukan pengambilan data.

3.6.4 Tahap mengukur suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus, saat awal proses sampai akhir proses pengeringan rosela dengan menggunakan alat ukur sensor DHT 22, *Tachometer*, *Wattmeter*. Dengan demikian data suhu, kelembaban, putaran mesin, tegangan dan arus dapat dicatat dan dianalisa.

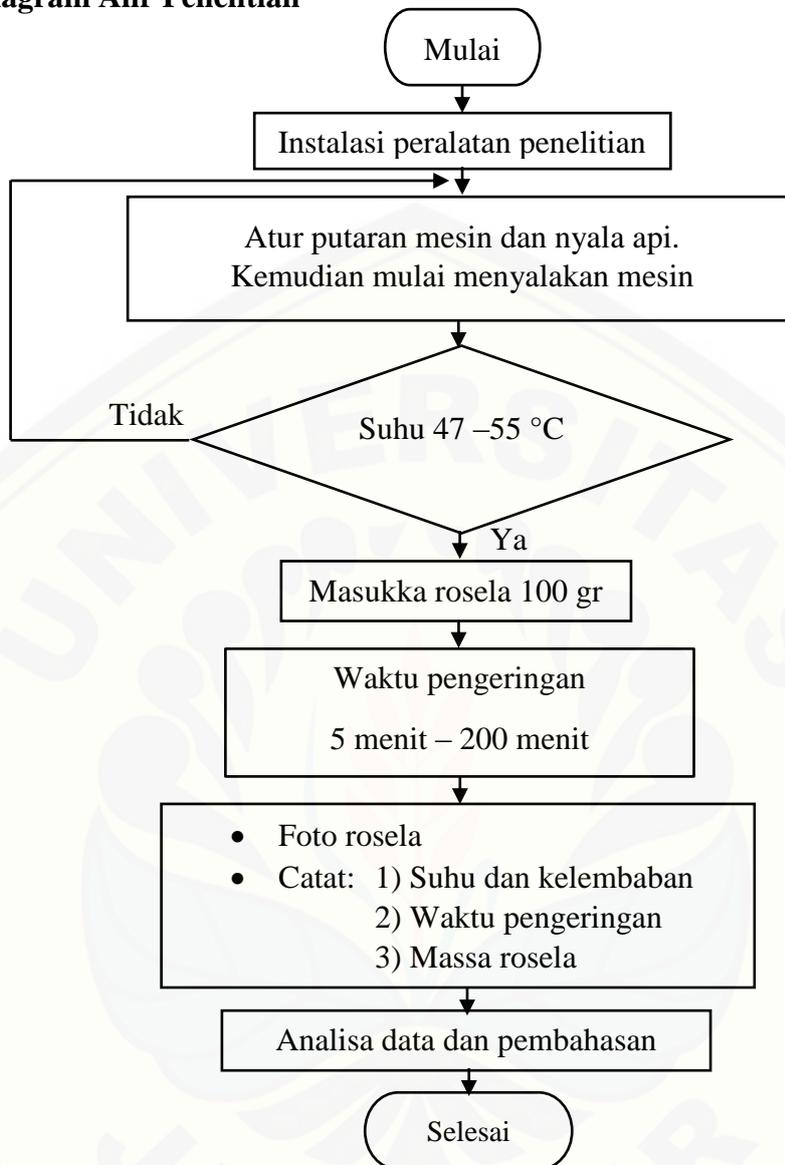
3.6.5 Tahap penentuan kadar air total dalam sampel

$$\text{Kadar air total} = \frac{\text{massa sampel basah} - \text{massa sampel kering}}{\text{massa sampel basah}}$$

3.6.6 Tahap penentuan laju pengeringan

$$\text{Laju pengeringan} = \frac{\text{massa air teruapkan}}{\text{luas penampang bahan} \times \text{waktu}}$$

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Proses pengeringan rosela dengan menggunakan pengering sistem rotary, lama waktu proses pengeringan rosela dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin. Rosela dianggap kering dengan kadar air 10%. Hasil pengeringan yang bagus didapat pada kecepatan putaran mesin 25 rpm dan lama waktu proses pengeringan 135 menit. Kecepatan putar mesin sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan rosela. Kecepatan putar yang bagus yaitu kecepatan putar 25 rpm pada waktu pengeringan 10 menit menghasilkan perpindahan massa uap air tertinggi 0,127 g.H₂O/menit.cm². Warna rosela kering dengan kecepatan putaran mesin 25 rpm, 16 rpm dan 9 rpm hasilnya relatif sama.

5.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan penulis dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Perbanyak variasi putaran mesin, agar mendapatkan warna dan laju pengeringan yang lebih baik.
2. Tambahkan blower pada tabung pengeringan agar uap air dalam tabung pengeringan dapat keluar dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S dan H.A. M. Vossen. 2003. *Hibiscus sabdariffa L.* Bogor: Febre Plants Prosea Foundation.
- Artech. 2012. Meningkatkan kinerja fluidized bed dryer dengan pengaturan tekanan udara, tingkat perpindahan panas dan waktu pengeringan. *Agro* 7(1): 80-85.
- Dalfsen, V. B. 1999. *Agriculture Engineering*. Birmingham: P. English.
- Departeme Kesehatan Republik Indonesia (Depkes RI), 2000. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. Jakarta: Depkes RI.
- Earle, R. L. 1983. *Unit Operations in Food Processing 2 nd Edition*. Sidney: Pergamon Press.
- Efendi, M. 2017. Perancangan Alat Pengering Biji Kakao dengan Sistem Rotari Sederhana pada Usaha Mandiri di Desa Wiyono, Kabupaten Pesawaran. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Faridasari, R.D., dan S. Mulyantini. 2009. Pengeringan Kelopak Bunga Rosela Menggunakan Tray Dryer. *The 18 th Indonesian Scientific Conference in Japan*. 7-8 Agustus 2010. *Oral Presentation*: 20-21.
- Goswami, D.Y. 1986. *Alternative Energy in Agriculture Vol. I*. CRC Press, Inc. USA.
- Hayati, R., Nurhayati, dan N. Annisa. 2011. Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Mutu Rosela Kering (*Hibiscus sabdariffa l.*). *J. Floratek* 6: 1 - 7.
- Henderson, S.M, dan R.L. Perry.1976. *Agricultural Process Engginering. 3 rd Edition*. The Avi Publishing Company, Ins Wertport USA.
- Mardiah, N. Novidahlia, dan Mashudi. 2012. Determination of drying method (cabinet dryer and fluidized bed dryer) on compound and capacity antioxidant in dried rosela (*Hibiscus sabdariffal.*). *Pertanian* 3(2): 104-110.
- Juhari, N. H., W. L. P. Bredie, T. B. Andersen, dan M. A. Petersen. 2018. Characterization of Roselle calyx from different geographical origins. *Food Research International* 112: 378–389.
- Mardiah, Sawarni, R. W. Ashadi, dan A. Rahayu. 2009. *Budidaya dan Pengolahan Rosela Si Merah Segudang Manfaat*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Mardiah, N. Novidahlia, dan Mashudi. 2012. Determination of drying method (cabinet dryer and fluidized bed dryer) on compound and capacity antioxidant in dried rosela (*Hibiscus sabdariffal.*). *Pertanian* 3(2): 104-110.

- Maryani, H dan Kristiana, L. 2008. *Khasiat dan Manfaat Rosela*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Marnoto, T., E. Sulistyowati, P. Budiyastuti, P.S. Sumarwoto, M. Syahri, B. Sugiarto, Y. Hanafi, Girman, dan Kristianingrum. 2014. Drying of rosela (*Hibiscus sabdariffa*) flower petals using solar dryer with double glass cover collector. *Internat. J. Sci. Eng* 7(2): 150-154.
- Mujumdar, A. S., dan S. Devastin. 2001. *Fundamental principles of drying*. In: Mujumdar AS (ed). *Handbook of industrial Drying, 2nd Edition*. New York: Marcel Dekker.
- Putra, R. Y. 2018. Rancang bangun mesin pengering daun the dengan sistem rotary. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Rahmahuda, N. K. 2012. *Tanaman Rosela*. Bogor: Universitas Pakuan.
- Santri, N. 2006. Uji kinerja dan modifikasi alat pengering (Rotary dryer) pada pengeringan sawut ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) di unit pengolahan badan usaha milik petani (BUMP) Cibungbulang. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suhardjo. 1999. Pengeringan cabinet (Cabinet dryer) menggunakan oven. *Advance Journal of Food Science and Technology* 9(1): 65-69.
- Suherman, B. Fajar, H. Satriadi, O. Yuariski, R.S. Nugroho, dan A. Shobib. 2012. Thin Layer Drying Kinetics of of Roselle. *Advance Journal of Food Science and Technology* 4(1): 51-55.
- Sulistyowati, E., Sumarwoto, F. Marnotol, dan M. Syahril. 2013. The Influence Of Solar Energy Dryer with The Double Glass Covered Collectors on Rosella, A Petals Quality (*Hibiscus sabdariffa* l.). *Agro* 5(1): 49-58.
- Supriyanto, A. 2011. Pengeringan gabah menggunakan rotary dryer untuk meningkatkan harga jual. *Skripsi*. Semarang: Universitar Diponegoro.
- Toledo RT. 1991. *Fundamentals of Food Process Engineering*. New York: Chapman & Hall.
- Wijayanti, P. 2010. Budidaya Tanaman Obat Rosela Merah (*Hibiscus Sabdariffa*) dan Pemanfaatan Senyawa Metabolis Sekundernya Di PT. Temu Kencono. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Winarti, S., Sudaryati, dan D.S. Usman. 2015. Characteristics and Antioxidant Activity Dried Rosela (*Hibiscus sabdariffa* l.). *J. Rekapangan* 9(2): 17-24.

Wulandani, D. Nelwan, dan L. Oscar. 2009. Rancang bangun kolektor surya tipe plat datar Dan konsentrator surya untuk penghasil panas Pada pengering produk-produk pertanian. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Yilmas, Y. & Toledo, R. 2005. Antioxidant activity of water soluble Maillard reaction products. *Journal Food Chemistry* 93:273-278.



LAMPIRAN

4.2.1 Hasil perhitungan dari putaran 9 rpm

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
1	0	51.3	51.6	100	187	57	76	44	53	19	0.000
2	5	51.5	52.5	96	186	78	91	48	45	14	0.051
3	10	51.2	53.1	92	183	75	85	47	45	16	0.051
4	15	51.3	52.0	89	182	72	77	46	45	20	0.038
5	20	51.2	51.4	86	180	58	92	44	52	7	0.038
6	25	50.2	52.7	83	180	64	67	44	47	23	0.038
7	30	51.3	49.9	78	176	60	92	43	50	7	0.063
8	35	51.8	54.4	73	176	62	83	43	48	13	0.063
9	40	51.3	52.6	68	176	73	93	45	44	9	0.063
10	45	51.1	52.2	63	174	63	89	43	48	9	0.063
11	50	51.8	51.8	59	172	79	79	46	38	18	0.051
12	55	50.8	50.5	55	169	61	65	41	45	21	0.051
13	60	51.3	53.9	52	168	73	89	44	41	10	0.038
14	65	51.7	49.9	49	168	72	88	44	41	10	0.038
15	70	50.8	51.7	46	167	53	78	40	49	11	0.038
16	75	51.6	51.9	44	164	74	88	43	39	10	0.025
17	80	51.9	52.7	41	162	72	89	43	39	8	0.038
18	85	51.9	51.5	39	162	59	74	40	44	13	0.025
19	90	51.1	54.0	37	160	54	92	39	47	1	0.025
20	95	51.1	51.4	34	158	73	69	42	35	19	0.038
21	100	51.3	51.0	32	157	74	87	42	36	8	0.025
22	105	51.1	56.0	30	156	77	91	43	35	7	0.025
23	110	51.9	56.4	28	155	69	67	41	36	18	0.025
24	115	51.9	54.1	27	152	73	85	41	35	8	0.013
25	120	51.5	55.5	25	149	73	76	41	32	13	0.025
26	125	51.8	54.0	24	148	75	82	41	32	10	0.013
27	130	51.1	50.9	23	147	58	67	37	39	14	0.013
28	135	51.6	54.2	22	146	80	88	42	29	7	0.013
29	140	52.6	55.9	21	145	67	89	39	36	2	0.013
30	145	52.2	53.8	20	143	61	88	38	38	1	0.013
31	150	51.6	54.7	19	142	78	86	41	28	7	0.013
32	155	52.1	52.2	18	141	58	85	37	38	1	0.013

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
33	160	51.0	50.1	17	141	55	75	36	39	6	0.013
34	165	51.3	52.5	16	138	76	94	40	29	1	0.013
35	170	52.1	48.8	15	138	72	75	39	28	10	0.013
36	175	51.9	53.7	15	130	60	70	35	31	8	0.000
37	180	52.1	45.2	14	129	70	64	37	25	14	0.013
38	185	52.9	43.0	13	127	77	83	39	22	5	0.013
39	190	51.7	50.7	12	125	72	80	37	24	5	0.013
40	195	50.0	49.3	11	123	74	76	37	21	7	0.013
41	200	47.6	41.7	10	121	79	73	38	17	10	0.013

4.2.2 Hasil perhitungan dari putaran 16 rpm

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
1	0	51.7	52.0	100	189	59	70	45	53	23	0.000
2	5	51.1	55.6	96	188	48	71	43	57	20	0.051
3	10	51.3	54.2	91	186	66	75	45	49	21	0.063
4	15	51.8	54.7	86	182	69	55	45	45	32	0.063
5	20	51.9	52.9	80	181	53	72	43	53	19	0.076
6	25	51.3	54.1	76	174	76	64	45	39	26	0.051
7	30	51.6	52.6	70	174	50	63	41	51	22	0.076
8	35	50.8	53.3	65	173	51	60	41	50	23	0.063
9	40	51.3	53.2	62	173	76	64	45	39	26	0.038
10	45	51.4	54.0	57	171	54	80	41	50	11	0.063
11	50	51.3	56.3	54	170	62	78	42	46	14	0.038
12	55	51.2	53.6	52	167	71	76	43	40	17	0.025
13	60	51.2	50.7	49	160	73	79	42	37	14	0.038
14	65	51.5	53.7	45	157	73	60	42	34	24	0.051
15	70	51.4	53.7	41	155	64	59	39	38	22	0.051
16	75	51.6	54.3	39	153	59	54	38	39	23	0.025
17	80	51.2	51.0	36	152	57	70	38	41	13	0.038
18	85	50.9	55.2	34	151	56	63	37	41	17	0.025
19	90	51.0	50.7	31	149	59	53	37	38	23	0.038

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
20	95	51.3	53.8	29	144	56	64	36	38	14	0.025
21	100	51.3	52.7	28	142	54	59	35	38	16	0.013
22	105	51.3	52.7	26	139	55	66	35	37	11	0.025
23	110	51.9	50.0	25	139	61	58	36	33	18	0.013
24	115	51.2	50.8	23	134	72	67	38	26	14	0.025
25	120	52.6	52.0	21	130	70	61	37	25	16	0.025
26	125	51.3	55.0	20	130	61	65	35	30	11	0.013
27	130	51.2	50.9	18	125	69	78	36	25	5	0.025
28	135	50.7	45.8	16	123	51	60	32	32	10	0.025
29	140	52.3	50.6	15	119	56	62	32	28	9	0.013
30	145	51.5	50.2	14	119	64	67	34	24	8	0.013
31	150	52.7	45.8	13	119	70	76	36	22	5	0.013
32	155	50.8	45.9	12	118	77	78	37	18	6	0.013
33	160	51.6	46.9	11	116	74	70	36	18	9	0.013
34	165	51.3	44.9	10	115	76	65	36	15	13	0.013

4.2.3 Hasil perhitungan dari putaran 25 rpm

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
1	0	51.6	53.6	100	188	56	73	44	54	20	0.000
2	5	52.0	53.4	96	186	46	68	42	56	21	0.051
3	10	51.5	51.8	86	183	69	76	45	47	20	0.127
4	15	51.1	51.7	81	178	46	63	41	54	22	0.063
5	20	52.1	52.4	76	175	63	60	43	46	26	0.063
6	25	51.5	52.0	71	172	57	57	41	47	26	0.063
7	30	51.3	50.1	69	169	53	63	40	48	21	0.025
8	35	52.1	55.7	66	164	54	61	39	46	21	0.038
9	40	51.0	53.5	57	159	45	75	37	49	9	0.114
10	45	51.8	54.2	52	154	51	70	37	45	12	0.063
11	50	51.2	55.5	50	146	55	61	36	39	16	0.025
12	55	50.7	53.8	46	143	52	64	35	40	13	0.051
13	60	50.7	53.1	43	142	66	59	38	32	19	0.038

No	Waktu (menit)	Temp (°C)	Humi (%)	Massa (gram)	Warna						Laju Pengeringan (g.H ₂ O/menit. cm ²)
					R	G	B	L	a	b	
14	65	52.7	51.6	39	140	65	67	37	32	14	0.051
15	70	50.9	53.9	37	139	59	59	36	34	17	0.025
16	75	51.1	52.4	33	139	72	69	39	28	14	0.051
17	80	51.2	54.2	30	138	55	58	35	36	16	0.038
18	85	51.1	54.6	28	133	62	68	36	31	10	0.025
19	90	51.4	57.1	26	129	46	53	32	37	14	0.025
20	95	52.0	49.3	24	128	70	68	37	25	12	0.025
21	100	52.5	49.7	22	124	63	65	34	27	10	0.025
22	105	50.6	51.3	20	123	45	62	30	36	7	0.025
23	110	49.6	54.7	18	122	62	54	34	25	16	0.025
24	115	50.5	53.6	17	121	72	69	36	21	10	0.013
25	120	52.7	43.4	15	120	62	68	34	26	7	0.025
26	125	53.2	43.1	13	117	70	68	35	20	9	0.025
27	130	52.0	44.4	12	115	74	65	36	16	12	0.013
28	135	52.7	41.0	10	114	78	68	37	14	12	0.025