

**PENGERINGAN *CHIP* UMBI PORANG MENGGUNAKAN ALAT
PENGERING *HYBRID* TIPE RAK**

(Skripsi)

Oleh

ANDIKA RIZKI ADITYA



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

THE DRAYING PROCESS OF KONJAC TUBER CHIP USES A HYBRID DRAYER TYPE RACK

By

Andika Rizki Aditya

Konjac chip is konjac tubers that are cut into *chips* and then dried until the water content reaches 14%. Wet konjac tubers have a high water content of about 80%. Therefore, to evaporate the high moisture content of konjac tubers, it is necessary to use a drying process using dryer *hybrid* a rack-type. The purpose of this study was to test and analyze the drying of *chips* konjac tuber using dryer *hybrid* a rack-type with 3 test treatments, namely drying using solar energy, electric energy, electric and solar energy (*hybrid*), and direct drying as a control. This research was conducted with two treatments, namely testing without load and testing with load. Each test used a heat source in the form of solar energy, electrical energy, as well as solar energy and electrical energy (*hybrid*). The results of the study showed that the test using solar energy was carried out for 42 hours of drying or 7 days with the energy produced of 179,144.557 kJ and the energy used of 41,558.7 kJ, using electrical energy for 84 hours with the energy generated of 196,560 kJ and the energy used is 38,902,05 kJ, using solar energy and electrical energy (*hybrid*) for 60 hours with the energy generated is 330,961.196 kJ and the energy used is 39,363.14 kJ. The drying efficiency resulting from the three tests is 23% on solar energy, 20% on electrical energy, and 12% on solar energy and electric energy (*hybrid*). Based on the results of the study, it can be concluded that dryer is *hybrid* the rack-type still not efficient enough when used to dry *chips* konjac tuber.

Keywords : Konjac chip, sun drying, electric dryer , *hybrid*, drying.

ABSTRAK

PENGERINGAN *CHIP* UMBI PORANG MENGGUNAKAN ALAT PENGERING *HYBRID* TIPE RAK

Oleh

Andika Rizki Aditya

Chip porang merupakan umbi porang yang dipotong berbentuk *chip* kemudian dikeringkan hingga kadar airnya mencapai 14% dan ditepungkan. Umbi porang basah mempunyai kadar air yang tinggi yaitu sekitar 80%. Oleh karena itu, untuk menguapkan kadar air yang tinggi pada umbi porang perlu dilakukan proses pengeringan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji dan menganalisis pengeringan *chip* umbi porang menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak dengan 3 perlakuan pengujian yaitu pengeringan dengan alat menggunakan energi matahari, energi listrik, energi listrik dan matahari (*hybrid*), dan penjemuran secara langsung sebagai kontrol. Penelitian ini dilakukan dengan dua perlakuan, yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian dengan beban. Setiap pengujian digunakan sumber panas berupa energi matahari, energi listrik, serta energi matahari dan energi listrik (*hybrid*). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengujian dengan beban menggunakan energi matahari dilakukan selama 42 jam pengeringan atau 7 hari dengan energi yang dihasilkan sebesar 179.144,557 kJ dan energi yang digunakan sebesar 41.558,7 kJ, menggunakan energi listrik selama 84 jam dengan energi yang dihasilkan sebesar 196.560 kJ dan energi yang digunakan sebesar 38.902,05 kJ, menggunakan energi matahari dan energi listrik (*hybrid*) dilakukan selama 60 jam dengan energi yang dihasilkan sebesar 330.961,196 kJ dan energi yang digunakan sebesar 39.363,14 kJ. Efisiensi pengeringan yang dihasilkan dari ketiga pengujian tersebut yaitu sebesar 23% pada energi matahari, 20% pada energi listrik, dan 12% pada energi matahari dan energi listrik (*hybrid*). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa alat pengering *hybrid* tipe rak masih belum cukup efisien jika digunakan untuk mengeringkan *chip* umbi porang.

Kata kunci : Chip porang, pengeringan matahari, pengering listrik, pengeringan

hybrid, penjemuran.

**PENGERINGAN *CHIP* UMBI PORANG MENGGUNAKAN ALAT
PENGERING *HYBRID* TIPE RAK**

Oleh

Andika Rizki Aditya

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

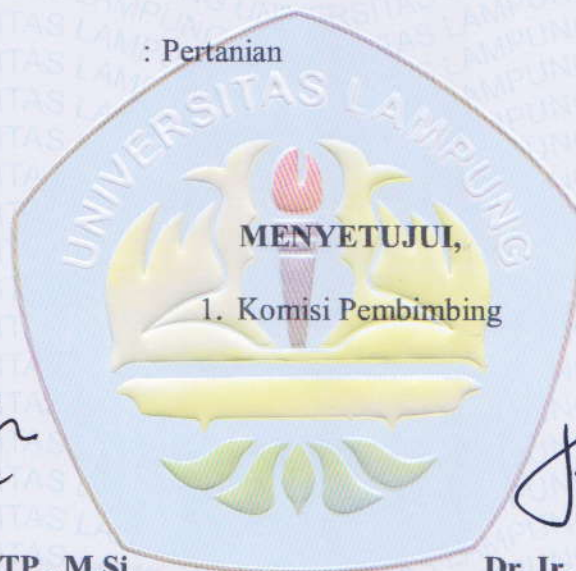
Judul Skripsi : **PENGERINGAN *CHIP* UMBI PORANG
MENGUNAKAN ALAT PENERING *HYBRID*
TIPE RAK**

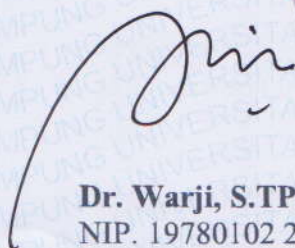
Nama Mahasiswa : **Andika Rizki Aditya**

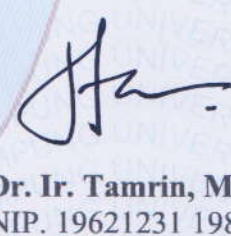
No. Pokok Mahasiswa : 1754071005

Jurusan : Teknik Pertanian

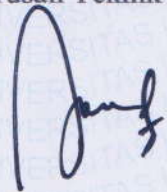
Fakultas : Pertanian




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

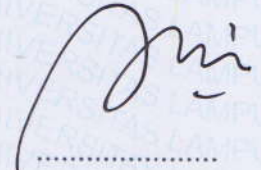


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.S.
NIP. 19621010 198902 1 002

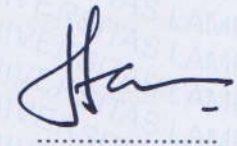
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

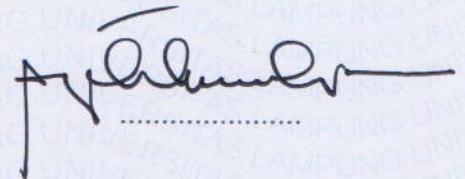
Ketua : Dr. Warji, S.TP., M.Si.



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



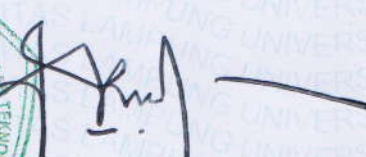
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sapto Kuncoro, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Agustus 2021

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah **Andika Rizki Aditya** NPM **1754071005**

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, 10 Juli 2021
Yang membuat pernyataan



Andika Rizki Aditya
NPM. 1754071005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Madu (Lampung Tengah), pada hari Kamis, 11 Mei 1999, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Yamasari dan Ibu Legini. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak Satya Dharma Sudjana pada tahun 2004-2005, Sekolah Dasar Negeri 1 Gunung Madu pada tahun 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama Satya Dharma

Sudjana pada tahun 2011-2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Terusan Nunyai pada tahun 2014-2017. Selama menjadi siswa di SMA penulis Aktif dalam kegiatan OSIS bidang Olahraga. Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat Indonesia (SMM PTN-BARAT).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Dana dan Usaha pada periode 2018/2019 dan 2019/2020 dan sebagai anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI). Penulis pada tahun 2020 diamanahi menjadi kordinator dalam acara Kongres IMATETANI Ke-14 di Universitas Lampung.

Tahun 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2020 di Desa Sukarame, Kecamatan Meraksa Aji, Kabupaten Tulang Bawang Barat, Provinsi Lampung, sekaligus diamanahkan menjadi Kordinator Desa (Kordes). Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Gunung Madu Plantations, Kecamatan Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah dengan judul “Mempelajari Teknik Pengolahan Lahan Penanaman dan Perawatan Tanaman Tebu di PT Gunung Madu Plantations” selama 40 hari pada bulan Juli-Agustus 2020.



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

Kepada Bapak Yamasari dan Ibu Legini 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 Vivi Puspita Sari dan Ditha Restiana
Terima kasih untuk cinta, kasih sayang, dukungan serta semangat yang selalu
kalian berikan selama ini

Keluarga Besar Pakde dan Bude Wahono
Yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat

Teman-teman seperjuangan
Keluarga Besar Teknik Pertanian 2017
Universitas Lampung



SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengeringan *Chip* Umbi Porang Menggunakan 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. Sapto 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. Bapak, Ibu dan adik tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat serta nasihat selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai;
8. Pakde dan Bude Wahono yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, dan motivasi selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai,
9. Teman-teman baikku Wahyu Aji P, Armadito Abilawa, Rini Angraeni, Agung Wahyudi, Angga Aji, Wahyu Arifianto, Andini Prima R, M Ilham Dio Prayoga, dan Sugiono,
10. Keluarga Besar Teknik Pertanian 17 yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan dan penelitian,
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

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, 10 Juli 2021
Penulis

Andika Rizki Aditya

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
1.6 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Taksonomi dan Penyebaran Porang	8
2.2 Morfologi Porang	9
2.3 Kondisi Ekologi Tanaman Porang	10
2.4 Pebanyak Tanaman Porang	11
2.5 Pengolahan Umbi Porang	13
2.6 Prospek Pengembangan Umbi Porang	15
2.7 Klasifikasi Pengerih	17
2.7.1 Pengerihan Sinar Matahari	17
2.7.2 Pengerihan Buatan	17
2.8 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengerihan	18
2.9 Alat Pengerih	20
2.9.1 Alat Pengerih Surya	21
2.10 Perpindahan Kalor	27
2.10.1 Konduksi	27
2.10.2 Konveksi	27
2.10.3 Radiasi	29

III. METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan	30
3.3 Metode Penelitian.....	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	31
3.5 Pengamatan	34
3.6 Analisis Efisiensi	34
3.6.1 Beban Uap Air	34
3.6.2 Laju Pengeringan	35
3.6.3 Pengukuran Kadar Air	35
3.6.4 Energi yang Dihasilkan	35
3.6.5 Energi yang Digunakan.....	36
3.6.6 Energi Listrik.....	37
3.6.7 Energi Matahari	37
3.6.8 Efisiensi Pengeringan.....	38
3.7 Analisis Data	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pengujian Alat Tanpa Beban.....	39
4.1.1 Pengujian Alat Menggunakan Energi Matahari	39
4.1.2 Pengujian Alat Menggunakan Energi Listrik	41
4.1.3 Pengujian Alat Menggunakan Energi Matahari dan Listrik (<i>Hybrid</i>)	43
4.2 Pengujian Alat Menggunakan Bahan (<i>Chip</i> Umbi Porang).....	45
4.2.1 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Listrik	45
4.2.2 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Matahari	47
4.2.3 Pengujian Alat dengan Beban Menggunakan Energi Listrik dan Matahari (<i>Hubrid</i>).....	49
4.2.4 Penjemuran dengan Tampah Menggunakan Energi Matahari (Tradisional).....	51
4.3 Kadar Air	52
4.3.1 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Listrik	53
4.3.2 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Matahari.....	54
4.3.3 Penurunan Kadar Air Bahan dengan Alat Pengering Menggunakan Energi Matahari dan Listrik (<i>Hybrid</i>).....	55
4.3.4 Penjemuran Dengan Tampah (Tradisional) Menggunakan Energi Matahari.....	56
4.4 Analisis Efisiensi Alat.....	59
4.4.1 Lama Pengeringan	59
4.4.2 Laju Pengeringan	60
4.4.3 Energi yang Dihasilkan.....	61
4.4.4 Energi yang Digunakan.....	62
4.4.5 Efisiensi Pengeringan.....	63

V. KESIMPULAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1.	Standar mutu <i>chip</i> porang.....	14
2.	Standar mutu tepung porang.....	14
3.	Komposisi umbi porang segar dan tepung porang.....	16
4.	Perbandingan alat pengering surya dengan pengering sederhana	22

Lampiran

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 ($^{\circ}\text{C}$).....	75
9.	Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dan energi listrik (<i>hybrid</i>) dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$)	76
10.	Perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan sinar matahari dan energi listrik (<i>hybrid</i>) dengan kipas pendorong dan kipas penghisap ($^{\circ}\text{C}$)	76
11.	Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari ($^{\circ}\text{C}$)	77
12.	Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$).....	79

13. Perubahan suhu pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$)	83
14. Perubahan suhu pada penjemuran menggunakan tampah (tradisional) menggunakan sinar matahari ($^{\circ}\text{C}$)	86
15. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi matahari	88
16. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi listrik	90
17. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (<i>hybrid</i>).....	92
18. Data kadar air pada pengeringan menggunakan energi matahari (penjemuran)	94
19. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari ($^{\circ}\text{C}$).....	94
20. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik ($^{\circ}\text{C}$)	94
21. Penurunan kadar air pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan listrik ($^{\circ}\text{C}$)	95
22. Penurunan kadar air pada penjemuran menggunakan tampah (tradisional) menggunakan sinar matahari	95
23. Rata-rata radiasi matahari (w/m^2)	95
24. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari.....	96
25. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi listrik	96
26. Penggunaan energi pada pengujian alat dengan beban menggunakan energi matahari dan energi listrik.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1. Umbi porang		8
2. Alat pengering <i>hybrid</i> tipe rak (Warji dan Tamrin, 2021)		25
3. Diagram alir penelitian.....		32
4. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap.....		40
5. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi matahari dengan kipas pendorong dan kipas penghisap		41
6. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong dan kipas penghisap		42
7. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap		43
8. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat tanpa beban menggunakan energi listrik dan matahari (<i>hybrid</i>) dengan kipas pendorong dan tanpa kipas penghisap		44
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		44
10. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi listrik.....		47
11. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari		49
12. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari dan listrik (<i>hybrid</i>)		51
13. Grafik rata-rata perubahan suhu pada pengujian dengan tampah menggunakan energi matahari (tradisional)		52

14. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi listrik	53
15. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari.....	55
16. Grafik penurunan kadar air pada pengujian alat dengan bahan menggunakan energi matahari dan listrik (<i>hybrid</i>).....	56
17. Grafik penurunan kadar air pada pengeringan dengan tampah (tradisional) menggunakan energi matahari	57
18. Grafik penurunan kadar air dari seluruh perlakuan	58
19. Diagram penggunaan energi pada pengeringan dengan bahan menggunakan energi matahari.....	64
20. Diagram penggunaan energi pada pengeringan dengan bahan menggunakan energi listrik	64
21. Diagram penggunaan energi pada pengeringan dengan bahan menggunakan energi listrik dan matahari (<i>hybrid</i>).....	65

Lampiran

22. Pemotongan umbi porang menggunakan pisau	114
23. Pemotongan umbi porang menjadi <i>chip</i>	114
24. Pengukuran ketebalan pengeringan <i>chip</i> umbi porang	115
25. Pengukuran suhu diruang pengering	115
26. Pengeringan <i>chip</i> umbi porang menggunakan energi listrik	116
27. Penimbangan sampel <i>chip</i> umbi porang.....	116
28. Penimbangan <i>chip</i> umbi porang kering.....	117
29. Pengukuran intensitas matahari menggunakan lux meter	117
30. Pengukuran konsumsi listrik menggunakan kWh meter.....	118

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain) adalah salah satu tanaman yang sudah lama dikenal oleh masyarakat sejak jaman pendudukan Jepang. Namun demikian sampai saat ini budidaya porang belum banyak dilakukan oleh masyarakat Indonesia. Tanaman porang merupakan jenis tanaman umbi-umbian termasuk keluarga *Araceae* dan kelas *Monokotiledoneae*. Hasil tanaman ini berupa umbi yang mengandung *glukomanan* yang berbentuk tepung. *Glukomanan* tersebut apabila diproduksi secara besar-besaran dapat meningkatkan ekspor non migas, devisa negara, kesejahteraan masyarakat dan menciptakan lapangan kerja.

Menurut asalnya tanaman porang berasal dari daerah tropis Afrika Barat kemudian menyebar ke arah timur melalui Kepulauan Andaman, India, Myanmar, Thailand, Cina, Jepang dan Indonesia (Sumatera, Jawa, Madura, Bali dan NTB). Tanaman porang mempunyai nama daerah yang berbeda-beda seperti ponang (Jawa), kruwu, lorkong, labing, subeg leres, subeg bali (Madura), acung, cocoan oray (Sunda), badur (Nusa Tenggara Barat) (Dwiyono, 2009).

Tanaman porang merupakan tanaman yang hidup di hutan tropis. Tanaman yang bisa juga ditanam di dataran rendah tersebut mudah hidup di antara tegakan pohon hutan seperti misalnya pohon jati dan pohon sono. Tanaman tersebut kini mempunyai prospek yang menjanjikan karena memiliki nilai ekonomi yang bisa dibudidayakan. Selain itu, porang banyak sekali terutama untuk industri dan kesehatan, hal ini terutama karena kandungan zat *glukomanan* yang ada di dalamnya (Lase, 2007).

Keunggulan porang adalah untuk industri antara lain untuk mengkilapkan kain, perekat kertas, cat kain katun, wol dan bahan imitasi yang memiliki sifat lebih baik dari amilum dengan harga lebih murah, tepungnya dapat dipergunakan sebagai pengganti agar-agar, sebagai bahan pembuat *negative flem*, isolator dan *seluloid* karena yang sifatnya yang mirip *selulosa*. Sedangkan larutannya bila dicampur dengan *gliserin* atau *natrium hidroksida* bisa dibuat bahan kedap air, juga dapat dipergunakan untuk menjernihkan air dan memurnikan bagian-bagian *keloid* yang terapung dalam industri bir, gula, minyak dan serat. Bahan makanan dari porang banyak disukai oleh masyarakat Jepang untuk makanan khas Jepang berupa mie shirataki atau tahu konyaku (Vuksan, 2000)

Menurut Hidayat (2013) bahwa manfaat tanaman porang pada umumnya dibedakan menjadi dua bagian, yaitu: manfaat di tingkat *on-farm* (di lapangan : di lahan budidaya) dan manfaat tingkat *off-farm* (pasca panen, pengolahan sampai dengan pemasarannya).

Manfaat *on-farm*, yaitu budidaya tanaman porang yang hanya dapat dilakukan di bawah naungan tegakan pepohonan tahunan seperti pohon jati, sengon, sono, dan lain-lain. Tanaman porang sebagai tanaman sela memberikan nilai tambah dari segi efisiensi lahan dengan penghasilan di luar hasil kayu (*cash crops*), juga dari segi konservasi lahan dengan pola pengolahan lahan secara *agroforestri*, maka pada lahan (hutan, tegal, bukit) tersebut yang ditanami porang dapat terhindarkan dari bahaya erosi yang berlebihan, dengan pola tanam porang secara *agroforestri* tersebut, dimana juga dilakukan pemupukan terhadap tanaman porang dapat juga dimanfaatkan sebagai upaya mempertahankan tingkat kesuburan lahan dalam jangka panjang.

Manfaat dari segi *off-farm* penanganan setelah panen umbi porang tidak dapat langsung dikonsumsi karena mengeluarkan getah yang sangat gatal. Oleh karena itu agar dapat di konsumsi, maka umbi porang diperlukan proses terlebih dahulu, diantaranya pengeringan dan pemisahan tepung yang beracun dengan tepung yang tidak beracun sebagai tepung “*mannan*” selanjutnya tepung yang kandungan

glukomanannya tinggi tersebut baru dapat digunakan dalam berbagai macam industri baik industri, baik industri makanan, maupun kesehatan dan industri lain, kegunaan tepung porang yang *glukomanannya* tinggi sebagai berikut :

1. Mempunyai daya merekat yang kuat, maka dapat dimanfaatkan : (a) bidang industri kertas digunakan untuk bahan perekat kertas (lem) yang berkualitas tinggi, (b) lem yang bahan bakunya dari tepung porang (*glukomanan* tinggi) lebih menguntungkan dari pada perekat biasa karena tidak kehilangan daya rekatnya pada kasus terjadinya pembekuan, (c) bidang mikrobiologi, tepung porang dapat menggantikan fungsi agar-agar atau gelatin, (d) bidang farmasi sebagai pengisi tablet (penghancur tablet dan berfungsi sebagai pengikat), (e) bidang industri bermanfaat untuk membuat jas hujan, industri cat dan industri tekstil, (f) bidang industri pertambangan, tepung porang dapat digunakan sebagai pengikat mineral yang tersuspensi secara *koloidal* pada hasil awal penambangan, (g) sebagai penjernih air minum yang berasal dari sungai dengan cara mengendapkan lumpur yang tersuspensi di dalam air.
2. Mempunyai kegunaan berupa tingkat kekedapan yang tinggi manakala tepung porang dalam bentuk pasta kering, karena mempunyai sifat resistensi tinggi terhadap air bila mana tepung porang dalam bentuk adonan dikeringkan maka akan membentuk suatu lapisan yang *impermeable*. Oleh karena itu tepung porang sangat potensial dalam mendukung industri pesawat.
3. Berdasarkan pada struktur kimianya, di mana tepung porang dengan kandungan *glukomannan* yang tinggi dan sangat mirip selulosa, sehingga tepung porang dapat dipakai sebagai bahan pembuatan *seluloid*, bahan peledak, isolasi listrik, film, *edible* film, bahan toilet dan kosmetika.
4. Terhadap industri pangan sehubungan dengan tepung porang sebagai sumber “*dietary fibre*” telah banyak dimanfaatkan untuk bahan baku pangan “sehat” seperti: jely, mie, tahu, dll. Bahkan masyarakat jepang secara khusus telah menggunakan tepung porang tersebut sebagai bahan makanan kegemaran yang sangat baik untuk penderita diabetes, yaitu *konyaku* (bahan makanana dalam bentuk tahu) dan *shirataki* (makanan berbentuk mie), bahan makanan coctail dan cendol, serta baik untuk makanan bayi.

5. Keunggulan umbi porang dari nilai gizi dan kesehatan adalah sebagai berikut: membuat kadar kolestrol normal, mencegah diabetes, mencegah tekanan darah tinggi, membantu orang yang kelebihan berat badan, kadar lemak rendah, rendah kalori, kadar serat tinggi, kaya meneral, sedangkan keunggulan umbi porang dari nilai gizi dan kesehatan.

Perlu diketahui bahwa kebutuhan *chip* atau keripik kering umbi porang untuk diekspor ke beberapa negara luar seperti China, Jepang, Australia, Sri Langka, Malaysia, Korea, New Zealand, Pakistan dan Itali dalam satu tahun dapat mencapai 10.000 ton, sementara negara Indonesia baru dapat memenuhi sekitar 4.000 ton, sehingga masih kekurangan sekitar 6.000 ton (Hartoyo, 2012). Bahkan menurut Pitojo (2007a), Jepang setiap tahun membutuhkan *chip* umbi porang sebesar 3.000 ton namun baru dapat terpenuhi sebesar 600 ton ton *chip* umbi porang, sehingga peluang ekspor *chip* umbi porang masih sangat terbuka lebar.

Salah satu penanganan pasca panen umbi porang yaitu dilakukan proses pengeringan, cara pengeringan dapat dilakukan secara konvensional (tradisional) maupun menggunakan alat pengering. Pengeringan secara konvensional dengan dilakukan penjemuran di bawah matahari memiliki keunggulan tidak memerlukan keahlian khusus, tidak memerlukan biaya yang besar dan kapasitas bahan yang dikeringkan tidak terbatas. Sedangkan kekurangannya sangat bergantung pada cuaca dan tidak higienis untuk bahan pangan. Tepung porang merupakan tepung yang terbuat dari irisan umbi porang yang telah dikeringkan dan berbentuk *chip*, yang kemudian ditumbuk atau digiling menggunakan mesin penepung. Dalam prosesnya sebelum dibuat menjadi tepung umbi porang terlebih dahulu dibentuk menjadi *chip* umbi porang dengan melalui beberapa tahap yaitu pencucian, perajangan, dan pengeringan. Semakin tipis irisan *chip* umbi porang, maka pengeringan akan semakin cepat. Menurut (Warji dan Asmara, 2010) bahwa pengeringan *chip* umbi kayu akan lebih cepat jika ubi kayu dirajang terlebih dahulu. Proses pengeringan ubi kayu yang dirajang dengan ketebalan 2 mm, penurunan kadar airnya akan lebih cepat dari pada ubi kayu yang utuh atau ubi kayu dengan ketebalan lebih 2 mm.

Penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak sebagai alat pengering yang lebih efektif dan menjamin kontinuitas produksi merupakan salah satu solusi dalam melakukan proses pengeringan bahan pangan. Pengeringan menggunakan sistem *hybrid* memanfaatkan energi panas matahari dengan ditambahkan sumber energi lain, yaitu energi listrik. Alat pengering *hybrid* tipe rak merupakan salah satu alat pengering buatan yang telah dilakukan proses pengujian untuk mengeringkan biji kakao, kulit manggis, ikan teri dan chip pisang kepok. Namun, pada pengujian-pengujian yang telah dilakukan pada alat pengering *hybrid* tipe rak masih menggunakan dinding berbahan *polycarbonate*. Alat pengering *hybrid* tipe rak saat ini telah dilakukan modifikasi berupa penggantian dinding alat menggunakan bahan *acrylic* sehingga diharapkan mampu menyerap panas matahari lebih baik dari bahan dinding sebelumnya.

Oleh karena itu diperlukan alat pengering yang dapat mengeringkan secara kontinyu atau berlanjut. Salah satu alat pengering yang dapat mengeringkan secara berlanjut baik siang atau malam, hujan atau mendung adalah pengering *hybrid* (Warji, 2021). Hal tersebut melatarbelakangi penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak sebagai alat pengering *chip* umbi porang yang lebih efektif dan menjamin kontinuitas produksi. Pengeringan menggunakan sistem *hybrid* memanfaatkan energi panas matahari dengan ditambahkan sumber energi lain seperti energi listrik, gas, bahan bakar biomassa, batubara, dan lain-lain merupakan salah satu alat pengering buatan yang dapat digunakan dalam pengeringan *chip* umbi porang. Penggunaan dua sumber pemanas dalam proses pengeringan *chip* umbi porang perlu diketahui kinerjanya. Keuntungan dari penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak ini antara lain, umumnya memiliki lama pengeringan yang lebih cepat, tidak tergantung kepada panas matahari dan cuaca, tidak memerlukan tempat yang luas, perubahan suhu dapat diukur dan kapasitas pengeringan bahan dapat disesuaikan dengan yang diperlukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapakah waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan *chip* umbi porang menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak?
2. Bagaimana perbandingan *chip* umbi porang setelah dikeringkan menggunakan metode konvensional dan menggunakan alat pengering *hybrid* tipe rak?
3. Bagaimana tingkat efisiensi alat pengering *hybrid* tipe rak untuk mengeringkan *chip* umbi porang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah untuk menguji dan menganalisis pengeringan *chip* umbi porang 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, pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik dan penjemuran secara langsung (cara konvensional) sebagai kontrol.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

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

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat pengering yang digunakan merupakan alat pengering *hybrid* tipe rak.
2. Energi pemanas yang digunakan adalah energi panas matahari dan energi listrik.
3. Bahan yang digunakan adalah umbi porang basah.
4. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (L. DAMP) dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (L. RSDAL)

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari dilakukan penelitian ini adalah adanya pengaruh terhadap efisiensi penggunaan alat pengering *hybrid* tipe rak sebagai alat pengering *chip* umbi porang sehingga diharapkan mendapatkan waktu serta mutu produk yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan pengeringan *chip* umbi porang secara tradisional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi dan Penyebaran Porang

Tanaman porang termasuk kedalam famili *Araceae* (talas-talasan) dan tergolong kedalam genus *Amorphophallus*. Di Indonesia saat ini, ditemukan beberapa spesies yaitu *A. campanulatus*, *A. oncophyllus*, *A. variabilis*, *A. spectabilis*, *A. decussilvae*, *A. muelleri*, dan beberapa jenis spesies lainnya (Koswara, 2013). Taksonomi menurut Tjitrosoepomo (2002) dalam (Dawam,2010) :



Gambar 1. Umbi porang

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Class : Liliopsida

Sub Class : Arecidae
Ordo : Arales
Familia : Araceae
Genus : *Amorphophallus*
Species : *Amorphophallus oncophyllus* Prain

Tumbuhan porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain) sinonim dengan *Amorphophallus muelleri* Blume dan *Amorphophallus blumei* Scott (Sumarwoto, 2005). Porang dikenal dengan beberapa nama lokal, tergantung pada daerah asalnya seperti acung atau acoan oray (Sunda), kajrong (Nganjuk) (Dewanto dan Purnomo, 2009).

Amorphophallus awalnya ditemukan di daerah tropis dari Afrika sampai ke pulau-pulau Pasifik, kemudian menyebar ke daerah beriklim sedang seperti Negara Cina dan Jepang. Jenis spesies *A. oncophyllus* awalnya ditemukan di Kepulauan Andaman (India) dan menyebar ke arah timur melalui Negara Myanmar lalu ke Thailand dan ke Indonesia (Jansen, *et al.*, 1996 dalam Sumarwoto, 2005).

2.2 Morfologi Porang

Tumbuhan porang mempunyai batang yang tegak, lunak, halus serta berwarna hijau atau hitam dengan bercak putih. Batang tunggal (sering disebut batang semu) memecah menjadi tiga batang sekunder dan akan memecah menjadi tangkai daun. Perkembangan morfologinya berupa daun tunggal menjari dengan ditopang oleh satu tangkai daun yang bulat. Pada tangkai daun akan keluar beberapa umbi batang sesuai musim tumbuh (Sumarwoto, 2005). Helaiian daun memanjang dengan ukuran antara 60-200 cm dengan tulang-tulang daun yang kecil terlihat jelas pada permukaan bawah daun. Panjang tangkai daun antara 40-180 cm dengan daun-daun yang lebih tua berada pada pucuk di antara tiga segmen tangkai daun (Ganjari, 2014).

Tumbuhan porang mampu mencapai tinggi $\pm 1,5$ meter, tergantung umur dan kesuburan tanah. Daur tumbuhnya antara 4-6 tahun, dan menghasilkan bunga besar di bagian terminal (terdiri atas batang pendek, *spatha*, dan gagang) yang mengeluarkan bau busuk (Purwanto, 2014). Tangkai bunga polos, bentuk jorong atau *oval* memanjang, berwarna merah muda pucat, kekuningan, atau cokelat terang. Panjang biji 8-22 cm, lebar 2,5-8 cm dan diameter 1-3 cm (Ganjari, 2014).

Umbi porang terdiri atas dua macam, yaitu umbi batang yang berada di dalam tanah dan umbi katak (*bulbil*) yang terdapat pada setiap pangkal cabang atau tangkai daun. Umbi yang banyak dimanfaatkan adalah umbi batang yang berbentuk bulat dan besar, biasanya berwarna kuning kusam atau kuning kecokelatan. Bentuk umbi khas, yaitu bulat *simetris* dan di bagian tengah membentuk cekungan. Jika umbi dibelah, bagian dalam umbi berwarna kuning cerah dengan serat yang halus, karena itu sering disebut juga *iles* kuning.

Panen umbi porang dilakukan dengan cara digali pada saat daunnya layu dan mati, bobot umbi mampu mencapai berat 3-9 kg tergantung kondisi iklim yang sesuai untuk pertumbuhannya (Purwanto, 2014). Pada setiap pertemuan batang dan pangkal daun akan ditemukan bintil atau umbi katak (*bulbil*) berwarna cokelat kehitam-hitaman yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara generatif. Sumarwoto (2005) menyatakan bahwa *bulbil* ini merupakan ciri khusus yang dimiliki porang dan tidak ditemukan pada jenis tanaman *iles* lainnya.

2.3 Kondisi Ekologi Tanaman Porang

Kondisi ekologis jenis porang tumbuh secara sporadis di hutan maupun di pekarangan sebagai tumbuhan liar (*wild type*), belum dibudidayakan secara besar-besaran serta belum banyak dikenal di kalangan masyarakat tani. Dewanto dan Purnomo (2009) menyatakan bahwa porang dapat tumbuh pada ketinggian 0-700 m dpl, namun tumbuh baik pada ketinggian 100-600 mdpl. Pertumbuhan porang membutuhkan intensitas cahaya maksimum 40%, dapat tumbuh pada semua jenis

tanah pada pH 6-7 (*netral*), dan tumbuh baik pada tanah yang gembur serta tidak tergenang air.

Tumbuhan porang sifatnya toleran naungan (membutuhkan naungan), sehingga sangat cocok dikembangkan sebagai tanaman sela di antara jenis kayu-kayuan, yang dikelola dengan sistem *agroforestry*. *Intensitas* naungan yang dibutuhkan porang untuk mendukung pertumbuhannya adalah minimal 40%. Jansen, *et al.* (1996) dalam Purwanto (2014) bahwa untuk mencapai produksi umbi porang yang tinggi diperlukan *intensitas* naungan antara 50-60%.

Tumbuhan porang dapat dibudidayakan sebagai tanaman sela di antara pohon jati, mahoni, sonokeling, rumpun bambu, atau di antara semak belukar. Berdasarkan hasil analisis vegetasi oleh Wahyuningtyas, *et al.* (2013), porang banyak ditemukan di bawah naungan tegakan bambu (*Gigantochloa atter*), jati (*Tectona grandis*), dan mahoni (*Swietenia mahagoni*). Porang tumbuh optimal pada kondisi lingkungan, yaitu; suhu 25-35 °C dan curah hujan antara 300-500 mm/bulan. Produksi umbi yang optimal dapat diperoleh setelah tiga periode daur, yaitu sekitar tiga tahun (Sumarwoto, 2012).

2.4 Pebanyakan Tanaman Porang

Tumbuhan porang memiliki beberapa siklus (periode) pertumbuhan dimana satu periode berlangsung selama 12-13 bulan. Siklus pertama dimulai pada musim penghujan yang ditandai dengan munculnya tunas berasal dari umbi, kemudian tunas akan tumbuh selama 6-7 bulan. Selanjutnya pada musim kemarau yang berlangsung selama 5-6 bulan, tunas akan mengering dan rebah. Siklus berikutnya dimulai pada awal musim hujan dengan tangkai daun dan diameter tajuk daun yang lebih panjang atau lebar dibandingkan pada siklus sebelumnya. Tumbuhan porang yang sudah mengalami beberapa periode siklus memiliki umbi yang lebih berat. Umbi batang umumnya dipanen pada siklus ketiga. Pada siklus pertama dan kedua merupakan fase pertumbuhan *vegetatif* dan setelah siklus ketiga, mengalami fase pertumbuhan *generatif* (Saputra, *et al.*, 2010).

Umbi batang yang tumbuh sehat dan subur serta berumur ± 1 tahun dapat dijadikan bibit. Satu umbi hanya menghasilkan satu bibit untuk ditanam (Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia, 2013). Sedangkan *bulbil* dapat dikumpulkan pada masa panen sehingga bila memasuki musim hujan, dapat langsung ditanam pada lahan yang telah disiapkan. Tumbuhan porang yang cukup tua dapat menghasilkan *bulbil* ± 40 buah/pohon (Dewanto dan Purnomo, 2009).

Tumbuhan porang dapat berkembang biak secara *generatif* melalui biji. Porang akan berbunga pada setiap periode 3-4 tahun, selanjutnya menghasilkan biji atau buah. Dalam satu tongkol buah dapat menghasilkan biji ± 250 butir yang dapat dijadikan benih/bibit dengan cara disemaikan terlebih dahulu (Dewanto dan Purnomo, 2009). Perbanyakan secara *generatif* dilakukan dengan cara memecahkan biji, satu kecambah akan menghasilkan satu bibit baru. Sedangkan dengan cara *poliembrioni*, dalam satu biji dilakukan proses pembelahan biji untuk memisahkan *embrio-embrio* dalam satu biji. *Embrio* yang telah dipisahkan tersebut kemudian disemai sampai tumbuh tunas sehingga dihasilkan lebih dari satu bibit baru dari satu biji. Perbanyakan dengan metode ini biasanya dilaksanakan saat bunga mulai jatuh dan biji dapat dikumpulkan. Biji-biji tersebut dibelah dan *embrio-embrionya* dipisahkan. *Embrio* membutuhkan waktu 6-7 minggu sejak disemaikan untuk berkecambah. *Embrio* yang telah berkecambah membutuhkan waktu ± 8 minggu untuk siap ditanam di lapangan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia, 2013).

Biji porang mengalami dormansi sepanjang musim kemarau, oleh karena itu, untuk persiapan perbanyakan diusahakan bertepatan dengan periode musim hujan. Biji yang akan dijadikan bibit, perlu diperlakukan dengan menggunakan zat pemecah dormansi seperti *CPPU* (*N*-(2-*chloro*-4-*pyridinyl*)-*N*-*phenylurea*). Zat ini merupakan *sitokinin sintesis* yang efektif memacu pertumbuhan sehingga diharapkan tanaman mampu tumbuh dengan baik serta berproduksi secara maksimal (Lebi, 2013). Porang juga dapat diperbanyak secara kultur jaringan, bagian *vegetatif* ditumbuhkan dalam kondisi *aseptik*, sehingga dapat

memperbanyak diri dan tumbuh menjadi tanaman yang lengkap (Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia, 2013).

Porang dapat dipanen setelah tanamannya rebah dan daunnya telah kering. Pada saat itu, kandungan *glukomanan* lebih tinggi dibandingkan pada saat sebelum rebah. Kandungan *glukomanan* pada awal pertumbuhan lebih rendah karena digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan daun. Setelah daun mengalami pertumbuhan yang maksimal, *glukomanan* tidak digunakan untuk proses metabolisme, sehingga terakumulasi pada umbi hingga mencapai fase dormansi (Chairiyah, *et al.*, 2014).

Budidaya porang perlu pengelolaan yang intensif seperti pengolahan lahan untuk pembibitan dan penanaman, pemeliharaan tanaman serta cara panen umbi. Jika benih atau bibit tanaman berasal dari biji, perlu disiapkan persemaian untuk pembibitan, dan jika sudah berkecambah dapat dipindahkan di persemaian (Sumarwoto, 2008).

Kedalaman tanah untuk penanaman perlu diperhatikan agar diperoleh pertumbuhan yang baik. Apabila bibit berupa *bulbil* besar maka kedalaman tanam ± 5 cm. Sedangkan bibit yang menggunakan umbi batang dengan bobot kurang dari 200 g, maka kedalaman tanam adalah ± 10 cm dan jika bobot umbi lebih berat maka kedalaman tanamnya ± 15 cm. Budidaya porang, sebaiknya ada pemisahan penggunaan lahan atau dilakukan tanam bergilir pada lahan yang tersedia yaitu lahan untuk pembibitan terpisah dengan lahan untuk produksi sehingga dapat dilakukan pemanenan secara rutin (Sumarwoto, 2012).

2.5 Pengolahan Umbi Porang

Dewanto dan Purnomo (2009) bahwa proses pengolahan umbi porang diawali dengan mencuci umbi hingga bersih lalu diiris tipis dengan ketebalan 5-7 mm. Irisan umbi kemudian dihamparkan di atas nampan dan dikeringkan sampai kadar air mencapai ± 12 %. Apabila pengeringan di bawah sinar matahari, maka

dibutuhkan waktu 3-4 hari, jika menggunakan oven maka dibutuhkan waktu hanya sekitar 2,5 jam dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$. Hasil proses pengeringan ini disebut 'chip' atau keripik porang. *Chip* akan digiling (ditumbuk) menjadi tepung selanjutnya dipisahkan antara serbuk mannan dan tepungnya. Cara pemisahannya dapat menggunakan ayakan 35 mesh atau *blower*. Serbuk mannan yang dihasilkan segera dikemas atau diolah karena bila terlalu lama akan berkurang daya lekatnya.

Widyastuti (2012) telah menyusun standar mutu keripik porang dan tepung porang sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 dan 2 sebagai berikut :

Tabel 1. Standar mutu *chip* porang

Karakteristik	Mutu
Kadar air maksimum	12%
Kadar mannan	35%
Benda asing maksimum	2%

Tabel 2. Standar mutu tepung porang

Parameter	Mutu
Kadar air	10,0
Kadar glukomanan	>88%
Kadar abu	4%
Kadar sulfit	<0,03%
Kadar timah	<0,003%
Kadar arsenic	<0,001%
Kalori	3 Kcal/100 gr
Viskositas (konsentrasi tepung 1%)	>35000 mpas
pH (pada konsentrasi 1%)	7
Kenampakan	Putih
Ukuran partikel	90 mesh

2.6 Prospek Pengembangan Umbi Porang

Umbi porang (*Amorphophallus onchophyllus* Prain) merupakan jenis umbi-umbian yang memiliki potensi dan prospek untuk dikembangkan di Indonesia. Tumbuhan ini populasinya banyak dan mudah diperbanyak, umbinya mengandung karbohidrat sehingga dapat digunakan sebagai bahan pangan *alternatif*. Umbi porang mengandung *karbohidrat* berbentuk *polisakarida*. Turunan karbohidrat ini dinamakan *glukomanan* yang memiliki sifat larut dalam air dan dapat difermentasi (Thomas, 1997 dalam Purwanto, 2014). Selanjutnya oleh Koswara (2013) bahwa *glukomanan* mempunyai beberapa sifat istimewa, di antaranya dapat membentuk larutan yang kental dalam air, dapat mengembang, dapat membentuk gel, dapat membentuk lapisan kedap air (dengan penambahan *NaOH* atau *gliserin*), serta dapat mencair seperti agar-agar sehingga dapat digunakan untuk media pertumbuhan mikroba.

Glukomanan memiliki manfaat dalam bidang industri yaitu dapat digunakan sebagai bahan perekat kertas, bahan pengisi (*filler*) untuk pembuatan *tablet* (obat), pengikat mineral yang tersuspensi secara *koloidal* pada penambangan, serta sebagai penjernih air minum yang berasal dari sungai dengan cara mengendapkan lumpur yang tersuspensi di dalam air (Lahiya, 1993 dalam Sumarwoto, 2012). Struktur kimia *glukomanan* mirip dengan *selulosa* sehingga dapat digunakan dalam pembuatan *seluloid*, bahan peledak, isolasi listrik, bahan negatif film, bahan toilet, kosmetik dan bahan pematat dalam media kultur jaringan. Pradipta dan Mawarani (2012) bahwa umbi porang yang mengandung $\pm 55\%$ *glukomanan* dapat dimanfaatkan untuk pembuatan plastik *biodegradable*.

Umbi porang yang mengandung *glukomanan* 15%-64% (basis kering), dapat digunakan sebagai bahan baku untuk industri pangan dan kesehatan (Faridah, *et al.*, 2012). Umbi porang mengandung serat tinggi dan tidak mengandung lemak sehingga dapat digunakan untuk menurunkan kadar *kolesterol* dan mencegah kegemukan, serta cocok dikonsumsi untuk penderita darah tinggi dan kencing manis. Jenis umbi ini mengandung mineral konsentrasi tinggi seperti *kalium*,

magnesium, fosfor, unsur kelumi, selenium, seng dan tembaga sehingga bermanfaat bagi *metabolisme*. Umbi yang sudah tua (matang) dapat dijadikan olahan makanan tradisional, seperti *brem* padat yang merupakan hasil fermentasi oleh khamir yang dipadatkan. *Brem* padat memiliki rasa manis atau manis keasaman, tekstur padat, kering, tidak lembek, serta mudah hancur (Purwanto, 2014).

Tabel 3. Komposisi umbi porang segar dan tepung porang (Dewanto dan Purnomo, 2009)

Unsur kimia	Kandungan per 100 gr contoh (bobot basah)	
	Umbi segar (%)	Tepung (%)
Air	83,30	6,80
Glukomanan	3,58	64,98
Pati	7,65	10,24
Protein	0,92	3,42
Lemak	0,02	-
Serat berat	2,50	5,90
Kalsium oksalat	0,19	-
Abu	1,22	7,88
Timbal (Cu)	0,09	0,13

Kadar *glukomanan* pada umbi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain, jenis tanamannya, umur tanaman, lama waktu setelah panen, perlakuan pengeringan, bagian yang digiling, dan alat penggiling yang digunakan (Sumarwoto, 2005).

Pengolahan umbi porang harus cermat, karena mengandung *kalsium oksalat* berbentuk jarum yang menyebabkan rasa gatal dan zat *konisin* penyebab rasa pahit. *Asam oksalat* dapat menyerap *kalsium* yang penting untuk fungsi saraf dan serat-serat otot. *Asam oksalat* yang terlarut akan mengikat *kalsium* dalam tubuh manusia sehingga terjadi kekurangan *kalsium*. *Oksalat* tak larut berupa *kalsium*

oksalat yang dikonsumsi bersama makanan akan terakumulasi pada ginjal yang dapat menyebabkan batu ginjal (Indriyani, *et al.*, 2010).

Umbi porang tidak dapat disimpan dalam waktu lama, sehingga harus segera diolah menjadi tepung agar awet. Cara pengolahan umbi menjadi tepung belum banyak diketahui oleh masyarakat, sehingga umbi ini hanya dapat dibuat dalam bentuk *chip* atau keripik kering yang harga jualnya rendah dan selanjutnya dikirim ke pabrik. Umbi porang dapat juga diolah menjadi bahan dasar dalam pembuatan mie dan kosmetik. Peluang pemasaran ke luar negeri masih sangat terbuka, terutama untuk tujuan ke Jepang, Taiwan, Korea dan beberapa Negara Eropa. Pitojo (2007b) menyatakan Jepang membutuhkan porang sekitar 3.000 ton /tahun, tetapi Indonesia baru mampu memenuhi sekitar 600 ton per tahun.

2.7 Klasifikasi Pengering

Berdasarkan klasifikasi media pengeringnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengeringan dengan sinar matahari dan pengeringan buatan.

2.7.1 Pengeringan Sinar Matahari

Pengeringan sinar matahari dikenal juga dengan pengeringan alami atau dengan penjemuran yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang disediakan alam seperti angin dan sinar matahari. Penjemuran adalah pengeringan menggunakan energi langsung dari sinar matahari. Pengeringan dengan sinar matahari bisa efektif, dengan suhu sekitar 35°C sampai 45°C. Penggunaan sinar matahari kadang-kadang kurang menguntungkan karena kondisi cuaca yang bisa berubah-ubah (Effendi, 2012).

2.7.2 Pengeringan Buatan

Pengering buatan atau pengering mekanis dapat menggunakan udara dipanaskan. Alat pengering ini berupa suatu ruang atau kabinet dengan udara panas yang

ditiupkan di dalamnya. Udara yang dipanaskan tersebut dialirkan ke bahan yang akan dikeringkan dengan menggunakan alat penghembus fan. Pengeringan dengan menggunakan alat mekanis atau pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol (Effendi, 2012).

2.8 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Menurut Buckle *et. al.* (1987), faktor–faktor yang mempengaruhi proses pengeringan suatu bahan adalah :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
2. Pengaturan susunan bahan pangan.
3. Sifat fisik dari lingkungan alat pengering.
4. Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui tahapan selama proses pengeringan yaitu:
 - a. Proses pemindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan.
 - b. Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas yang harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan dan air yang harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar. Menurut Yusuf (2017) bahwa, faktor–faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

1. Luas permukaan

Pada umumnya bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut :

- a. Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik,
- b. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.
- c. Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. Panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan, demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

2. Perbedaan suhu sekitar

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat (Yusuf, 2017).

3. Kecepatan aliran udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai titik jenuh. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara (Yusuf, 2017).

4. Kelembaban udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara di sekitar bahan pengering tersebut

mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan (Yusuf, 2017).

5. Lama pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah. Misalnya, jika kita akan mengeringkan hasil pertanian, pengeringan dengan pengering *rotary dryer* 80°C selama 4 jam akan menghasilkan hasil pengeringan yang mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan penjemuran selama 2 hari (Yusuf, 2017).

2.9 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.

2.9.1 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 relatif 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.

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 tejamin

Alat pengering surya sederhana dikombinasikan dengan seng yang dicat hitam bertujuan untuk menghasilkan panas yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil uji coba menunjukkan 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 di dalam 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 (Gambar 2).

a) Ruang pengering

Ruang pengering adalah keseluruhan dari bagian dalam alat pengering *hybrid* tipe rak, termasuk di dalamnya terdapat ruang rak pengering dan ruang plenum. Ruang rak pengering berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan bahan yang akan dikeringkan. Ruang pengering terbuat dari rangka besi siku dengan ukuran tebal 5 mm dan lebar 5 cm yang dilapisi dinding transparan berbahan *polycarbonate* dengan ketebalan ± 2 mm. Ruang pengering berbentuk persegi panjang dengan ukuran dimensi 150 cm \times 100 cm \times 130 cm. Ruang pengering diberi penutup berupa atap melengkung dengan ukuran 190 cm \times 137 cm dan tinggi dari rangka atas 22 cm. Salah satu sisi alat pengering dibuat pintu pengeluaran dan di dalam ruang pengering terdapat dudukan rak pengering.

b) Rak pengering

Rak pengering berfungsi sebagai tempat untuk menampung *chip* umbi porang yang akan dikeringkan, selain itu dapat juga digunakan sebagai ruang penyimpanan sementara untuk bahan yang sudah selesai dikeringkan. Bagian ini dilengkapi dengan tarikan pintu pada sisi bawahnya, fungsinya untuk mempermudah saat memasukkan atau mengeluarkan rak pengering dari ruang pengering. Rak pengering berjumlah 10 buah dengan ukuran 96 cm \times 74 cm. Rak pengering disusun 5 tingkat, 5 tingkat di pintu kanan dan 5 tingkat di

pintu kiri. Setiap rak memiliki jarak 10 cm yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya udara panas yang dihasilkan oleh sinar matahari dan energi listrik sebagai sumber panas. Rak pengering terbuat dari besi siku dengan ukuran 2 mm dan bagian bawah diberi kawat kassa berdiameter 2 – 5 mm sebagai lantai pengering.

c) Pintu pengeluaran dan pemasukan

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

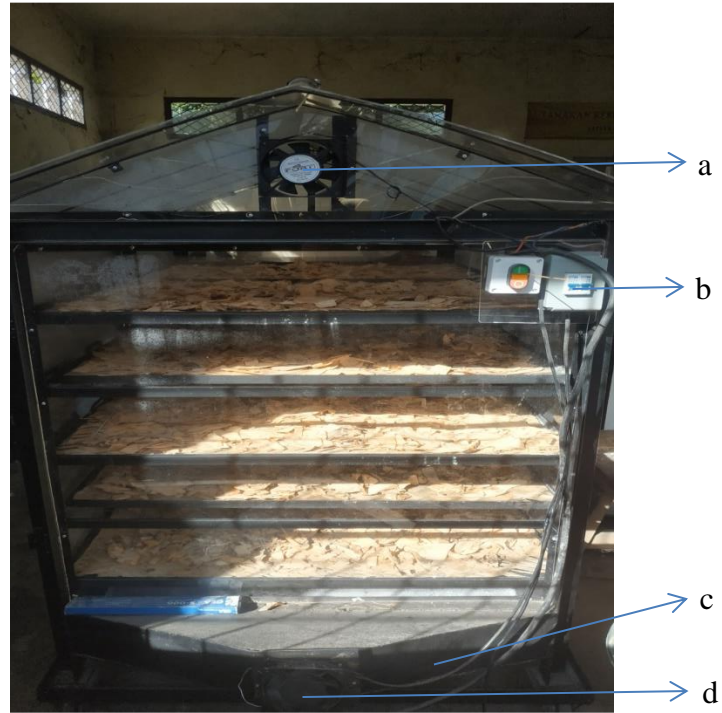
Ruang plenum berfungsi untuk meratakan udara pengering yang masuk melalui saluran udara. Ruang plenum terletak di bagian luar di bawah rak pengering. Ruang plenum berbentuk segitiga 45° dengan ukuran sisi 150×25 cm.

e) Ruang pemanasan

Ruang pemanasan berfungsi untuk menghasilkan udara pengering yang akan digunakan untuk mengeringkan *chip* umbi porang dari sumber panas. Ruang pemanas berbentuk kubus terbuat dari plat besi berukuran 35 cm. Setiap ujung sisi bagian bawah ditambahkan besi siku yang berfungsi sebagai kaki dengan panjang 10 cm. Ruang pemanas terhubung langsung dengan saluran udara pada bagian bawah.

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.



(a). Tampak samping



(b). Tampak depan

Gambar 2. Alat pengering *hybrid* tipe rak (Warji dan Tamrin, 2021)

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------|--------------------|
| a. Kipas penghisap | g. Rak 3 |
| b. Saklar | h. Rak 2 |
| c. Ruang plenum | i. Rak 1 |
| d. Kipas pendorong | j. Ruang pengering |
| e. Rak 5 | k. Pintu |
| f. Rak 4 | |

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 *chip* umbi porang 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 *chip* umbi porang dengan sumber panas.

f) Kipas

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

2.10 Perpindahan Kalor

2.10.1 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:

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

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) (Incropera, 1982)

2.10.2 Konveksi

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 (Buchori, 2011).

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan:

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

Keterangan :

q = Laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)

A = Luas penampang (m²)

T_w = Temperatur dinding (K)

T_f = Temperatur fluida (K)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m² .K) (Incroperara, 1982)

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 (g), viskositas (h), panas jenis (Cp), 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 (ΔT = T_w – T_f) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat *fluida* berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (*convection region*), maka temperatur-temperatur *absolute* T_w dan T_f dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi (Stoecker, 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 atau *blower* (Holman, 2002).

2.10.3 Radiasi

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. Menurut teori *elektromagnetik*, radiasi cahaya dan radiasi *thermal* hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing (Holman, 2002).

Untuk menghitung besarnya panas yang dipancarkan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

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

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 ft^2 $^\circ C$)
- T_1 = Temperatur Benda kelabu (K)
- T_2 = Temperatur Benda hitam yang mengelilinginya (K) (Incropera, 1982)

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 Januari 2021 sampai Mei 2021 di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian dan di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen, 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, pasah keripik, pisau, sikat, nampan, cawan, kwh meter, tabung *dessicator*, *lux meter*, timbangan digital, timbangan analog, termometer, oven, terminal, *handphone*, alat tulis dan lain-lain. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi porang basah yang baru panen.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua perlakuan berbeda, yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian menggunakan beban. Pengujian tanpa beban dilakukan dengan dua metode, yaitu pengujian menggunakan kipas pendorong dan kipas hisap serta pengujian menggunakan kipas pendorong tanpa kipas hisap. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sebaran suhu ruang pada mesin pengering. Pengujian menggunakan beban dilakukan dengan empat perlakuan, sebagai berikut.

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

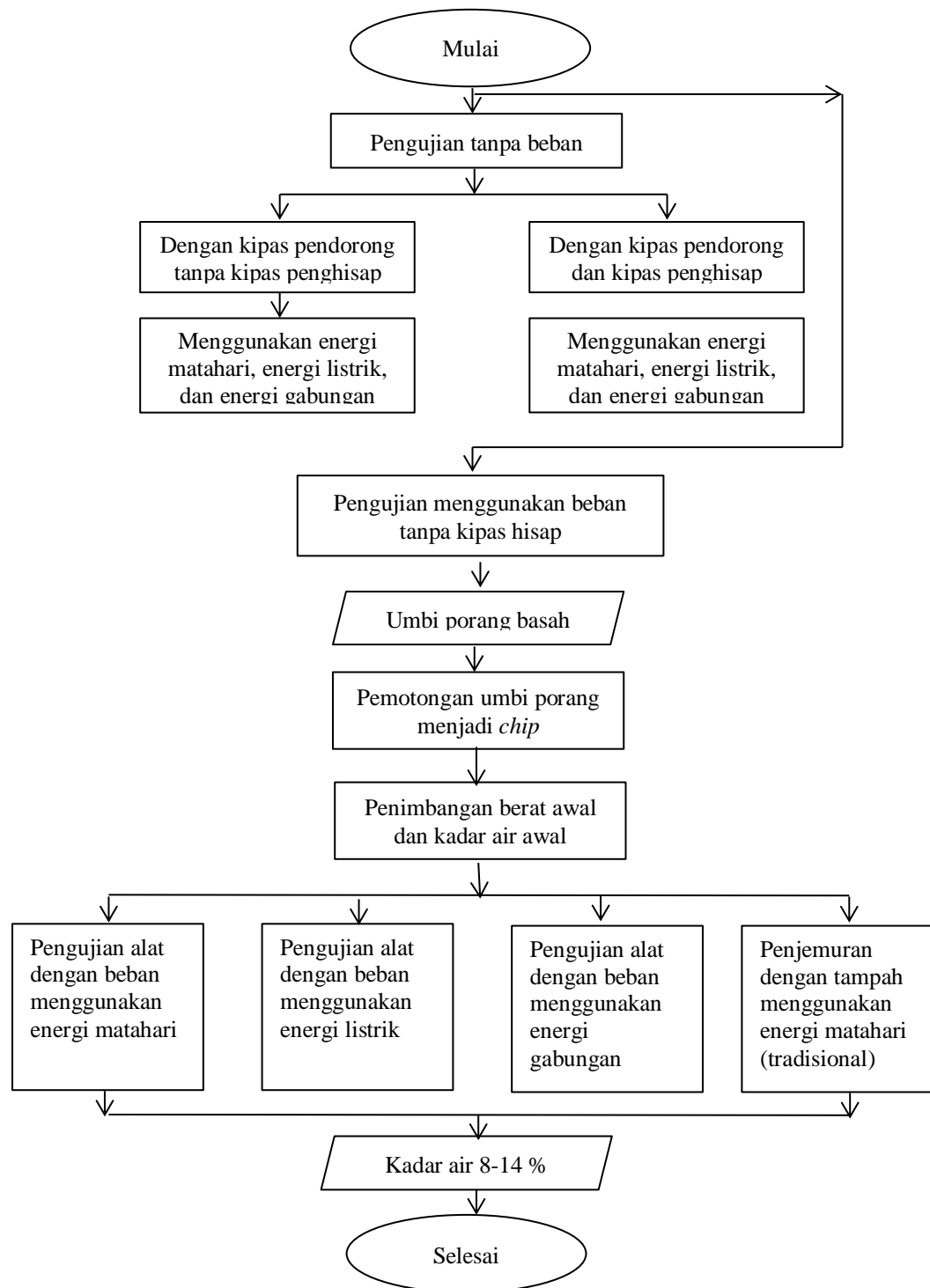
D = Penjemuran menggunakan tampah (tradisional)

Jumlah bahan baku yang digunakan untuk setiap perlakuan sebesar 20 kg, setelah itu dilakukan pengamatan yaitu lama pengeringan, suhu pengeringan, kadar air umbi porang sebelum dan sesudah pengeringan, serta waktu pengeringan dan perhitungan banyaknya energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan. Untuk perhitungan lebih lanjut agar didapatkan hasil yang optimum dari keempat perlakuan tersebut.

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.

Pengujian tanpa beban dilakukan dengan mengetahui sebaran suhu ruang pengering serta untuk mengetahui pengaruh kipas pendorong dan kipas penghisap terhadap penyebaran suhu di ruang pengering. Pengujian dengan beban dilakukan menggunakan *chip* umbi porang sebanyak 20 kg setiap perlakuannya kecuali perlakuan penjemuran menggunakan tampah (tradisional) menggunakan *chip* umbi porang 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. Untuk ketebalan pemotongan irisan *chip* umbi porang sebesar 2 mm dengan ketebalan pada saat pengeringan tiap-tiap raknya sebesar 1 cm atau 5 lapisan *chip* pada saat proses pengeringan. Proses pengeringan *chip* umbi porang dapat dilihat pada diagram alir di bawah.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

- a. Pengeringan dengan alat pengering menggunakan sinar matahari

Chip umbi porang 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 08:00 sampai 14:00 WIB sampai bahan kering.

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

Chip umbi porang dimasukkan ke dalam setiap rak mesin pengering, selanjutnya mesin pengering diletakkan di bawah sinar matahari (di jemur) 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 08:00 sampai 16:00 WIB selanjutnya pengeringan dilakukan menggunakan energi listrik.

- c. Pengeringan dengan mesin pengering menggunakan energi listrik

Chip umbi porang 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 24 jam sampai bahan kering.

- d. Penjemuran menggunakan tampah dengan sinar matahari

Lada diletakkan pada tampah di bawah sinar matahari, pengeringan dilakukan sejak pukul 08:00 sampai 14:00 WIB.

3.5 Pengamatan

a. Suhu

Pengukuran suhu udara 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 *chip* umbi porang sampai kadar air yang dibutuhkan (8-14%), lama pengeringan dihitung ketika alat pengering dan bahan terjadi proses pengeringan menggunakan sinar matahari atau energi listrik.

c. Konsumsi energi 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 Beban Uap Air

$$W_{\text{uap}} = \frac{(M_1 - M_2) 100}{(100 - M_1)(100 - M_2)} \times W_d \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

W_{uap} = beban uap air (kg H₂O)

M_1 = kadar air awal (% bb)

M_2 = kadar air akhir (% bb)

W_d = berat padatan total (kg)

3.6.2 Laju Pengeringan

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

$$\dot{M} = \frac{W_{\text{uap}}}{t} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

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

t = Waktu pengeringan (jam)

W_{uap} = Beban uap air (kg H₂O)

3.6.3 Pengukuran Kadar Air

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

$$KA = \frac{m_{bb} \times m_{bk}}{m_{bb}} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

KA = Kadar air (% bb)

m_{bb} = Massa bahan awal (g)

m_{bk} = Massa bahan akhir (g)

3.6.4 Energi yang Dihasilkan

Energi listrik yang dimanfaatkan dihitung dengan persamaan:

$$Q_{\text{in}} = \text{Konsumsi energi listrik (kWh)} \times \sum t \text{ (detik)} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

Q_{in} = Energi listrik (kJ)

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

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

$$Q_{\text{sun}} = I \times \tau \times A \times t \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

Q_{sun} = Energi matahari (kJ)

I = Radiasi matahari (watt/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/m². Menurut hasil penelitian Astawa (2011), nilai rata – rata radiasi matahari tertinggi yang diukur menggunakan penyerap radiasi surya tipe bergelombang berbahan dasar beton yaitu sebesar 962,22 W/m² dan nilai rata – rata radiasi matahari terendah yaitu sebesar 166,67 W/m².

3.6.5 Energi yang Digunakan

Jumlah energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan (Taib dkk, 1998) :

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (10)$$

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)

$$Q_1 = W_{\text{uap}} \times H_{1b} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

H_{1b} = Panas Laten (MJ)

Q_1 = Energi untuk menguapkan air (kJ)

W_{uap} = Beban uap air (kg H₂O)

$$Q_2 = m \times C_p \times \Delta T \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

Q_2 = Energi untuk memanaskan bahan (kJ)

m = Massa bahan yang dikeringkan (kg)

C_p = Panas jenis bahan yang dikeringkan (kJ/kg°C)

ΔT = Kenaikan suhu bahan (°C)

3.6.6 Energi Listrik

Energi listrik dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{listrik}} = \text{daya yang terpakai (kWh)} \times \sum t \text{ (detik)} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

Q_{listrik} = Energi listrik (kJ)

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

3.6.7 Energi Matahari

Energi matahari dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{mh}} = I_{\text{mh}} \times \tau \times t \times A \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

Q_{mh} = Energi matahari (kJ)

I_{mh} = Radiasi matahari (Watt/m²)

τ = Transmisivitas *polycarbonate* (77%)

t = Luas bidang yang terkena panas matahari (m²)

A = Lama pengeringan (detik)

3.6.8 Efisiensi Pengeringan

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

$$\text{Eff} = \frac{Q_{\text{keluar}}}{Q_{\text{masuk}}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

Eff = Efisiensi pengeringan (%)

Q_{keluar} = Energi yang digunakan (kJ)

Q_{masuk} = Energi yang dihasilkan (kJ)

3.7 Analisis Data

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

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan:.

1. Lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan 20 kg *chip* umbi porang sampai kadar air 8-14% yaitu untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi listrik membutuhkan waktu selama 84 jam, untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi matahari membutuhkan waktu selama 144 jam, untuk pengeringan dengan alat menggunakan energi matahari dan listrik (*hybrid*) membutuhkan waktu selama 60 jam, dan untuk penjemuran menggunakan tampah (tradisional) membutuhkan waktu selama 144 jam.
2. Laju pengeringan pada pengeringan *chip* umbi porang menggunakan energi matahari ialah sebesar 0,38 kgH₂O/Jam, untuk pengeringan menggunakan energi listrik ialah sebesar 0,19 kgH₂O/Jam, untuk pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (*hybrid*) ialah sebesar 0,27 kgH₂O/Jam, dan untuk pengeringan menggunakan tamabah (tradisional) ialah sebesar 0,02 kgH₂O/Jam.
3. Nilai efisiensi alat pengering *hybrid* pada pengeringan *chip* umbi porang menggunakan energi matahari ialah sebesar 23%, untuk pengeringan menggunakan energi listrik ialah sebesar 20%, dan untuk pengeringan menggunakan energi listrik dan matahari (*hybrid*) ialah sebesar 12%.

5.2 Saran

Saran penelitian berikutnya:

1. Perlu adanya penambahan 2 buah pemanas listrik (*heater*) atau daya sebesar 1.300 watt agar panas yang dihasilkan dapat mempercepat laju pengeringan *chip* umbi porang.
2. Perlu dilakukan pengurangan beban *chip* umbi porang yang dikeringkan agar sesuai dengan beban *heater* yang digunakan sehingga proses pengeringan yang dilakukan bisa berlangsung cepat.
3. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan dengan komoditas yang berbeda atau sama, namun dengan merubah alas yang digunakan untuk meletakkan bahan di dalam rak pengering agar energi dari panas matahari tidak terserap panasnya pada rak paling atas (nomor 5).

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, Himsar. 2012. *Perpindahan Panas Konduksi dan Penyelesaian Analitik dan Numerik*. Departemen Teknik Mesin FT USU. Medan.
- Astawa, K., Sucipta, M., Negara, I.P.G.A. 2011. *Analisa Performasi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 5(1): 7-13
- BPTP Kalimantan Timur. 2011. *Alat Pengering Surya Sederhana yang Serbaguna*. <http://www.pustaka-deptan.go.id> (21 Maret 2021).
- Buchori, luqman. 2011. *Perpindahan Panas*. UNPID. Semarang.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, M. Wootton. 1987. *Ilmu Pangan*. UI Press. Jakarta
- Chairiyah, N., N. Harijati, dan R. Mastuti. 2014. *Pengaruh Waktu Panen Terhadap Kandungan Glukomanan pada Umbi Porang (Amorphophallus muelleri Blume) Periode Tumbuh Ketiga*. *Research Journal of Life Science*, 1 (1) : 37-42.
- Desroiser, N. W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dwiyono, K. 2009. *Tanaman Iles-Iles (Amorphophallus muelleri Blume) dan Beberapa Manfaatnya*. *Ilmu Budaya Vol 29, No. 16*. Hal 1523.
- Dawam. 2010. *Kandungan Pati Umbi Suweg (Amorphophallus campanulatus) pada Berbagai Kondisi Tanah di Daerah Kalioso, Matesih dan Baturetno*. Tesis. Fakultas Pertanian. UNS.
- Dewanto, J. dan B. H. Purnomo. 2009. *Pembuatan Konyaku dari Umbi Ilesiles (Amorphophallus oncophyllus)*. [Tugas Akhir]. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Effendi, S. 2012. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Alfabeta. Bandung.

- Ermianti dan M.P. Laksmanahardja. 1996. *Manfaat iles-iles (Amorphophallus sp.) sebagai bahan baku makanan dan industri*. Jurnal Litbang Pertanian 15 (3): 74-80.
- Ganjari, L. E. 2014. *Pembibitan Tanaman Porang (Amorphophallus muelleri Blume) dengan Model Agroekosistem Botol Plastik*. Widya Warta No. 01 Tahun 2014 : 43 - 58.
- Hartoyo, 2012. *Budidaya dan Pemasaran Porang di Desa Klangon. Prosiding Inovasi Pengelolaan Hutan Lestari Berbasis Hasil Hutan Non Kayu-Pemberdayaan Masyarakat*. Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.
- Hidayat, R., Dewanti, F.D, dan Hartojo . 2013. *Tanaman porang karakter, manfaat dan budidaya*. Graha ilmu . Yogyakarta
- Holman, J & 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.
- Indriyani, S., E. Arisoesilaningsih, T. Wardiyati, dan H. Purnobasuki. 2010. *Hubungan Faktor Lingkungan Habitat Porang (Amorphophallus muelleri Blume) pada Lima Agroforestry di Jawa Timur dengan Kandungan Oksalat Umbi*. Proceeding Book Volume 1. 7 th Basic Science National Seminar. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.
- Jansen, P.CM., C. van der Wilk, and W.L.A. Hetterscheid. 1996. *Amorphophallus Blume ex Decaisne*. In Flach, M. and F Rumawas (eds). PROSEA: *Plant Resources of South-East Asia No. 9 Plant Yielding Non-Seed Carbohydrates*. Laiden : Backhuys Publishers.
- Koswara, S. 2013. *Modul teknologi pengolahan umbi-umbian, Bagian 2: Pengolahan umbi porang*. Tropical Plant Curriculum (TPC) Project. USAID-SEAFast Center-Bogor Agricultural University. <http://seafast.ipb.ac.id/tpc-project/wp-content/uploads/2013/10/2-p>.
- Lase, E. 2007. *Budidaya Umbi Hutan (Porang)*. Biro Pembinaan dan Konservasi SDH Perhutani .Jawa Timur. [http://www. smallcrab.com/](http://www.smallcrab.com/) -mengetal-tanamanporang [19 Maret 2021].
- Lebi, M. E. 2013. *Kajian Konsentrasi CPPU dan Dosis Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan Tanaman Porang (Amorphophallus oncophyllus)*. [Skripsi]. Universitas Pembangunan Nasional ‘ Veteran ’ Jawa Timur. Surabaya.

- Lestari, N., Samsuar, Novitasari, E., Rahman, K. 2020. *Kinerja Cabinet Dryer pada Pengeringan Jahe Merah dengan Memanfaatkan Panas Terbuang Kondensor Pendingin Udara*. Jurnal Agritechno. 13(1): 57-70
- Nababan, B. 2007. *Simulasi Sebaran Suhu Udara Ruang Pengering pada Sistem Efek Rumah Kaca*. <http://jurnal.bl.ac.id> (21 Januari 2020).
- Nursanti, L.S. 2010. *Pengeringan Biji Kakao Menggunakan Alat Pengering Hybrid Tipe Rak (Skipsi)*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pitojo, S. 2007a. *Seri Budidaya Suweg : Bahan Pangan Alternatif, Rendah Kalori*. Kanisius : Yogyakarta.
- Pitojo, S., 2007b. *Suweg*. Cetakan Kelima. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Pradipta, I. M. D. dan L. J. Mawarani. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Umbi Porang*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, 1 (1) : 1-6.
- Purwanto, A. 2014. *Pembuatan Brem padat dari Umbi Porang (Amorphophallus Omcophyllus Prain)*. Widya Warta, No. 01 Tahun 2014 : 16 - 28.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia. 2013. *Budidaya dan Pengembangan Porang (Amorphophallus muelleri Blume) Sebagai Salah Satu Potensi Bahan Baku Lokal*. [Modul]. Universitas Brawijaya. Malang.
- Saputra, R. A., R. Mastuti, dan A. Roosdiana. 2010. *Kandungan Asam Oksalat Terlarut dan Tidak Terlarut pada Umbi Dua Varian Porang (Amorphophallus muelleri Blume) di KPH Saradan, Madiun, Jawa Timur pada Siklus Pertumbuhan ketiga*. [Skripsi]. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sari, L.J. 2017. *Uji Performasi Alat Pengering Gabah Tipe Dmp-1 dengan Penambahan Batu Alor Hitam pada Ruang Kolektor dan Ruang Pengering sebagai Penyimpan Panas*. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. 5(3): 257-264.
- Stoecker, W.F., Jones, J.W. 1982. *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill. New York.
- Suherman, Purbasari, A., Aulia, M.P. 2012. *Pengaruh Suhu Udara dan Berat Sampel pada Pengeringan Tapioka Menggunakan Pengering Unggun Terfluidakan*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. 1(1): 45-50.
- Sumarwoto, 2005. *Iles-iles (Amorphophallus muelleri Blume); Deskripsi dan Sifat-sifat Lainnya*. Biodiversitas, 6 (3) : 185-190.

- Sumarwoto, 2008. *Letak Biji pada Tongkol Buah dan Media Persemaian Pengaruhnya pada Mutu Benih Iles-iles (Amorphophallus muelleri Blume). Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Perbenihan dan Kelembagaan dengan Tema Peran Perbenihan dan Kelembagaan dalam Memperkokoh Ketahanan Pangan*. Yogyakarta. 10-11 November 2008.
- Sumarwoto, 2012. *Peluang Bisnis beberapa Macam Produk Hasil Tanaman Iles Kuning di DIY Melalui Kemitraan dan Teknik Budaya*. Business Conference, Yogyakarta tanggal 6 Desember 2012.
- Taib, G., G., Said, S., Wiraatmadja. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. PT. Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Vuksan, V., J.L. Sievenpiper, R. Owen, and R. Novokmet. 2000. *Benefecial effects of viscous dietary fiber from konjac-mannan in subjects with the insulin resistance syndrome: results of a controlled metabolic trial*. Diabetes Care, Januari 23(1):9-14.
- Wahyuningtyas, R. D., R. Azrianingsih, dan B. Rahardi. 2013. *Peta dan Struktur Vegetasi Naungan Porang (Amorphophallus muelleri Blume) di Wilayah Malang Raya*. Jurnal Biotropika, 1 (4) : 139-143.
- Warji and Tamrin. 2021. Hybrid Dryer of Cassava Chips. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 757 012027.
- Warji dan S. Asmara. 2010. Kinerja Pengeringan Chip Ubi Kayu. JTEP Jurnal Keteknikaan Pertanian. 24(2): 75-80.
- Widyastuti, E. 2012. *Teknologi Pemanfaatan Porang*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Winarno, F. G. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yusuf, Supriyadi. 2017. *Analisa Pengeringan Ubi Kayu dengan Multipurpose Rotary Machine (Skripsi)*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Zamharir, Sukmawaty, Priyati, A. 2016. *Analisis Pemanfaatan Energi Panas pada Pengeringan Bawang Merah (Allium Ascalonicum I.) dengan Menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK)*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. 4(2): 264-276.