

**PENGERINGAN LADA (*Piper nigrum* L.) PETIK HIJAU DENGAN ALAT
PENGERING *HYBRID* TIPE RAK**

(Skripsi)

Oleh

MAULYDIA AYU NINGRUM



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAC

Drying Of Pepper (*Piper nigrum* L.) Picking Green With Dryer Hybrid Rack

Type

By

Maulydia Ayu Ningrum

Pepper is one of the agricultural commodities from the plantation sub-sector that has an important role in the economy in Indonesia. This is because pepper is one of the export commodities source of foreign exchange. This study aims to analyze the efficiency of the drying of pepper picking green using a dryer with a hybrid type of shelf with three treatments, namely drying with the tool uses the rays of the sun, drying with the tool uses sunlight to electrical energy (hybrid), drying with the appliance use electrical energy and drying conventional. After doing research it is known that the drying of pepper picking green using the tool with the rays of the sun takes over 39 hours or 5 days, the tool with the sun and the energy electric (hybrid) 52 hours or 3 days, the appliance use electrical energy 76 h or 4 days and conventional drying 64 hours or 8 days. While the value of the efficiency for the drying of pepper picking green using the tool with the rays of

the sun by 4,22%, the tool with the sun and electric (hybrid) by 2,93%, and tool with electrical energy by 1,98%.

Keywords : pepper, drying, hybrid

ABSTRAK

Pengeringan Lada (*Piper nigrum* L.) Petik Hijau Dengan Alat Pengering *Hybrid* Tipe Rak

Oleh

Maulydia Ayu Ningrum

Lada adalah salah satu komoditas pertanian dari subsektor perkebunan yang memiliki peranan penting dalam perekonomian di Indonesia. Hal ini dikarenakan lada adalah salah satu komoditas ekspor sumber devisa negara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi pengeringan lada petik hijau menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak dengan tiga perlakuan yaitu pengeringan dengan alat menggunakan sinar matahari, pengeringan dengan alat menggunakan sinar matahari dengan energi listrik (*hybrid*), pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik dan penjemuran konvensional. Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa pengeringan lada petik hijau menggunakan alat dengan sinar matahari membutuhkan waktu selama 39 jam atau 5 hari, alat dengan matahari

dan energi listrik (*hybrid*) 52 jam atau 3 hari, alat menggunakan energi listrik 76 jam atau 4 hari dan pengeringan konvensional 64 jam atau 8 hari. Sedangkan nilai efisiensi untuk pengeringan lada petik hijau menggunakan alat dengan sinar matahari sebesar 4,22%, alat dengan matahari dan listrik (*hybrid*) sebesar 2,93%, dan alat dengan energi listrik sebesar 1,98%.

Kata Kunci : lada, pengeringan, hybrid

**PENGERINGAN LADA (*Piper nigrum* L.) PETIK HIJAU DENGAN ALAT
PENGERING *HYBRID* TIPE RAK**

Oleh

Maul Lydia Ayu Ningrum

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

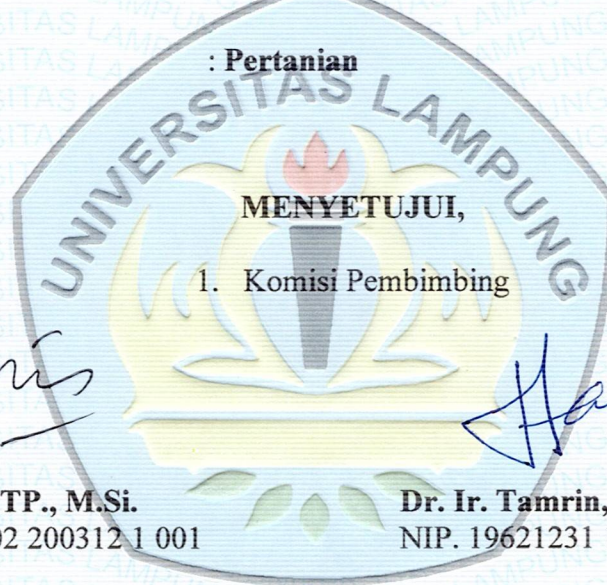
Judul Skripsi : **PENGERINGAN LADA (*Piper nigrum* L.)
PETIK HIJAU DENGAN ALAT PENERING
HYBRID TIPE RAK**

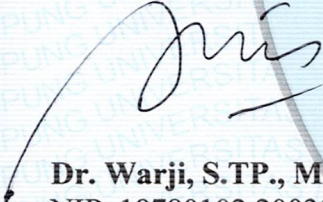
Nama Mahasiswa : **Mauliydia Ayu Ningrum**

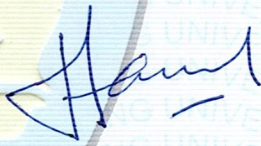
No. Pokok Mahasiswa : **1814071015**

Jurusan : **Teknik Pertanian**


Fakultas : **Pertanian**




Dr. Warji, S.TP., M.Si.
NIP. 19780102 200312 1 001


Dr. Ir. Tamrin, M.S.
NIP. 19621231 198703 1 030

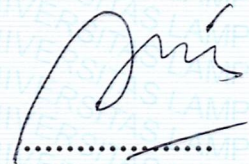
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.S.
NIP. 19621010 198902 1 002

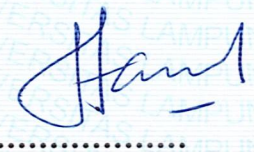
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

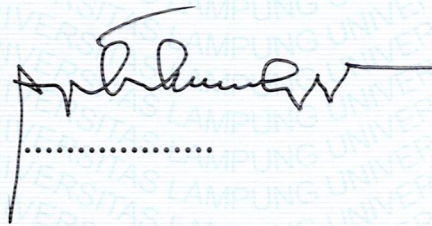
Ketua : **Dr. Warji, S.TP., M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Tamrin, M.S.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S.**

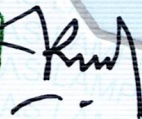


2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **4 April 2022**

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah **Maulydia Ayu Ningrum** NPM **1814071015**

dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Warji, S.TP., M.Si. dan 2) Dr. Ir. Tamrin, M.S. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan



Maulydia Ayu Ningrum
NPM. 1814071015

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalianda (Lampung Selatan), pada hari Kamis, 20 Juli 2000, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Suroto dan Ibu Endang Lestari. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak Dharma Wanita pada tahun 2005-2006, Madrasah Ibtidaiyah Negeri 1 Lampung Selatan pada tahun 2006-2012, Madrasah Tsanawiyah Negeri 1

Lampung Selatan pada tahun 2012-2015, dan Madrasah Aliyah Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2015-2018. Tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Pengembangan Sumberdaya Manusia (PSDM) periode 2019/2020 sampai periode 2021.

Tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2021 di Desa Kalianda, Kecamatan Kalianda,

Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di P4S Jaya Anggara Farm, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung dengan judul “Mempelajari Penanganan dan Pendistribusian Limbah Sisa Budidaya Hidrponik pada Jaya Anggara Farm, Kota Bandar Lampung, Lampung” selama 40 hari pada bulan Agustus sampai September 2021. Penulis juga sempat mengikuti program pertukaran mahasiswa PERMATA SARI di Universitas Negegeri Jakarta jurusan Psikologi dan Institut Pertanian Bogor Jurusan Arsitektur Landscape selama satu semester secara daring.



Dengan segala kerendahan hati,
kupersembahkan karya sederhanaku ini
sebagai tanda cinta, kasih sayang serta rasa terima kasihku

Kepada Bapak Suroto dan Ibu Endang Lestari tercinta
yang telah membesarkan dan mendidikku dengan penuh perjuangan
dan kasih sayang serta selalu mendukung dan mendo'akan yang terbaik
untuk keberhasilan dan kebahagiaanku

Serta adikku tersayang Suryo Bayu Satrio
terima kasih untuk cinta, kasih sayang, dukungan serta semangat yang selalu
ananda berikan selama ini

Teman-teman seperjuangan
Keluarga Besar Teknik Pertanian 2018
Universitas Lampung

Dan kepada semua orang yang bertanya :
"Kapan wisuda?"



SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Pengeringan Lada (*Piper nigrum* L.) Petik Hijau dengan Alat Pengering Hybrid Tipe Rak" yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, semangat, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Dr. Warji, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, masukan, dan motivasi;
4. Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;
5. Dr. Ir. Supto Kuncoro, M.S., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini;

7. Teknisi Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian (Pak Untung) yang telah banyak membantu penulis dari awal penelitian hingga selesai;
8. Bapak, Ibu dan adik tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan doa, dukungan moral dan material, semangat serta nasihat selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai;
9. Kakak tingkat satu bimbinganku, Wahyu Aji Prasetyan dan Andika Rizki Aditya yang telah banyak memberi arahan, masukan dan koreksi sepanjang penyusunan skripsi;
10. Rekan-rekan baikku Chandra Pranata, Amalia Agustin, Rendi Amanda Berdikari, Sekar Kinanti, Maya Elinta, Krisna Bayu Aji, Hani Muzaki, dan Ausvin Alfitriah yang telah menemani selama pengambilan data di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian (LDAMP);
11. Sahabat-sahabat baikku Wahyuni Maru'fah, Julia Ramadhani, Ivo Ali Saifullah Alwi, Markijul, dan Suandireza yang telah mendampingi dan memberikan semangat selama penelitian ini dilaksanakan;
12. Angga Aji Pratama dan rekan-rekan bidang PSDM periode 2019/2020 dan periode 2021 lainnya yang sudah membantu dalam mencari bahan penelitian dan menyemangati sepanjang proses pengambilan data sampai dengan penulisan;
13. Keluarga besar Teknik Pertanian 2018 yang telah membantu, memberikan semangat, dan mendoakan penulis selama perkuliahan;

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung,
Penulis

Maulydia Ayu Ningrum

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lada	6
2.2 Karagaman Komoditas Lada di Indonesia	8
2.2.1 Lada Hitam	9
2.2.2 Lada Putih	10
2.3 Penanganan Pascapanen Lada.....	11
2.3.1 Cara Penanganan Pascapanen Lada Hitam	11
2.3.2 Perontokan.....	12
2.3.3 Pengeringan	12
2.4 Standar Mutu Lada	13
2.4.1 Standar Mutu Lada Nasional (SNI).....	13
2.4.2 Standar Mutu Lada Internasional	14
2.5 Alat Pengering	15
2.5.1 Alat Pengering Surya	16

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.5 Pengamatan.....	27

3.6 Analisis Efisiensi	28
3.6.1 Berat Akhir	28
3.6.3 Laju Pengeringan	28
3.6.6 Energi yang Digunakan	30
3.6.7 Energi Listrik	30
3.6.8 Energi Matahari	31
3.6.9 Efisiensi Pengeringan	31
3.6.10	Analisis Data
.....	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Tanpa Beban.....	32
4.1.1 Pengujian Alat Menggunakan Energi Matahari	32
4.1.2 Pengujian Alat Menggunakan Energi Listrik	34
4.1.3 Pengujian Alat Menggunakan Energi Matahari dan Listrik (<i>Hybrid</i>)	36
4.2 Pengujian Alat Menggunakan Bahan (Lada Petik Hijau)	38
4.2.1 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Listrik	38
4.2.2 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Matahari	40
4.2.3 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Listrik dan Matahari (<i>Hybrid</i>)	41
4.2.4 Penjemuran dengan Tampah	43
4.3 Kadar Air	44
4.3.1 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Listrik	44
4.3.2 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Matahari	46
4.3.3 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Matahari dan Listrik (<i>Hybrid</i>)	47
4.3.4 Penjemuran dengan Tampah (Tradisional) Menggunakan Energi Matahari	48
1.4 Analisis Efisiensi Alat.....	51
4.4.1 Lama Pengeringan	51
4.4.2 Laju Pengeringan.....	52
4.4.3 Energi yang Dihasilkan	52
4.4.4 Energi yang Digunakan	53
4.4.5 Efisiensi Pengeringan	54

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan..... 67
5.2 Saran..... 68

DAFTAR PUSTAKA 69

LAMPIRAN..... 73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
<i>Teks</i>	
1. Standar mutu lada putih	14
2. Standar mutu lada hitam.....	14
3. Standar mutu lada internasional	15
4. Perbandingan alat pengering surya dengan pengering sederhana.....	17
5. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$)	74
6. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong dan kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$).....	74
7. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$).....	75
8. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong dan kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$).....	76
9. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dan energi listrik (hybrid) dengan kipas pendorong ($^{\circ}\text{C}$)	77
10. Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan sinar matahari dan energi listrik (hybrid) dengan kipas pendorong dan kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$)	77
11. Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari ($^{\circ}\text{C}$)	78
12. Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$)	80

13. Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$)	82
14. Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan tampah (tradisional)	84
15. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi matahari	86
16. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi listrik	87
17. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (hibrid).....	88
18. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi matahari (penjemuran)	89
19. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari ($^{\circ}\text{C}$)	89
20. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$)	90
21. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan listrik ($^{\circ}\text{C}$)	90
22. Penurunan kadar air pada penjemuran menggunakan tampah (tradisional) menggunakan sinar matahari.....	90
23. Rata-rata radiasi matahari (W/m^2)	91
24. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari.....	91
25. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik	91
26. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan energi listrik.....	91

DAFTAR GAMBAR

Tabel	Halaman
<i>Teks</i>	
1. Lada petik hijau.....	6
2. Alat pengering <i>hybrid</i> tipe rak	18
3. Diagram alir penelitian.....	26
4. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong tanpa kipas penghisap	33
5. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong dan kipas penghisap	34
6. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong dan kipas penghisap.....	35
7. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong tanpa kipas penghisap	36
8. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dan matahari (<i>hybrid</i>) dengan kipas pendorong tanpa kipas penghisap	37
9. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dan matahari (<i>hybrid</i>) dengan kipas pendorong dan kipas penghisap	37
10. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan dengan menggunakan energi listrik.....	39
11. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari	41

12. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari dan listrik (<i>hybrid</i>).....	43
13. Grafik rata-rata perubahan suhu pada penjemuran dengan tampah menggunakan energi matahari (tradisional).....	44
14. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi listrik	45
15. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari.....	47
16. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari dan listrik (<i>hybrid</i>)	48
17. Grafik penurunan kadar air pada penjemuran dengan tampah (konvensional) menggunakan energi matahari	49

LAMPIRAN

18. Grafik penurunan kadar air dari seluruh perlakuan.....	50
19. Lada petik hijau.....	97
20. Penimbangan lada petik hijau	97
21. Pengukuran suhu diruang pengering	98
22. Pengukuran kadar air lada petik hijau dengan metode oven.....	98
23. Pengeringan lada petik hijau menggunakan energi listrik	99
24. Penimbangan sampel lada petik hijau	99
25. Penimbangan lada petik hijau kering	100
26. Pengukuran konsumsi listrik menggunakan kWh meter.....	100

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai peluang yang cukup besar dalam mengembangkan ekspor produk pertanian, khususnya komoditas dari subsektor perkebunan. Salah satu komoditas ekspor dari subsektor tanaman perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian sebagai sumber devisa maupun sumber mata pencaharian petani adalah lada (Sumantri *et al.* 2004). Lada adalah "*King of Spice*" atau raja tanaman rempah yang kini menjadi komoditas penting perdagangan dunia. Menurut Fatimah (2013) tanaman lada memiliki peran penting dalam penghasil devisa, penyedia lapangan kerja, sebagai bahan konsumsi dan bahan baku industri.

Produksi lada hitam dunia mencapai 337.200 ton pada tahun 2014 dan Vietnam merupakan negara penghasil dan pengekspor terbesar lada hitam dengan produksi mencapai 125.000 ton atau sekitar 37 % dari total produksi dunia, kemudian diikuti Indonesia 52.000 ton (15,4 %), India 37.000 ton (11 %), Brasil 36.000 ton (10,7 %) dan China 27.500 ton (8,15 %). (International Pepper Community (IPC), 2011). Produksi lada Indonesia sebagian besar diperuntukkan untuk ekspor. Dalam perdagangan internasional, volume ekspor lada Indonesia cenderung menurun karena kalah bersaing dengan lada dari Vietnam. Sebaliknya, volume impor lada, meskipun jauh lebih kecil daripada volume ekspor, tetapi meningkat pesat. Neraca perdagangan lada Indonesia hingga tahun 2014 masih berada pada posisi surplus (Suwanto, 2017)

Negara kompetitor dalam perdagangan lada ialah Vietnam. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (2015), pada periode tahun 2008-2012 rata-rata ekspor lada dari Vietnam sebesar 188.726 ton atau kontribusi pasarnya 33,42%. Nilai tersebut menempatkan Vietnam pada posisi pertama. Indonesia berada di

bawahnya dengan mampu mengekspor lada rata-rata sebesar 181.607 ton dalam rentang periode yang sama. Lada dapat diandalkan sebagai komoditas unggulan ekspor, namun demikian budidaya lada nasional hampir seluruhnya dikelola oleh perkebunan rakyat yang masih belum menerapkan teknologi budidaya secara tepat, mutu hasil rendah karena panen dan pengolahan masih bersifat tradisional serta kebersihan/kesehatan produk belum terjamin.

Di Indonesia, tanaman lada sudah dibudidayakan sejak ratusan tahun yang lalu. Daerah sentral produsen utama lada di Indonesia adalah Provinsi Lampung untuk lada hitam dan Provinsi Bangka Belitung untuk lada putih. Kontribusi produksi lada dari Provinsi Lampung dan Provinsi Bangka Belitung sebesar 70- 80% dari total produksi lada di Indonesia sedangkan sisanya sebesar 20-30% berasal dari Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan dan Jawa Barat. Berdasarkan data pada tahun 2010 produksi lada mencapai 83.663 Ton dan pada tahun 2014 meningkat menjadi 91.940 Ton (Kementerian Pertanian, 2015). Menurut data BPS Provinsi Lampung tahun 2015, di Provinsi Lampung komoditas lada merupakan komoditas ekspor utama setelah kopi. Pada tahun 2010 ekspor lada hitam mencapai 81.617 ton namun tahun-tahun berikutnya jumlahnya cenderung menurun dan pada tahun 2014 jumlah ekspor sebesar 15.226 ton. Salah satu kabupaten yang memberikan kontribusi produksi tanaman lada di Provinsi Lampung adalah Kabupaten Lampung Timur. Tanaman lada telah menjadi lokasi cagar budidaya lada hitam di Kabupaten Lampung Timur.

Lada memiliki peran penting dalam perekonomian nasional, yaitu sebagai sumber devisa, penyedia lapangan kerja, bahan baku industri, dan konsumsi langsung. Devisa dari lada menempati urutan keempat setelah minyak sawit, karet, dan kopi, dengan nilai ekspor US\$ 221.089 juta (Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan 2002). Tanaman lada di Indonesia sebagian besar diusahakan oleh petani dalam bentuk perkebunan rakyat yang menyerap banyak tenaga kerja (Manohara *et al.*, 2006). Secara tidak langsung, usaha tani lada telah menghidupi ribuan petani di Indonesia, khususnya di daerah pengembangan tanaman lada dimana tanaman pangan tidak dapat tumbuh dengan baik.

Salah satu proses pengolahan pasca panen lada adalah proses pengeringan. Pengeringan dilakukan setelah proses perendaman biji lada. Pengeringan biji lada yang dilakukan dengan sinar matahari membutuhkan waktu 3-10 hari, sehingga kadar air pada biji lada setelah proses pengeringan dengan matahari masih cukup tinggi, sekitar 15-18%. Kadar air yang tinggi sangat rentan terhadap pertumbuhan jamur karena dapat menurunkan dan merusak mutu lada (Mukhlis, 2016).

Kandungan air dan aktivitas air mempengaruhi perkembangan reaksi pembusukan secara kimia dan biologi dalam makanan. Pembusukan biologi dalam makanan diantaranya ditandai oleh tumbuhnya jamur. Pada rempah, jamur yang tumbuh berupa kapang dan khamir. Pertumbuhan kapang dan khamir dapat menjadi salah satu indikator kerusakan dalam penyimpanan lada (Chandiko, 2017).

Pertumbuhan mikro organisme yang tinggi dapat dikurangi dengan pengeringan. Pengeringan dengan menggunakan oven termasuk pengeringan buatan (Utomo *et al.* 2009). Menurut Sudarmaji (2003) pengeringan adalah proses pengurangan kandungan air suatu bahan hingga mencapai jumlah tertentu. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air pada bahan dan menghambat pertumbuhan mikroba. Menurut Hamdiyanti (2011) pengendalian kapang khamir dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan pada suhu di atas 80°C. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Chandiko (2017), pengeringan dengan menggunakan sangrai pada suhu 65°C dapat mempertahankan kadar piperin lada, tetapi angka kapang khamir pada lada masih tinggi dan melebihi standar yang ditetapkan oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan.

Alat pengering hasil pertanian berdasarkan penggunaan menggunakan energi matahari terdiri dari dua jenis berdasarkan prinsip kerjanya dalam memanfaatkan radiasi dari matahari yaitu sistem pasif dan sistem *hybrid*. Pengeringan sistem pasif yaitu memanfaatkan radiasi matahari dan kecepatan angin tanpa tambahan sumber energi selain energi matahari. Pengeringan sistem *hybrid* yaitu memanfaatkan energi matahari dengan tambahan sumber energi lainnya seperti: listrik, gas, dan lain-lain. Pengeringan sistem *hybrid* diperlukan sebagai

alternative pengeringan lada hitam untuk mengatasi banyaknya kendala dalam pengeringan tradisional. Pengeringan sistem *hybrid* diperlukan sebagai alternative pengeringan lada hitam. Telah dirancang bangun alat pengering *hybrid* tipe rak dan untuk mengetahui karakteristik pengeringan lada hitam dengan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan alat tersebut. Pengeringan menggunakan alat pengering hybrid memiliki beberapa keuntungan antara lain tidak bergantung kepada panas matahari dan cuaca, tidak memerlukan tempat yang luas dalam proses pengeringan dan kapasitas pengeringan dapat disesuaikan dengan yang diperlukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan lada hitam menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak?
2. Bagaimana perbandingan lada hitam yang dikeringkan menggunakan metode tradisional/konvensional dibandingkan lada hitam yang dikeringkan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak?
3. Bagaimana tingkat efisiensi alat pengering *hybrid* tipe rak dalam mengeringkan lada hitam?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengeringan lada hitam menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak dengan tiga perlakuan yaitu pengeringan dengan alat menggunakan sinar matahari, pengeringan dengan alat menggunakan sinar matahari dengan energi listrik (*hybrid*), pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik dan penjemuran secara langsung (cara konvensional) sebagai kontrol.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat (terutama petani atau pengusaha umbi porang) mengenai tingkat efisiensi penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak untuk mengeringkan lada petik hijau.
2. Memberikan pengetahuan kepada peneliti tentang hasil pengeringan lada petik hijau menggunakan metode konvensional dan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak.
3. Dapat dijadikan sebuah solusi terhadap permasalahan-permasalahan yang di hadapi petani lada dalam melakukan proses pengeringan menggunakan metode konvensional, seperti cuaca, waktu, dan lain-lain.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah pengeringan lada petik hijau dengan pengeringan matahari dan listrik (*hybrid*) memiliki efisiensi yang lebih baik dari pada pengeringan dengan hanya menggunakan alat dan energi matahari, pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik dan metode penjemuran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lada

Lada (*Piper nigrum* L.) termasuk tanaman dari family *Piperaceae*. Famili tersebut terdiri dari 10-12 genus dan 1.400 spesies yang bentuknya beragam seperti herba, semak, tanaman menjalar, hingga pohon-pohonan. Lada dari genus *Piper* merupakan spesies tanaman yang berasal dari Ghats, Malabar India (Rismunandar, 2007).



Gambar 1. Lada petik hijau

Adapun taksonomi tanaman lada diklasifikasikan menurut Suwanto (2013) sebagai berikut.

Kingdom : Plantae

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Sub kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Piperales
Family	: Piperaceae
Genus	: <i>Piper</i>
Spesies	: <i>Piper nigrum</i> L.

Tanaman lada dikenal sebagai tanaman tahunan yang memanjat. Batangnya berbuku dengan tinggi mencapai 10 meter, namun dalam budidayanya dibatasi hingga ketinggian 3-4 meter dan melekat pada tiang panjat (tajar) agar memudahkan dalam pemeliharaan. Tanaman lada terdiri atas batang, akar, daun, cabang, dahan, bunga dan buah (Rismunandar, 2007). Menurut Nurhakim (2014), batang lada tumbuh merambat pada tiang panjat dan kadang-kadang menjalar di atas permukaan tanah. Tiap tanaman lada hanya tumbuh satu batang, apabila batang dipotong saat berumur satu tahun, akan tumbuh tunas-tunas dengan jumlah 2-5 cabang baru. Panjang tiap ruas tanaman lada tidak selalu sama yaitu sekitar 4-7 cm, dengan diameter batang antara 6-25 mm. Tanaman lada termasuk tanaman kelompok dikotil yang memiliki akar tunggang. Akar utama terletak pada dasar batang dengan panjang 3-4 m, sedangkan akar-akar dari buku diatas permukaan tanah panjangnya hanya 3-5 cm yang berfungsi untuk menempel pada tiang panjat dan juga penyerap unsur hara yang sering disebut akar panjat atau akar lekat. Tanaman lada memiliki daun berbentuk bulat telur sampai memanjang dengan ujung meruncing. Buah lada berbentuk bulat, berbiji keras, memiliki kulit buah yang lunak, dan melekat pada malai. Kulit buah yang masih muda berwarna hijau, sedangkan yang sudah tua berwarna kuning, dan buah yang sudah masak berwarna merah berlendir dengan rasa manis pada kulit buahnya. Besar buah lada 4-6 mm, sedangkan biji lada besarnya 3-4 mm dengan berat 100 biji kurang lebih 38 gram. Kulit buah atau *pericarp* terdiri dari 3 bagian, yaitu *epicarp* (kulit luar), *mesocarp* (kulit tengah), dan *endocarp* (kulit dalam).

Menurut Nurhakim (2014) bunga lada masuk kategori hermafrodit, tiap tanaman terdapat satu bunga jantan dan bunga betina. Kedua bagian bunga saling berdekatan dalam satu malai bunga. Letak bunga lada disebut bunga duduk karena tidak terlihat secara tegas tangkainya. Tiap tangkai bunga terdapat sekitar 30-50 bakal bunga. Susunan bunga lada terdiri dari tajuk, mahkota, benang sari dan putik dalam satu kesatuan. Terjadinya penyerbukan ditandai dengan adanya perubahan warna putik menjadi kecoklatan. Selanjutnya putik akan membesar, membentuk kulit luar, kulit dalam, daging atau biji dan berbentuk bakal buah.

2.2 Karagaman Komoditas Lada di Indonesia

Tanaman lada merupakan tanaman rempah-rempah yang sudah lama ditanam di Indonesia. Tanaman ini berasal dari Ghats-Malabar India dan di negara asalnya terdapat tidak kurang dari 600 jenis varietas, sementara itu di Indonesia terdapat tidak kurang dari 40 varietas. Adapun varietas lada di Indonesia antara lain: varietas Jambi, varietas Lampung, varietas Bulok Belantung, varietas Muntok atau Bangka. Di alam sendiri mungkin sudah terjadi pengayaan plasma nutfah lada sebagai akibat mutasi alami yang mungkin saja dapat timbul dalam upaya penyesuaian diri (aklimatisasi) dengan keadaan lingkungan daerah penanamannya.

Produksi lada di negara kita dapat dikelompokkan kedalam dua jenis yaitu lada hitam dan lada putih. Lada hitam yaitu lada yang dikeringkan bersama kulitnya (tanpa pengupasan), sedangkan lada putih yaitu lada yang dikeringkan setelah melalui proses perendaman dan pengupasan. Lada hitam paling banyak dihasilkan di Provinsi Lampung, sementara lada putih awalnya banyak dihasilkan di Muntok, Bangka bagian barat. Saat ini lada putih terkonsentrasi di Bangka Selatan antara lain terdapat di Kecamatan Toboali, Kecamatan Koba, dan Kecamatan Air Gegas. Pengusahaan tanaman lada nasional diusahakan oleh perkebunan rakyat dan perkebunan besar swasta. Luas areal tanaman lada perkebunan rakyat sampai dengan tahun 2011 yaitu seluas 179.034 ha dengan keterlibatan petani sebanyak 322.294 KK. Total tanaman menghasilkan seluas 110.896 ha dengan produksi

rata-rata 702 Kg. Sedangkan luas areal tanaman lada perkebunan besar swasta sampai dengan tahun 2011 yaitu seluas 4 ha dengan produksi sebanyak 500 Kg (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013).

Pertanaman lada di Indonesia sebagian besar (90%) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat yang pada umumnya mempunyai areal sempit dan kemampuan permodalan yang lemah. Kondisi ini mengakibatkan perkembangan teknologi untuk perbaikan penanganan pascapanen lada di tingkat petani berjalan lambat. Walaupun komoditas lada telah berkembang cukup lama di Indonesia, teknologi yang digunakan sampai saat ini hampir tidak mengalami perubahan.

Masalah utama yang sering dikeluhkan oleh imptir rempah terhadap produk lada Indonesia yaitu tingginya kadar kotoran dan kontaminasi mikroorganisme. Hal ini menunjukkan penanganan pascapanen belum dilakukan dengan baik.

2.2.1 Lada Hitam

Penanganan pascapanen lada hitam meliputi: panen, pemisahan buah dari gagang, penjemuran dan pemisahan kotoran. Namun demikian ada sebagian petani yang melakukan pemeraman buah lada sebelum dikeringkan. Pemisahan lada dari gagangnya dilakukan dengan diinjak-injak oleh kaki atau dipukul-pukul, sedangkan penjemuran biasa dilakukan dengan menghamparkan buah lada di atas tikar yang diletakkan di halaman rumah atau di pinggir jalan. Pemeraman dilakukan dengan menaruh buah lada di dalam karung atau ditumpuk begitu saja dalam ruangan dan disimpan selama 2 sampai 4 hari.

Cara pemisahan buah dari gagang dan penjemuran yang dilakukan tersebut sering memungkinkan terjadinya kontaminasi baik oleh kotoran maupun mikroba, karena peralatan yang dipakai kurang higienis atau bersih, adanya binatang peliharaan yang akan mencemari dengan kotoran yang dikeluarkannya maupun dari debu yang beterbangan dari sekitarnya. Disamping itu karung yang dipakai untuk mengemas buah lada segar maupun kering sering digunakan karung bekas pupuk

atau bahan lainnya sehingga akan menambah pencemaran kotoran maupun bahan lainnya pada hasil akhir lada hitam.

2.2.2 Lada Putih

Penanganan pascapanen lada putih di tingkat petani melalui beberapa tahap yaitu: panen, perendaman, pemisahan kulit dan pencucian, pengeringan dan pengemasan. Masalah yang dihadapi dalam pascapanen lada di tingkat petani yaitu rendahnya mutu dan efisiensi. Rendahnya mutu tersebut disebabkan adanya pencemaran mikroorganisme, bahan asing, kadar air dan kadar minyak yang tidak memenuhi syarat. Pencemaran oleh mikroorganisme dan bahan-bahan asing tersebut sebagian besar terjadi selama penanganan seperti perendaman, pemisahan kulit maupun pada proses pengeringan.

Perendaman lada memerlukan air bersih yang banyak dan waktu yang lama sementara panen lada biasanya jatuh pada musim kemarau dimana persediaan air untuk merendam lada berkurang, sehingga hal ini merupakan kendala dalam memperoleh lada putih dengan mutu yang baik. Selain hal diatas, pada beberapa tempat masyarakat sering menggunakan sumber air yang sama untuk perendaman dan pencucian lada maupun untuk keperluan sehari-hari. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadinya kontaminasi oleh mikroorganisme yang tidak diinginkan atau bahkan berbahaya untuk kesehatan. Hal lain yang mempengaruhi mutu yaitu perendaman lada yang lama akan menghasilkan lada putih yang berbau busuk terutama bila sirkulasi air perendaman kurang baik dan menyebabkan hilangnya sebagian minyak atsiri atau minyak lada.

Proses pengeringan di tingkat petani dilakukan dengan dijemur, dimana hal tersebut sangat tergantung dari keadaan cuaca. Cuaca yang kurang baik mengakibatkan proses pengeringan menjadi lambat dan lada menjadi berjamur. Disamping itu pengeringan yang dilakukan dengan dihamparkan di atas tanah memungkinkan terjadinya kontaminasi dari kotoran baik debu maupun kotoran hewan piaraan.

Ditingkat eksportir, lada yang dihasilkan oleh petani biasanya diolah kembali oleh eksportir untuk mendapatkan lada hitam mutu FAQ (*Fair Average Quality*) atau ASTA (*American Spice Trade Association*). Proses tersebut terdiri dari pengayakan dan hembusan untuk memisahkan lada hitam bernas dari lada enteng dan menir serta debu, kemudian dilanjutkan dengan pencucian dan pengeringan kembali. Proses tersebut dilakukan dengan mesin. Untuk memperbaiki mutu lada hitam yang sudah terkontaminasi oleh mikroba di Lampung telah ada unit sterilisasi dengan menggunakan uap. Menurut Nurdjannah (2015) proses sterilisasi hanya dilakukan atas permintaan importir. Untuk lada putih tidak dilakukan pencucian dan pengeringan kembali, hanya dilakukan pembersihan dan pengayakan saja.

Dalam rangka meningkatkan daya saing lada di pasar Internasional dan untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, menuntut mutu lada yang lebih baik, oleh karena itu perlu adanya perbaikan dalam cara penanganan pascapanen lada.

2.3 Penanganan Pascapanen Lada

Pedoman produksi lada yang baik dan benar (*GAP/ Good Agriculture Practice*) berdasarkan pada GAP IPC (*International Pepper Community*) telah dibuat untuk meningkatkan mutu lada yang meliputi cara pemilihan tanaman sampai dengan penyimpanan produk lada kering. Berdasarkan pedoman tersebut, telah disusun cara penanganan pascapanen lada hitam dan lada putih yang baik dan benar dalam rangka mendapatkan lada dengan mutu sesuai yang dikehendaki konsumen (Nurdjannah, 2015).

2.3.1 Cara Penanganan Pascapanen Lada Hitam

A. Panen dan penanganan buah lada

1. Untuk lada hitam, hanya buah lada yang telah matang dapat dipanen, ditandai dengan satu atau dua buah lada dalam satu tangkai yang telah berubah warnanya menjadi hijau tua kekuningan.

2. Buah harus dipetik secara selektif dan panen harus dilakukan sesering mungkin selama musim panen untuk mendapatkan buah yang seragam pada tingkat kematangan yang sesuai
3. Buah lada yang jatuh ke tanah harus diambil secara terpisah dan tidak boleh dicampur dengan buah lada yang berasal dari pohon, dan buah tersebut harus diproses secara terpisah untuk digunakan sesuai dengan kebutuhan.
4. Pemetikan lada harus dilakukan dengan cara yang higienis atau bersih, dikumpulkan dan di angkut di dalam kantong atau keranjang yang bersih untuk dibawa ketempat pemrosesan. Keranjang atau kantong yang telah dipergunakan untuk menyimpan bahan kimia pertanian tidak boleh digunakan untuk mengemas buah lada (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 2016).

2.3.2 Perontokan

Buah lada harus dirontokan untuk memisahkan buah lada dengan tangkainya.

1. Perontokan buah lada dapat dilakukan dengan mempergunakan mesin atau secara manual. Bila jumlah buah lada yang dirontok berjumlah cukup banyak, disarankan untuk menggunakan mesin perontok.
2. Perontokan harus dilakukan secara hati-hati supaya buah lada tidak rusak.
3. Pastikan bahwa alat perontok benar-benar bersih sebelum digunakan dan alat perontok juga harus dibersihkan setelah digunakan (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 2016).

2.3.3 Pengeringan

1. Buah lada dikeringkan dengan alat pengering pada temperature dibawah 60° C, untuk mencegah kehilangan minyak atsiri dan dilakukan di lingkungan yang bersih, bebas dari kontak dengan debu, kotoran, binatang peliharaan dan/atau sumber-sumber lain yang dapat menyebabkan kontaminasi. Lada hitam harus dikeringkan sampai dengan kadar air dibawah 12% bila lada tersebut akan disimpan.

2. Penjemuran lada dapat dikeringkan dibawah sinar matahari, pada suatu wadah bersih jauh diatas permukaan tanah. Daerah tempat pengeringan harus diberi pagar atau terlindung dari hama atau binatang peliharaan. Pastikan bahwa lada cukup kering, untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh jamur atau bahan-bahan kontaminan lainnya, khususnya bila tidak ada panas atau sinar matahari.
3. Pengeringan dengan alat pengering dengan energi sinar matahari (*Solar dryer*). Pengeringan dengan alat yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas dapat digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan melindungi biji lada dari debu dan benda-benda kontaminan lainnya tanpa penambahan biaya yang nyata.
4. Pengering dengan menggunakan bahan bakar padat: Pengeringan dengan alat yang menggunakan potongan kayu, limbah kelapa dan limbah kebun lainnya sebagai bahan bakar dapat digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan mencegah terjadinya kontaminasi. Perlu diperhatikan temperatur tidak lebih dari 60°C dan tidak ada kontaminasi dari asap (Kementrian Pertanian, 2012).

2.4 Standar Mutu Lada

2.4.1 Standar Mutu Lada Nasional (SNI)

Penetapan standar mutu hasil telah disesuaikan dengan standar mutu nasional yaitu SNI. Dengan semakin meningkat dan berkembangnya peranan jaminan mutu atau standardisasi mutu hasil dalam pemasaran produksi perkebunan di masyarakat internasional, maka penerapan standardisasi mutu hasil, terutama perkebunan rakyat semakin dituntut untuk melaksanakan Standar Mutu ISO 9000, ISO 14000, HACCP dan SPS sehingga mampu bersaing dipasar Internasional. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka diupayakan penekanan pencapaian standardisasi mutu hasil lada sejak penyediaan bahan baku atau bahan olah sampai pada pengepakan dan pemasaran hasil, sehingga standar mutu yang ditetapkan eksportir dapat dipenuhi produsen (petani) dan dapat dipasarkan baik perorangan maupun kelompok/kemitraan. Untuk mencapai tingkat standar mutu yang baik harus didukung dengan pembinaan sumberdaya yang diarahkan kepada

pembinaan petani dan kelompok tani yang penekanannya mulai dari penanganan pascapanen sampai pemasaran yang diarahkan kepada pola kemitraan dengan perusahaan mitra atau pihak lainnya. Badan Standardisasi Nasional telah mengeluarkan dua macam standar untuk komoditi lada, yaitu Standar Mutu Lada Putih (SNI 01- 0004-1995) dan Standar Mutu lada Hitam (SNI 01-0005-1995).

Tabel 1. Standar mutu lada putih

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			Mutu 1	Mutu 2
1	Cemaran binatang	-	Bebas dari serangga hidup/mati, bebas dari bagian yang berasal dari binatang	Bebas dari serangga hidup/mati, bebas dari bagian yang berasal dari binatang
2	Warna	-	Putih kekuning-kuningan	Putih kekuning-kuningan, putih keabu-abuan atau putih kecoklat-coklatan
3	Kadar benda asing	%	Maks. 1	Maks. 1
4	Kadar biji enteng	%	Maks. 2	Maks. 3
5	Kadar cemaran kapang	%	Maks. 1	Maks. 1
6	Kadar lada berwarna kehitam-hitaman	%	Maks. 1	Maks. 2
7	Kadar air	%	Maks. 13	Maks. 14

Tabel 2. Standar mutu lada hitam

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			Mutu 1	Mutu 2
1	Cemaran binatang		Bebas dari serangga hidup/mati, bebas dari bagian yang berasal dari binatang	Bebas dari serangga hidup/mati, bebas dari bagian yang berasal dari binatang
2	Kadar benda asing	%	Maks. 1	Maks. 1
3	Kadar biji enteng	%	Maks. 2	Maks. 3
4	Kadar cemaran kapang	%	Maks. 1	Maks. 1
5	Kadar air	%	Maks. 13	Maks. 14

2.4.2 Standar Mutu Lada Internasional

Selain standar mutu lada internasional dari ISO ada standar international yang dibuat oleh IPC (International Pepper Community). IPC yaitu suatu komunitas lada internasional yang anggotanya terdiri dari negara-negara produsen dan

negara-negara konsumen lada. IPC telah menetapkan standar lada putih dan hitam yang telah disepakati oleh semua negara anggota sebagai berikut :

Tabel 3. Standar mutu lada internasional

Parameter Mutu	Lada Hitam		Lada Putih	
	IPC BP-1	IPC BP-2	IPC WP-1	IPC WP-2
Kerapatan massa (gr / l, min.)	550	500	600	600
Kadar air (% v / b, max)	12	-	13	15
Lada enteng (% b/b, max)	2	10	1	2
Bahan asing (% b/b, max)	1	2	1	2
Lada hitam (% b/b, max)	Tidak dipakai	Tidak dipakai	1	2
Lada berjamur (% b/b, max)	1	3	1	3
Lada terserang serangga (% / b, max)	1	2	1	2
Serangga utuh, mati atau hidup (buah, max)	Tidak lebih dari 2 buah dalam tiap sub sampel dan tidak lebih dari 5 buah pada total sub sampel		Tidak lebih dari 2 buah dalam tiap sub sampel dan tidak lebih dari 5 dalam total sub sampel	
Kotoran mamalia dan lainnya (buah, max)	Bebas dari kotoran mamalia dan lainnya yang dapat dilihat		Bebas dari kotoran mamalia dan lainnya yang dapat dilihat	
Mikrobiologi : Salmonella (detection / 25 g)	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif

Keterangan :

- 1) IPC BP1 dan IPC WP1 yaitu lada yang sudah diproses lebih lanjut, termasuk pengayakan, *cyclonning*, penghilangan batu, pencucian dan pengeringan kembali.
- 2) PC BP2 dan IPC BWP2 yaitu lada yang sudah mengalami proses pembersihan seperti pengayakan dan penghembusan (*winnowing*) (*International Pepper Community*, 2005).

2.5 Alat Pengering

Pengeringan buatan dapat menggunakan alat pengering yang mengalirkan udara udara yang dipanaskan, udara yang dipanaskan tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan kipas yang terdapat didalam alat

pengering. Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis (pengering buatan) yang menggunakan tambahan panas akan memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat diatur sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol.

Pengeringan mekanis memerlukan energi untuk memanaskan bahan yang ada di dalam alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat pengering, serta menguapkan kadar air bahan dan sirkulasi udara yang ada di dalam alat pengering. Alat pengering buatan terdiri atas tenaga penggerak, unit pemanas (*heater*), serta kipas hisap dan dorong, dan lain sebagainya. Sumber tenaga untuk mengalirkan udara panas di dalam alat dapat menggunakan motor listrik atau motor bakar.

2.5.1 Alat Pengering Surya

Secara teknis alat pengering yang memanfaatkan energi surya dapat mempersingkat waktu pengeringan, kebersihan, dan kualitas mutu produk lebih terjamin. Secara ekonomis alat pengering ini biaya pembuatannya relatif lebih murah, mudah digunakan, dapat dipindah-pindahkan, serta memiliki umur pakai yang cukup lama.

Kelebihan alat pengering ini dibandingkan dengan pengeringan sederhana, antara lain.

- a. Tidak tergantung dengan kondisi cuaca, karena dengan sinar matahari yang kurang terik alat ini tetap dapat menjalankan fungsinya dengan baik sebab suhu yang ada didalam alat pengering lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan.
- b. Dapat dibuat dari bahan apa adanya dan relative murah, rangka dapat terbuat dari bambu atau kayu. Sedangkan dinding dapat terbuat dari lembaran plastik bening dan plastik buram, plastik bening berfungsi sebagai penutup dan plastik hitam berfungsi untuk menyerap sinar matahari.

- c. Bahan atau produk yang dikeringkan terlindung dari curah hujan dan mencegah serangan serangga. Bahkan suhu didalam alat ini cukup tinggi, sehingga dapat mencegah serangga menyerang produk atau bahan yang sedang di keringkan (Taufiq, 2004).

Tabel 4. Perbandingan alat pengering surya dengan pengering sederhana

No	Alat Pengering Surya	Pengering Sederhana
1	Suhu ruangan yang panas sehingga bahan lebih cepat kering	Sangat tergantung dengan intensitas sinar matahari
2	Ruangan yang tertutup sehingga produk yang dihasilkan relatif lebih bersih	Dilakukan di tempat terbuka sehingga produk yang dihasilkan terkesan kotor (berdebu)
3	Apabila terjadi hujan, produk yang dikeringkan tidak perlu dipindah atau diangkat	Apabila terjadi hujan produk yang dikeringkan harus segera dipindahkan atau diangkat
4	Ruangan yang tertutup sehingga produk terjamin mutunya karena terhindar dari jangkauan serangga	Produk mudah tercemar serangga sehingga kualitas mutu produk kurang terjamin

Alat pengering surya sederhana dikombinasikan dengan seng yang dicat hitam bertujuan untuk menghasilkan panas yang lebih tinggi. Dari hasil uji coba, suhu ruangan bisa mencapai 55-60 °C. Suhu ruangan yang tinggi dapat mempersingkat proses pengeringan yang berlangsung (BPTP, 2011).

a. Alat pengering tipe efek rumah kaca (ERK) – *hybrid*

Pengering efek rumah kaca merupakan pengeringan produk atau bahan yang menggunakan energi sinar matahari sebagai sumber energi untuk memanaskan udara didalam alat pengering. Alat pengering *hybrid* tipe rak dapat dilihat pada gambar 3. Energi matahari yang masuk ke ruang pengering akan terperangkap didalam ruang pengering, sehingga akan meningkatkan suhu plat beserta bagian-bagian ruang pengering.

Energi panas yang diterima tersebut, dipindahkan ke udara pengering secara konveksi. Sehingga suhu udara yang masuk dari lingkungan ke ruang pengering terjadi peningkatan. Energi sinar matahari walaupun melimpah, tetapi sangat tergantung dengan keadaan cuaca dan tidak seragam setiap waktu. Oleh karena itu diperlukan pemanas tambahan pada alat pengering. Saat radiasi dari sinar

matahari yang diterima sangat rendah atau tidak ada sama sekali, maka energi tambahan dapat didistribusikan dari sumber energi tambahan yang digunakan untuk mempertahankan suhu pengering yang diharapkan (Nababan, 2007).

1. Rancangan struktural alat pengering *hybrid* tipe rak

Alat pengering yang dibuat berdasarkan strukturnya terdiri dari beberapa bagian, yaitu ruang pengering, rak pengering, pintu pengeluaran, ruang plenum, ruang kipas, dan ruang pemanas.



(a). Tampak samping



(b). Tampak depan

Gambar 2. Alat pengering *hybrid* tipe rak

Keterangan gambar :

KI = Rak kiri

KA = Rak kanan

a) Ruang pengering

Ruang pengeringan terbuat dari besi siku dengan ukuran dengan tebal sebesar 5 mm dan lebar sebesar 5 cm yang dilapisi dinding *polycarbonate* dengan ketebalan sebesar $\pm 0,2$ mm. Ruang pengering dirancang berbentuk persegi panjang dengan ukuran dimensi $151 \times 100 \times 130$ cm.

b) Rak pengering

Terletak diruang pengering tepatnya berada diatas ruang plenum, rak pengering berukuran 96×74 cm. Rak pengering terbuat dari besi siku dengan ukuran 2 mm sebagai rangka dan bagian bawah diberi kawat kassa $\varnothing 2-5$ mm sebagai lantai pengeringan.

c) Pintu pengeluaran

Pintu pengeluaran merupakan bagian ruang pengering yang bertujuan untuk memasukkan atau mengeluarkan produk ke dalam alat pengering yang mempunyai ketinggian sebesar 150 cm.

d) Ruang plenum

Ruang plenum berada dibawah rak pengering bagian luar, berbentuk segitiga 45° dengan ukuran 150×25 cm.

e) Ruang pemanasan

Ruang pemanasan terbuat dari plat besi berbentuk kubus dengan ukuran 35 cm. Pada bagian bawah, disetiap ujung sisi ditambahkan besi siku yang berfungsi sebagai kaki dengan panjang 10 cm. Ruang pemanas terhubung langsung dengan saluran udara pada bagian depannya.

f) Ruang kipas

Ruang kipas terbuat dari plat besi berukuran $15 \times 26 \times 26$ cm yang menyatu dengan ruang pemanas. Kipas yang digunakan mempunyai daya sebesar 30 Watt dan digerakkan menggunakan energi listrik.

2. Rancangan fungsional alat pengering *hybrid* tipe rak

Alat pengering yang dibuat berdasarkan fungsinya dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu ruang pengering, rak pengering, pintu masuk dan keluar bahan, ruang plenum, kipas, dan ruang pemanasan.

a) Ruang pengeringan

Ruang pengeringan adalah bagian keseluruhan dari bagian pengering termasuk didalamnya ruang rak pengering dan plenum, berfungsi untuk mengeringkan bahan.

b) Rak pengeringan

Rak pengeringan berfungsi sebagai tempat untuk menampung lada yang akan dikeringkan dan dapat juga digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara.

c) Pintu masuk dan keluar bahan

Pintu berfungsi sebagai tempat keluar masuknya rak pengering dari ruang pengering.

d) Ruang plenum

Ruang plenum berfungsi untuk meratakan udara panas yang masuk melalui saluran udara.

e) Ruang pemanasan

Ruang pemanasan berfungsi untuk menghasilkan udara pengering yang akan digunakan untuk mengeringkan lada dengan sumber panas.

f) Kipas

Kipas berfungsi untuk mempercepat laju aliran udara pengering dari ruang pemanasan ke ruang pengering.

2.6 Perpindahan Kalor

2.6.1 Konduksi

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Ambarita, 2012). Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena

hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi. Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan studi dapat ditulis (Incroperara, 1982) :

$$q_k = -kA \frac{\Delta T}{x} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- q_k = laju perpindahan panas dengan cara konduksi (Watt)
- A = luas perpindahan panas (m^2)
- k = konduktivitas thermal bahan (W/m.K)
- ΔT = gradien suhu pada penampang (K)
- x = jarak dalam arah aliran panas (m)

2.6.2 Konveksi

Menurut Buchori (2011) konveksi adalah proses perpindahan energi dari gabungan kerja dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan panas secara konveksi antara batas benda padat dan fluida terjadi dengan adanya suatu gabungan dari konduksi dan angkutan (transport) massa. Jika batas tersebut bertemperatur lebih tinggi dari fluida, maka panas terlebih dahulu mengalir secara konduksi dari benda padat ke partikel-partikel fluida di dekat dinding. Energi yang di pindahkan secara konduksi ini meningkatkan energi di dalam fluida dan terangkut oleh gerakan fluida. Bila partikel-partikel fluida yang terpanaskan itu mencapai daerah yang temperaturnya lebih rendah, maka panas berpindah lagi secara konduksi dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin.

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan (Incroperara, 1982) :

$$q = hA (T_w - T_f) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- q = Laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)
 A = Luas penampang (m^2)
 T_w = Temperatur dinding (K)
 T_f = Temperatur fluida (K)
 h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)

Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan panas konveksi di dalam sebuah geometri khusus. Parameter-parameter ini termasuk skala panjang sistem (L), konduktivitas termal fluida (k), biasanya kecepatan fluida (V), kerapatan (ρ), koefisien perpindahan panas konveksi (h), panas jenis (C_p), dan kadang-kadang faktor lain yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding uniform atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan (T_w) dan temperatur fluida (T_f), tetapi biasanya dianggap bahwa ($\Delta T = T_w - T_f$) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (*convection region*), maka temperatur-temperatur absolut T_w dan T_f dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi (Stoecker and Jones, 1982).

Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*) menurut cara menggerakkan alirannya. Konveksi bebas adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Contoh konveksi bebas antara lain aliran fluida yang melintasi radiator panas. Konveksi paksa adalah perpindahan panas aliran gas atau cairan yang disebabkan adanya tenaga dari luar. Contoh perpindahan panas secara konveksi paksa adalah pelat panas dihembus udara dengan kipas/blower (Holman and Jasjfi, 2002).

2.6.3 Radiasi

Menurut Holman (2002) radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus-menerus.

Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan gejala-gejalanya menyerupai radiasi cahaya. Memang menurut teori elektromagnetik, radiasi cahaya dan radiasi thermal hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing.

Untuk mengitung besarnya panas yang dipancarkan dapat digunakan rumus sebagai berikut (Incropera, 1982) :

$$q_r = eA\sigma(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- q_r = laju perpindahan panas dengan cara radiasi (Watt)
- e = emitansi permukaan kelabu
- A = luas permukaan (m^2)
- σ = konstanta dimensional ($0,174 \cdot 10^{-8}$ BTU/h ft² °C)
- T_1 = Temperatur Benda kelabu (K)
- T_2 = Temperatur Benda hitam yang mengelilinginya (K)

Khusus untuk benda hitam sempurna menurut Hukum Steven Boltzman persamaan seperti berikut :

$$q = AT^4 \sigma \dots\dots\dots(4)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 sampai Januari 2022 di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian dan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengering *hybrid* tipe rak, ember, nampan, cawan, kWh meter, tabung *dessicator*, *lux meter*, timbangan digital, timbangan analog, termometer, oven, terminal, kamera, alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lada petik hijau yang sudah matang (buah yang sudah berumur 6-7 bulan sejak berbunga).

3.3 Metode Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian dengan beban, terlebih dulu dilakukan pengujian tanpa beban untuk mengetahui sebaran suhu di dalam ruang pengering *hybrid* tipe rak. Sedangkan dalam pengujian menggunakan beban dilakukan dengan empat perlakuan, yakni.

A = Pengeringan dengan alat menggunakan cahaya matahari

B = Pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik dan cahaya matahari
(*hybrid*)

C = Pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik

D = Penjemuran menggunakan tampah

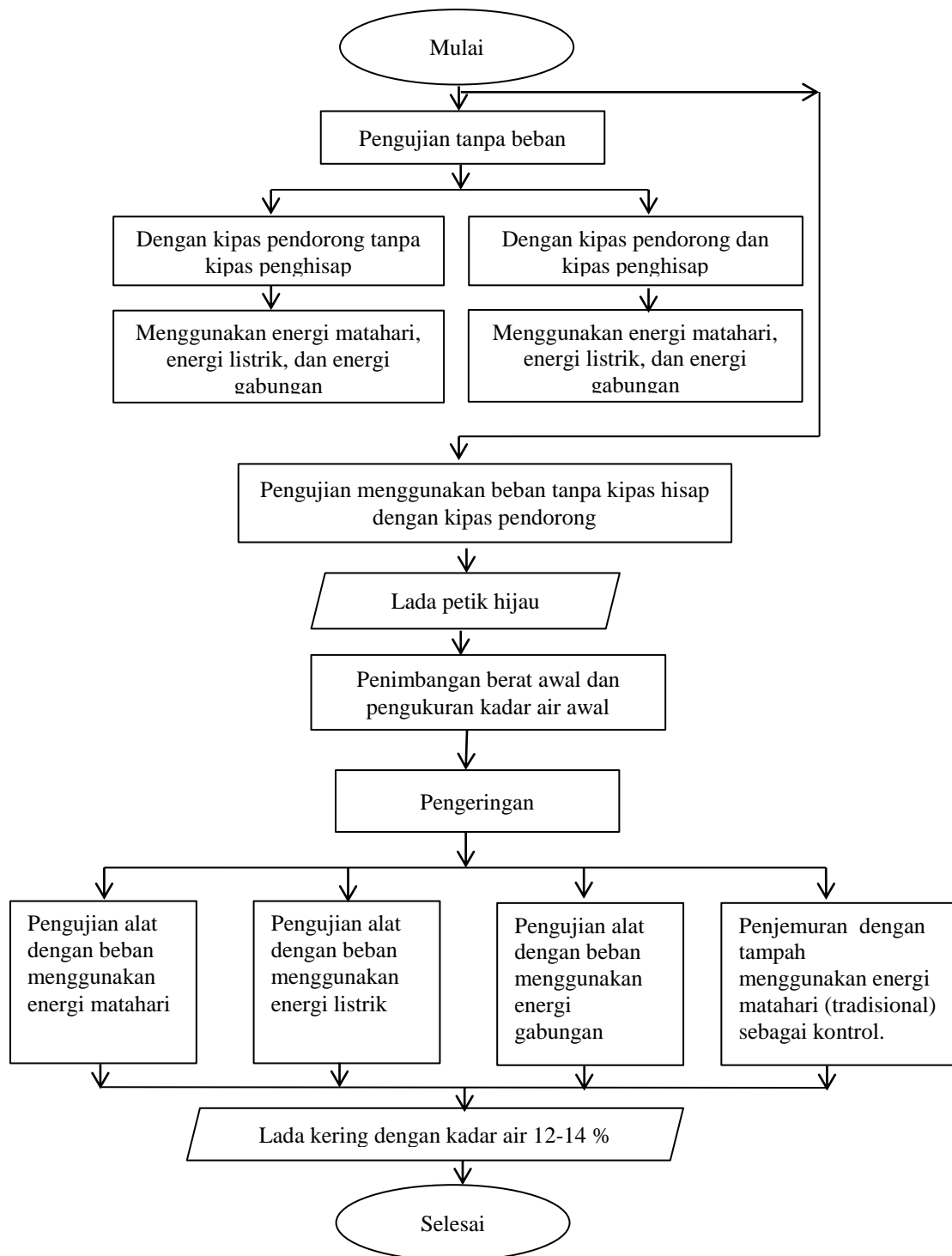
Jumlah bahan baku yang digunakan untuk perlakuan A, B, dan C sebesar 10 kg lada petik hijau. Sedangkan bahan baku yang digunakan untuk perlakuan D

sebesar 1 kg lada petik hijau. Setelah itu, dilakukan pengamatan berupa lama pengeringan, suhu pengeringan, kadar air lada petik hijau sebelum dan sesudah pengeringan, serta waktu pengeringan dan perhitungan banyaknya energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan. Untuk pengeringan menggunakan alat pengering menggunakan alat dengan energi listrik, matahari dan *hybrid* (gabungan) tidak dilakukan rotasi rak selama proses pengeringan. Setelah pengamatan selesai, dilakukan olah data dan data disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar.

3.4 Prosedur Penelitian

Pertama dilakukan pengujian tanpa beban dengan menggunakan dua metode, yaitu dengan menggunakan kipas pendorong dan kipas hisap, dan dengan menggunakan kipas pendorong tanpa kipas hisap. Pengambilan data pada pengujian tanpa beban selama 2 jam pertama dicatat setiap 15 menit dan setelahnya dicatat setiap 30 menit hingga total waktu pengujian selama 6 jam.

Sedangkan pengujian dengan beban dilakukan menggunakan lada petik hijau sebanyak 10 kg setiap pengujiannya. Namun, pada penjemuran dengan tampah (konvensional) menggunakan lada petik hijau sebanyak 1 kg sebagai pembanding (kontrol). Pada pengujian menggunakan beban dilakukan tanpa kipas penghisap, hal ini dilakukan agar udara panas yang terdapat di ruang pengering tidak terbuang keluar melalui kipas penghisap. Diagram alir pengeringan lada petik hijau dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

a. Pengeringan dengan alat pengering menggunakan sinar matahari

Lada petik hijau dimasukkan ke dalam setiap rak mesin pengering, selanjutnya mesin pengering diletakkan di bawah sinar matahari (dijemur). Kipas pendorong dan kipas penghisap dinyalakan untuk mengalirkan udara di dalam ruang pengering selama proses pengeringan. Pengeringan dilakukan sejak pukul 09:00 sampai 16:00 WIB sampai bahan kering.

b. Pengeringan dengan mesin pengering menggunakan sinar matahari dan energi listrik (*hybrid*)

Lada petik hijau dimasukkan ke dalam setiap rak mesin pengering, selanjutnya mesin pengering diletakkan di bawah sinar matahari (dijemur) dan juga dihubungkan dengan kumparan pemanas listrik. Kipas pendorong dan kipas penghisap dinyalakan untuk mengalirkan udara di dalam ruang pengering selama proses pengeringan. Pengeringan *hybrid* dilakukan sejak pukul 09:00 sampai 16:00 WIB selanjutnya pengeringan dilakukan menggunakan energi listrik.

c. Pengeringan dengan mesin pengering menggunakan energi listrik

Lada petik hijau dimasukkan ke dalam setiap rak mesin pengering, selanjutnya mesin pengering dihubungkan dengan kumparan pemanas listrik. Kipas pendorong dan kipas penghisap dinyalakan untuk mengalirkan udara di dalam ruang pengering selama proses pengeringan. Pengeringan dilakukan selama 76 jam sampai bahan kering.

d. Penjemuran menggunakan tampah

Lada petik hijau diletakkan pada tampah di bawah sinar matahari, penjemuran dilakukan sejak pukul 09:00 sampai 16:00 WIB.

3.5 Pengamatan

a. Suhu

Pengukuran suhu udara di dalam alat pengeringan *hybrid* tipe rak dilakukan menggunakan termometer yang diletakkan di tengah-tengah setiap rak dan dilakukan pengecekan suhu setiap jamnya.

b. Lama pengeringan

Lama pengeringan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan petik hijau sampai kadar air 12-14%. Lama pengeringan dihitung ketika alat pengering dan bahan terjadi proses pengeringan menggunakan sinar matahari atau energi listrik.

c. Konsumsi listrik

Konsumsi listrik diukur menggunakan kWh meter, hal ini bertujuan untuk menghitung daya yang dibutuhkan selama proses pengeringan.

3.6 Analisis Efisiensi

3.6.1 Berat Akhir

$$W_{\text{berat akhir}} = \frac{(1-M_1) \times \text{berat awal total}}{(1 - M_2)} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- $W_{\text{berat akhir}}$ = beban uap air (kg)
 M_1 = kadar air awal (% bb)
 M_2 = kadar air akhir (% bb)

3.6.2 Massa Uap Air

$$W_{\text{uap air}} = 10 - W_{\text{beban akhir}} = \text{kgH}_2\text{O} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- $W_{\text{uap air}}$ = massa uap air (kg)
 $W_{\text{berat akhir}}$ = beban uap air (kg)

3.6.3 Laju Pengeringan

Laju pengeringan (\dot{M}) dihitung berdasarkan persamaan:

$$\dot{M} = \frac{W_{\text{berat uap air}}}{t} \text{ kgH}_2\text{O/Jam} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

\dot{M} = Laju pengeringan (kg H₂O/jam)

W_{uap} = Massa uap air (kg H₂O)

3.6.4 Pengukuran Kadar Air

Perhitungan perubahan kadar air dilakukan dengan mengetahui kadar air dari lada petik hijau sebelum dan sesudah pengeringan. Pengukuran perubahan kadar air dihitung berdasarkan persamaan untuk menghitung kadar air (basis basah) adalah.

$$KA = \frac{m_{bb} - m_{bk}}{m_{bb}} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

KA = Kadar air (% bb)

m_{bb} = Massa bahan basah (g)

m_{bk} = Massa bahan akhir (g)

3.6.5 Energi yang Dihasilkan

Energi listrik yang dimanfaatkan dihitung dengan persamaan:

$$Q_{\text{in}} = \text{Konsumsi energi listrik (Wh)} \times \sum t \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

Q_{in} = Energi listrik (kJ)

$\sum t$ = Lama waktu pemakaian energi listrik (jam)

Energi matahari dihitung dengan menggunakan persamaan (Alexander, 2008 dalam Nursanti, 2010):

$$Q_{\text{sun}} = I \times \tau \times A \times t \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

Q_{sun} = Energi matahari (kJ)

I = Radiasi matahari (W/m²)

τ = Transmisivitas polycarbonate (90 %)

A = Luas bidang (m²)

t = Lama pengeringan (detik)

Nilai radiasi matahari dihitung dengan mengkonversi hasil dari pengukuran menggunakan lux meter ke satuan energi W/m^2 .

3.6.6 Energi yang Digunakan

Jumlah energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

Q = Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan (kJ)

Q_1 = Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air bahan (kJ)

Q_2 = Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan bahan (kJ)

$$Q_1 = W_{\text{beban akhir}} \times H_{fg} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

H_{fg} = Panas Laten (kJ)

Q_1 = Energi untuk menguapkan air (kJ)

$W_{\text{beban akhir}}$ = Beban uap air (kg H_2O)

$$Q_2 = m \times C_p \times \Delta T \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

Q_2 = Energi untuk memanaskan bahan (kJ)

m = Massa bahan yang dikeringkan (kg)

C_p = Panas jenis bahan yang dikeringkan (kJ/kg $^{\circ}C$)

ΔT = Kenaikan suhu bahan ($^{\circ}C$)

3.6.7 Energi Listrik

Energi listrik dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{listrik}} = \text{daya yang terpakai (Wh)} \times \sum t \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

$$Q_{\text{listrik}} = \text{Energi listrik (kJ)}$$

$$\sum t = \text{Lama waktu pemakaian energi listrik (jam)}$$

3.6.8 Energi Matahari

Energi matahari dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{mh}} = I_{\text{mh}} \times \tau \times t \times A \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

$$Q_{\text{mh}} = \text{Energi matahari (kJ)}$$

$$I_{\text{mh}} = \text{Radiasi matahari (Watt/m}^2\text{)}$$

$$\tau = \text{Transmisivitas polycarbonate (90\%)}$$

$$t = \text{Luas bidang yang terkena panas matahari (m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Lama pengeringan (detik)}$$

3.6.9 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dengan energi yang dihasilkan, dengan menggunakan persamaan

$$\text{Eff} = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

Dimana :

$$\text{Eff} = \text{Efisiensi pengeringan (\%)}$$

$$Q_{\text{out}} = \text{Energi yang digunakan (kJ)}$$

$$Q_{\text{in}} = \text{Energi yang dihasilkan (kJ)}$$

3.6.10 Analisis Data

Data dari hasil pengamatan dan perhitungan seperti laju pengeringan, perubahan kadar air, suhu pengeringan, konsumsi energi dan efisiensi pengeringan akan disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan gambar.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Lama waktu untuk mengeringkan 10 kg lada petik hijau sampai kadar air 12-14% yaitu untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik membutuhkan waktu selama 76 jam atau 4 hari, untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi matahari membutuhkan waktu 39 jam (5 hari), untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi matahari dan listrik (*hybrid*) membutuhkan waktu 52 jam (3 hari), dan untuk penjemuran menggunakan tampah membutuhkan waktu 64 jam (8 hari).
2. Laju pengeringan pada pengeringan lada petik hijau menggunakan energi matahari ialah sebesar 0,134 kgH₂O/jam, untuk pengeringan menggunakan energi listrik ialah sebesar 0,070 kgH₂O/jam, untuk pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (*hybrid*) ialah sebesar 0,105 kgH₂O/jam, dan untuk pengeringan menggunakan tampah ialah sebesar 0,08 kgH₂O/jam.
3. Nilai efisiensi alat pengering *hybrid* pada pengeringan lada petik hijau menggunakan energi matahari ialah sebesar 4,22 %, untuk pengeringan menggunakan energi listrik ialah sebesar 1,98%, dan untuk pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (*hybrid*) ialah sebesar 2,93%. Sehingga efisiensi pengeringan linier dengan laju pengeringan.

5.2 Saran

Saran penelitian berikutnya:

1. Perlu adanya modifikasi alat pengering hybrid tipe rak yakni penambahan pemasangan heater di posisi atas (rak 5).
2. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan dengan membahas sisi kualitas lada yang dikeringkan dengan perbandingan antar tiap perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, H. 2012. *Perpindahan Panas Konduksi dan Penyelesaian Analitik dan Numerik*. Departemen Teknik Mesin FT USU. Medan.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. (2015). *Lampung Dalam Angka*. Bandar Lampung.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 2016. *Teknologi Pengolahan Lada Putih*. BPTP Balitbangtan. Bangka Belitung.
- Basri E, Karnita Y, Abdurachman. 2017. Pecah Dalam dan Deformasi pada Enam Jenis Kayu serta Hubungannya dengan Beberapa Sifat Fisik. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol 35 No.2 115-122
- Buchori, L. 2011. *Perpindahan Panas*. UNPID. Semarang.
- Chandiko, W. 2017. *Kadar Piperin Lada Hitam Bubuk dan Putih Setelah Penyangraian* (Skripsi). Universitas Nusa Bangsa, Bogor.
- Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan. 2002. *Statistik Perkebunan Indonesia. Lada*. Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan, Jakarta. hlm. 11–31.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2013. *Statistik Perkebunan Indonesia*. Direktorat Jendral Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta. 19 halaman
- Fadilah, Sperisa D, Dhian B, Rahmah M, Danarto W dan Fahrurroz M. 2010. *Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Kecepatan Pengeringan dan Kualitas Karagenan Dari Rumput Laut Eucheuma Cottonii*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Fatimah. 2013. *Analisis Keunggulan Kompetitif dan Komperatif Komoditas Lada Hitam (Pipper Nigrum L.) di Kabupaten Lampung Utara (Tesis)*. Jurusan Magister Agribisnis. Universitas Lampung. Lampung.
- Hamdiyati, Y. 2011. *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

- Holman, J and P, Jasjfi E. 2002. *Perpindahan Kalor*. Erlangga. Jakarta.
- Incroperara, F. P. and D. P. Dewitt. 1982. *Fundamental of Heat and Mass Transfer, Third Edition*. John Wiley & Sons. Singapore.
- Internasional Pepper Community. 2011. *Pedoman Budidaya Lada yang Baik. Dyah Manohara, penerjemah*. Jakarta : International Pepper Community. Terjemahan dari : Good Agricultural Practices (GAP) for Pepper.
- Kementerian Pertanian, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2015. *Outlook Lada Komoditas Pertanian Subsector Perkebunan*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jendral – Kementrian Pertanian.
- Kementrian Pertanian, Direktorat Pascapanen dan Pembinaan Usaha. 2012. *Pedoman Teknis Penanganan Pascapanen Lada*. Jakarta
- Manohara, D., P. Wahid, D. Wahyuno, Y. Nuryani, I. Mustika, I.W. Laba, Yuhono, A.M. Rivai dan Saefudin. 2006. *Status teknologi tanaman lada. Prosiding Status Teknologi Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri, Parungkuda-Sukabumi*, 26 September 2006. 1-57 pp.
- Mukhlis, A.M.R. 2016. *Pengeringan Spouted Bed Lada Putih (Piper nigrum L) Dengan Perlakuan Preheating Gelombang Mikro (Tesis)*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nababan, B. 2007. *Simulasi Sebaran Suhu Udara Ruang Pengering Pada Sistem Efek Rumah Kaca*. <http://jurnal.bl.ac.id>. Diakses 11 Agustus 2021.
- Nurhakim, Y. 2014. *Perkebunan Lada cepat tanam*. Jakarta : Infra Hijau.
- Nurdjannah, N. 2015. Perbaikan Mutu Lada Dalam Rangka Meningkatkan Daya Saing di Pasar Dunia. *Perspektif*, 5(1), 13–25.
- Nursanti, L. 2010. *Kinerja Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Untuk Pengeringan Biji Kakao*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Rachmawan, O. 2001. *Pengeringan, Pendinginan dan Pengemasan Komoditas pertanian*. Buletin Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Rismunandar. 2007. *Lada Budidaya dan Tata Niaga. Penebar Swadaya*. Jakarta. hlm. 2-88.
- Sains, C. and Fisika, J. P. 2020. Studi hantaran konduksi panas di sekitar manifestasi panas bumi di bagian selatan gunung tampusu, *1*, 119–125.
- Sari, IN. 2014. *Uji Kinerja Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Pada Pengeringan Chip Pisang Kepok*. Lampung: Universitas Lampung

- Stoecker, W.F. and Jones, J.W. 1982. *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill. New York.
- Sudarmadji, K. 2003. *Pengeringan Lada Putih (Piper nigrum Linn.) Menggunakan Oven Gelombang Mikro (Mikrowave Oven)* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumantri, B., Priyono, B. S., and Isonita, M. (2004). *Analisis kelayakan finansial usahatani lada (Piper nigrum L.) di Desa Kunduran Kecamatan Ulu Musi Kabupaten Lahat Sumatera Selatan*. *Jurnal Ilmu Ilmu Pertanian Indonesia*, 6(1), 32–42.
- Suwanto. (2017). *Analisis daya saing dan pemasaran lada hitam di Kabupaten Lampung Timur*. Tesis. Magister Agribisnis. Universitas Lampung.
- Taufiq, U. 2004. *Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Jagung Pada Pengereng Konvensional Dan Fluidized Bed*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.
- Utomo, A. D., Rahayu, W. S. and Dhiani, B. A. 2009. *Beberapa Metode Pengeringan Terhadap Kadar Flavonoid Herba Sambiloto (Andrographis paniculata)*. *Pharmacy*, 06(01), 58-68. doi: 10.30595/pji.v6i1.402
- Winarno, F. G. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Zamharir, Z., Sukmawaty, S., Priyati, A., 2016. *Analisis Pemanfaatan Energi Panas pada Pengeringan Bawang Merah (Allium ascalonicum l.) dengan Menggunakan Alat Pengereng Efek Rumah Kaca (ERK)*. *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.* 4, 264–274.