

LAPORAN TUGAS AKHIR

UJI KINERJA PENGERING *PORTABLE DRYER HOUSE* UNTUK PENGERINGAN LADA HITAM



Disusun Oleh :

Fahrur Rozi

NIM.07.16.19.004

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

**UJI KINERJA PENGERING *PORTABLE DRYER HOUSE*
UNTUK PENGERINGAN LADA HITAM**

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.)

Disusun oleh :

Fahrur Rozi

NIM.07.16.19.004

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2022

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : Uji Kinerja *Portable Dryer House* untuk Pengeringan Lada Hitam
Nama : Fahrur Rozi
NIM : 07.16.19.004
Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian
Jenjang : Diploma Tiga (D III)

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi DIII Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI).

Serpong, 04 Agustus 2022

1. Pembimbing I

Tanda tangan

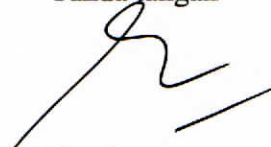
Dr. Mardison Suhil, S.TP., M.Si
NIP. 19770328 200501 1 003



2. Pembimbing II

Tanda tangan

Dr. Enrico Syaefullah, STP, M.Si
NIP. 19730404 199903 1 002



3. Penguji I

Tanda tangan

Dr. Mona Nur Moulia, S.TP, M.Sc
NIP. 19800419 200501 2 001



Mengetahui :

Ketua Program Studi THP

Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia



Dr. Mona Nur Moulia, S.TP, M.Sc
NIP. 19800419 200501 2 001

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR


Judul : Uji Kinerja *Portable Dryer House* untuk Pengeringan Lada Hitam
Nama : Fahrur Rozi
NIM : 07.16.19.004
Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian
Jenjang : Diploma Tiga (D III)

Menyetujui :

Pembimbing I



Dr. Mardison Suhil, S.TP., M.Si
NIP. 19770328 200501 1 003

Pembimbing II


Dr. Enrico Syaefullah, STP, M.Si
NIP. 19730404 199903 1 002

Mengetahui :

Ketua Program Studi THP
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia


Dr. Mona Nur Moulia, S.TP, M.Sc
NIP. 19800419 200501 2 001

Mengetahui :

Direktur
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia


Dr. Muharifza, S.TP, M.Si
NIP. 19791121 200801 1 007



Tanggal Lulus : Serpong, 04 Agustus 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :
Nama : Fahrur Rozi
Nim : 07.16.19.004
Judul Tugas Akhir : Uji Kinerja *Portable Dryer House* untuk Pengeringan Lada Hitam

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Serpong, 04 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Fahrur Rozi
NIM. 07.16.19.004

UJI KINERJA PENDINGER *PORTABLE DRYER HOUSE* UNTUK
PENDINGERAN LADA HITAM

Fahrur Rozi¹⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Politeknik Enjiniring
Pertanian Indonesia (PEPI)

Abstrak

Kebanyakan masyarakat dipedesaan melakukan pendingeran lada hitam menggunakan pendingeran konvensional atau penjemuran secara langsung yang diamparkan dihalaman. Pendingeran dengan cara penjemuran secara langsung mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah mudah terkontaminasi, sukar dikontrol, sering kali kehujanan, sehingga memerlukan waktu pendingeran yang lama. Alat pendinger *portable dryer house* yang digunakan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pendingeran menggunakan penjemuran secara langsung dan menyempurnakan metode pendingeran yang menggunakan energi matahari langsung. Teknologi ini lebih cepat, efisien dan higienis. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui distribusi yang dicapai dan laju pendingeran pada penurunan susut bobot yang dicapai dengan waktu pendingeran yang telah di tentukan. Waktu yang digunakan selama 26 jam \pm 8 jam perhari. Metode yang digunakan menggunakan metode penurunan susut bobot. Hasil distribusi suhu tertinggi selama pendingeran sebesar 57.49⁰C. Laju pendingeran tertinggi selama proses pendingeran 26 jam yaitu sebesar 12,04%/Jam. Laju pendingeran dipengaruhi oleh suhu dan kadar air, semakin besar suhu semakin cepat laju pendingeran dan semakin sedikit kadar air maka semakin lambat laju pendingeran.

Kata kunci : *Solar Dryer*, Pendingeran Lada Hitam, Uji kinerja Pendinger Tenaga Surya

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, dan sahabatnya. Serta kepada semua pihak yang telah mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat melaksanakan Tugas Akhir. Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini saya mendapatkan bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, terutama Orang Tua saya yang telah memberikan doa selain itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Muharfiza, S.TP, M.Si. selaku Direktur Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia (PEPI)
2. Ibu Dr. Mona Nur Moulia, S.TP, M.Sc. selaku ketua Kepala Program Studi Teknologi Hasil Pertanian
3. Bapak Dr. Mardison S., STP, M.Si. selaku Pembimbing I
4. Bapak Dr. Enrico Syaefullah, STP, M.Si selaku Pembimbing II
5. Kedua orang tua yang selalu mendukung baik moril maupun materil
6. Semua pihak yang membantu penyelesaian laporan yang penulis tidak dapat sampaikan satu per satu.

Dalam penulisan LaporanTugas Akhir ini saya menyadari masih terdapat kekurangan karena keterbatasan yang dimiliki. Untuk itu saya sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Serpong, 04 Agustus 2022

Fahrur Rozi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Lada hitam	3
2.2. Pengeringan	4
2.3. Mekanisme pengering	5
2.4. Kadar air	7
2.5. Laju pengeringan.....	8
2.6. <i>Solar dryer</i>	9
BAB III METODELOGI TUGAS AKHIR	10
3.1. Waktu dan tempat.....	10
3.2. Alat dan bahan.....	10
3.3. Metode penelitian	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1. Mekanisme kerja alat.....	17
4.2. Distribusi suhu.....	18
4.3. Penurunan susut bobot.....	20
4.4. Pengamatan kadar air	24
4.5. Laju pengeringan	26
BAB V PENUTUP.....	29

5.1. Kesimpulan.....	29
5.2. Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Lada hitam.....	3
Gambar 2. 2. <i>Solar dryer dome</i>	9
Gambar 3. 1. <i>Portable dryer house</i> tampak depan.....	11
Gambar 3. 2. <i>Portable dryer house</i> tampak belakang.....	12
Gambar 3. 3. <i>Portable dryer house</i> tampak dalam	12
Gambar 3. 4. Diagram blok tahapan penelitian.....	13
Gambar 4. 1. <i>Portable dryer house</i>	17
Gambar 4. 2. Memori data <i>hilogger</i>	18
Gambar 4. 3. Penimbangan sampel.....	20

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1. Distribusi suhu	18
Grafik 4. 2. Penurunan bobot	21
Grafik 4. 3. Penurunan kadar air	24
Grafik 4. 4. Laju pengeringan	26

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Penurunan bobot sampel	21
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data suhu	33
Lampiran 2. Data penurunan bobot.....	34
Lampiran 3. Data laju pengeringan.....	35
Lampiran 4. Analisis sampel.....	36
Lampiran 5. Kecepatan <i>exhaust fan</i>	37
Lampiran 6. Perhitungan penurunan susut bobot.....	38

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Lada (*Piper nigrum L*) disebut juga dengan merica, merupakan jenis tanaman yang banyak dimanfaatkan sebagai bumbu dapur. Lada hitam (*Piper Nigrum*) dihasilkan dari buah lada yang belum matang yang mengalami pengeringan sehingga berubah menjadi kehitaman. Pengeringan merupakan usaha untuk menurunkan kadar air sampai batas tertentu.

Fenomena yang terjadi pada kebanyakan masyarakat dipedesaan melakukan pengeringan lada hitam menggunakan pengeringan konvensional atau penjemuran secara langsung yang dihamparkan di halaman. Pengeringan dengan cara penjemuran secara langsung mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah mudah terkontaminasi, sukar dikontrol, sering kali kehujanan, sehingga memerlukan waktu pengeringan yang lama. Para petani sering mengeluh karena hasil panennya rusak karena kurang dijemur.

Seiring dengan berkembangnya teknologi di Indonesia banyak bermunculan pengeringan dengan menggunakan alat mekanis atau pengering buatan. Salah satunya adalah alat pengering *portable dryer house* yang digunakan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pengeringan menggunakan penjemuran secara langsung yang dihamparkan di halaman. Alat pengering energi surya (*portable dryer house*) ini dibuat sebagai alternatif untuk mengoptimalkan penggunaan matahari sinar matahari dalam proses pengeringan, sehingga suhu yang diperoleh lebih besar dibandingkan suhu lingkungan, kelebihan dari alat pengering *portable dryer house* ini ialah lebih efisien dibandingkan penjemuran secara langsung, tidak terkontaminasi debu, terlindung dari hujan dan higienis, menyempurnakan metode pengeringan yang menggunakan energi matahari langsung (*open air sun drying*). Pemenuhan standar hasil pengeringan untuk kondisi kering yang dibutuhkan juga merupakan bagian yang dapat dicapai dengan alat pengering surya (Aziz, A. 2008).

Pengeringan menggunakan *portable dryer house* akan memberikan efek terhadap produk yang dikeringkan. Pada tugas akhir ini akan membahas uji kinerja *portable dryer house* untuk pengeringan lada hitam dengan parameter pengamatan distribusi suhu, penurunan susut bobot, penurunan kadar air dan laju pengeringan.

1.2. Tujuan

1. Mengetahui suhu pengeringan yang dicapai pada alat *portable dryer house*
2. Mengetahui laju pengeringan pada penurunan susut bobot yang dicapai dengan waktu pengeringan yang telah di tentukan.

1.3. Manfaat

1. Memberikan pengetahuan kepada mahasiswa mengenai tingkat distribusi suhu yang dapat dicapai.
2. Mengkaji nilai parameter pengeringan (distribusi suhu, penurunan susut bobot, penurunan kadar air, dan laju pengeringan).
3. Hasil penelitian dijadikan bahan acuan bagi mahasiswa serta dapat memberikan bahan referensi dalam pengembangan penelitian lebih lanjut .

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lada hitam



Gambar 2. 1. Lada hitam

Klasifikasi tanaman lada adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Spermatophyta*

Subdivisi : *Angiospermae*

Class : *Dicotyledoneae*

Ordo : *Piperales*

Famili : *Piperaceae*

Genus : *Piper*

Species : *Piper nigrum L* (Tjitrosoepomo, 2007: 119)

2.1.1. Nama umum

Lada hitam tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, sehingga memiliki banyak nama daerah seperti merica (Jawa), pedes (Sunda), sa'ang (Madura), lada (Aceh), lada hitam (Indonesia).

2.1.2. Morfologi

Tanaman lada hitam merupakan tanaman terna, berkayu yang memanjat, panjang sampai 15 m, kulit batang berwarna hijau tua, berakar pada bukubukunya. Bentuk daun bermacam-macam, dari bundar telur sampai lonjong, bagian pangkal bundar, tumpul atau berbentuk baji, sedangkan ujung lancip, permukaan atas berwarna hijau gelap, kuat, menjangat, panjang 8 cm sampai 20 cm, lebar 5 cm sampai 15 cm, terdapat bintik-

bintik kelenjar yang rapat, panjang tangkai 7,5 cm sampai 8 cm. Perbungaan berupa bulir yang menggantung, panjang sampai 25 cm, panjang gagang 1 cm sampai 3,5 cm, berdaun pelindung yang bentuknya lonjong menggalah, panjang 4 mm sampai 5 mm, lebar 1 mm. Benang sari 2 helai, tangkai sari tebal. Kepala putik 2 sampai 5, umumnya sampai 4. Buah buni, bulat atau agak elip, buah muda berwarna hijau tua kemudian menjadi merah dan akhirnya hitam, gundul, panjang lebih kurang 4 mm (Tjitrosoepomo, 2007: 119)

2.2. Pengeringan

Pengeringan merupakan metode yang ditujukan untuk menghilangkan kadar air suatu bahan dengan cara menguapkan air bahan dengan energi panas. Pada proses pengeringan perlu adanya fluida udara kering yang mampu menyerap air yang terkandung dalam bahan. Mekanisme pengeringan terjadi ketika udara panas dihembuskan kearah bahan basah, panas akan ditrasfer ke permukaan dan akan terjadi perbedaan tekanan udara, akibatnya aliran panas akan menyebabkan keluarnya air dari ruang antar sel sehingga air teruapkan. Pengeringan dilakukan untuk tujuan pengawetan karena penurunan kadar air akan menurunkan aktivitas air (a_w) dalam tahapan rekayasapengolahan pangan. Pengurangan jumlah kadar air bebas mendekati nol membuat pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, dan reaksi kimia dalam bahan terhenti sehingga dapat memungkinkan bahan memiliki umur simpan yang lebih panjang (Oktaviana, 2010).

Sebelum dilakukan proses pengeringan tekanan uap air udara dengan tekanan uap air bahan berada pada kondisi setimbang. Pada proses pengeringan udara panas yang dilewatkan melalui permukaan bahan akan menyebabkan kenaikan tekanan air bahan terutama pada daerah permukaan, kandungan air yang lebih dahulu diuapkan merupakan air bebas pada bahan yang terletak pada permukaan bahan, sejalan dengan kenaikan suhunya maka akan menyebabkan peningkatan suhu seluruh bagian bahan sehingga menguapkan air terikat pada bahan menuju permukaan bahan dan kemudian terjadi penguapan permukaan bahan kembali berulang lagi hingga terjadi keseimbangan dengan udara disekitarnya (Bennamound, 2013). Dalam proses

pengeringan terjadi peristiwa proses pemindahan panas dan proses pemindahan massa. Proses pemindahan panas terjadi akibat adanya perbedaan suhu antara udara lingkungan dengan bahan. Sedangkan proses perpindahan massa terjadi karena perbedaan kelembaban relatif udara lebih rendah dari kelembaban relatif bahan akibat panas yang dialirkan diatas permukaan bahan (Basri, 2017).

2.3. Mekanisme pengering

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan. Bila air permukaan telah habis, maka terjadi migrasi air dan uap air dari bagian dalam bahan secara difusi. Migrasi air dan uap terjadi karena perbedaan tekanan uap pada bagian dalam dan bagian luar bahan (Handerson dan Perry, 1976).

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan berada dalam keseimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitarnya. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan meliputi permukaan bahan akan menaikkan tekanan uap air, terutama pada daerah permukaan, sejalan dengan kenaikan suhunya. Pada saat proses ini terjadi, perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung atau terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun. Setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, maka terjadi pergerakan air secara difusi dari bahan ke permukaannya dan seterusnya proses penguapan pada permukaan bahan diulang lagi. Akhirnya setelah air bahan berkurang, tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitarnya (Nyayu Aisyah, 2015).

Menurut Brooker, *et al.*, (1974), beberapa parameter yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan, antara lain :

2.3.1. Suhu udara pengering

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Bila suhu pengeringan dinaikkan maka panas yang dibutuhkan untuk penguapan air bahan menjadi berkurang. Suhu udara pengering berpengaruh terhadap lama

pengeringan dan kualitas bahan hasil pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering maka proses pengeringan makin singkat. Biaya pengeringan dapat ditekan pada kapasitas yang besar jika digunakan pada suhu tinggi, selama suhu tersebut sampai tidak merusak bahan.

2.3.2. Kelembaban relatif udara pengering

Kelembaban udara berpengaruh terhadap pemindahan cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembaban relatif juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengering dalam menampung uap air di permukaan bahan. Semakin rendah RH udara pengering, maka makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi, karena mampu menyerap dan menampung uap air lebih banyak dari pada udara dengan RH yang tinggi. Laju penguapan air dapat ditentukan berdasarkan perbedaan tekanan uap air pada udara yang mengalir dengan tekanan uap air pada permukaan bahan yang dikeringkan. Tekanan uap jenuh ini ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembaban relatif udara. Semakin tinggi suhu, kelembaban relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya.

2.3.3. Kecepatan aliran udara pengering

Pada proses pengeringan, udara berfungsi sebagai pembawa panas untuk menguapkan kandungan air pada bahan serta mengeluarkan uap air tersebut. Air dikeluarkan dari bahan dalam bentuk uap dan harus secepatnya dipindahkan dari bahan. Bila tidak segera dipindahkan maka air akan menjenuhkan atmosfer pada permukaan bahan, sehingga akan memperlambat pengeluaran air selanjutnya. Aliran udara yang cepat akan membawa uap air dari permukaan bahan dan mencegah uap air tersebut menjadi jenuh di permukaan bahan. Semakin besar volume udara yang mengalir, maka semakin besar pula kemampuannya dalam membawa dan menampung air di permukaan bahan.

2.3.4. Kadar air bahan

Pada proses pengeringan sering dijumpai adanya variasi kadar air bahan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh tebalnya tumpukan bahan, RH udara pengering serta kadar air awal bahan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara : (1) mengurangi ketebalan

tumpukan bahan, (2) menaikkan kecepatan aliran udara pengering, (3) pengadukan bahan.

2.4. Kadar air

Kadar air menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot suatu bahan. Dalam hal ini untuk menentukan kadar air bahan terdapat dua metode yaitu basis basah (*wet basis*) dan basis kering (*dry basis*). Untuk menentukan kadar air produk pertanian biasanya digunakan basis basah (*wet basis*). Dalam pengeringan kandungan air pada bahan diturunkan hingga batas mikroba dan kegiatan enzimatik tidak dapat menyebabkan kerusakan. Kadar air yang tinggi pada suatu bahan menyebabkan tingginya aktivitas air yang dapat memperbesar kemampuan pembusukan bahan sehingga bahan yang memiliki kadar air tinggi memiliki umur simpan yang pendek. Kadar air menjadi parameter penting untuk menentukan umur simpan suatu bahan (Burlian *et al*, 2011).

Menurut Burlian *et al* (2011), dalam perhitungan kadar air basis basah, dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ka_{(bb)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Ka_{bb} : Kadar air bahan basis basah (%)

m_1 : Massa awal bahan (kg)

m_2 : Massa akhir bahan (kg)

Sedangkan menurut Syafriyudin *et al* (2009), disamping kadar air bobot basah, kadar air bahan juga dapat dinyatakan dalam kadar air basis kering yaitu air yang diuapkan dibagi p bobot bahan setelah pengeringan. Jumlah air yang diuapkan adalah bobot bahan sebelum pengeringan dikurangi bobot bahan setelah pengeringan. Metode penghitungan kadar air dapat menggunakan basis kering dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ka_{(bk)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- Ka_(bk) : Kadar air bahan basis kering (%)
- m₁ : Massa awal bahan (kg)
- m₂ : Massa akhir bahan (kg)

2.5. Laju pengeringan

Proses pengeringan bahan pangan bergantung pada struktur bahan beserta parameter pengeringan, meliputi: kadar air, dimensi produk, suhu udara pemanas, laju perpindahan pada permukaan dan kesetimbangan kadar air. Laju pengeringan suatu bahan yang dikeringkan antara lain ditentukan oleh sifat bahan tersebut seperti densitas yang tinggi, kadar air awal, serta hubungannya dengan kesetimbangan kadar air pada kondisi pengeringan (Sinurat *et al*, 2014).

Untuk mengetahui laju pengeringan perlu mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan dari kadar air tertentu sampai kadar air yang diinginkan pada kondisi tertentu, maka bisa dilakukan dengan cara :

2.5.1. *Drying test* yaitu hubungan antara moisture content suatu bahan vs waktu pengering pada *temperatur, humidity*, dan kecepatan pengering tetap. Kandungan air dari suatu bahan akan menurun karena adanya pengeringan, sedangkan kandungan air yang hilang akan semakin meningkat seiring dengan penambahan waktu.

2.5.2. Kurva Laju Pengeringan menunjukkan hubungan antara laju pengeringan vs kandungan air, kurva ini terdiri dari 2 bagian yaitu periode kecepatan tetap dan pada kecepatan menurun. Jika mula-mula bahan sangatlah basah bila dikontakkan dengan udara yang relatif kering maka akan terjadi penguapan air yang ada pada permukaan bahan tersebut.

2.6. *Solar dryer*

Solar dryer merupakan suatu alat pengering berbentuk kubah dengan inkubator ruangan tertutup seperti *green house* dan sekilas mirip dengan *solar tunnel*. Perbedaannya yaitu terletak pada material penutupnya (*cover*) di mana *green house* dan *solar tunnel* biasanya masih menggunakan bahan *polyethylene terephthalate* (PET), sedangkan *solar dryer* menggunakan bahan *polycarbonate*. *Solar dryer* pertama kali ditemukan oleh Prof. Dr. Serm Janjai dari Universitas Silpakorn di Thailand. Dengan menggunakan *solar dryer*, hasil panen para petani dapat meningkat sampai dengan 45% dan akan meningkatkan taraf hidup petani secara signifikan. Dengan penutup yang menggunakan bahan *polycarbonate*, suhu di dalam kubah dapat ditingkatkan hingga 100% dibandingkan dengan suhu di luar kubah. Peningkatan suhu yang terjadi dapat mempersingkat proses pengeringan secara signifikan. Selain itu, kipas angin yang dipasang pada *solar dryer* juga dapat membantu sirkulasi udara dan menghilangkan uap air dari pengering (*dryer*) sehingga proses pengeringan dapat bekerja secara efektif. Di sisi lain, penutup *polycarbonate* pada *solar dryer* dapat melindungi hasil panen dari sinar UV yang dapat merusak produk, seperti warna, komponen kimia, aroma, dan lain-lain. (sumber : <http://dispertan.cilacapkab.go.id>)



Gambar 2. 2. *Solar dryer dome*

BAB III METODELOGI TUGAS AKHIR

3.1. Waktu dan tempat

Tugas Akhir dilaksanakan pada semester VI (enam) yang dilaksanakan pada tanggal, 06 Juni sampai dengan 19 Juli 2022 dengan penelitian dan survey yang akan dilaksanakan di PT. Giat Mukti Selaras, Kabupaten Karanganyar. Jawa Tengah

3.2. Alat dan bahan

Alat :

1. ATK
2. Laptop
3. *Handphone*
4. *Portable dryer house*
5. Timbangan digital
6. Termokopel
7. Memori *hioki hilogger*
8. *Thermal anemometer*

Bahan :

1. Hasil studi literatur
2. Lada hitam

3.3. Metode penelitian

Penelitian dilakukan dengan pengamatan terhadap kinerja alat pengering yaitu distribusi suhu dalam ruang pengering dan suhu lingkungan, penurunan susut bobot, pengamatan kadar air dan laju pengeringan untuk proses pengeringan lada hitam dengan menggunakan pengering *portable dryer house* dengan waktu yang ditentukan yaitu selama 3 hari pada pukul 08.00-16.00 kurang lebih 8 jam per hari. Parameter pengukuran penelitian yaitu suhu, kadar air, dan laju pengeringan. Data yang diperoleh

akan diolah dengan perhitungan dan ditampilkan dengan grafik hubungan melalui aplikasi *microsoft excel*.

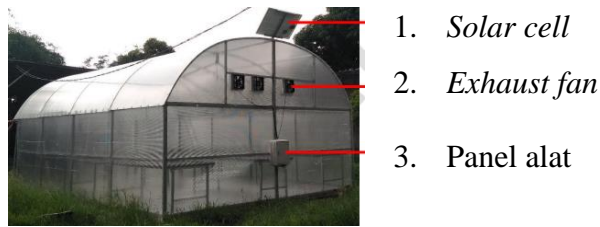
3.3.1. Fungsional dan struktural pengering *portable dryer house*

Pengering *portable dryer house* terdiri atas empat komponen utama yaitu: (1) unit pengering, (2) unit sumber pemanas, (3) unit *solar panel*, dan (4) *Exhaust fan*. Unit pengering terdiri dari ruang pengering, atap ruang pengering dan rangka. Ruang pengering berfungsi sebagai wadah penampung bahan yang akan dikeringkan, Atap ruang pengering berfungsi sebagai penutup ruang pengering, dan rangka berfungsi untuk menyangga bahan dan menempelkan atap serta ruang pengering. Komponen kedua unit sumber pemanas berasal dari sinar matahari yang terperangkap dalam ruang pengering setelah melewati lapisan *polycarbonate*. Energi tersebut digunakan untuk memanaskan udara dalam ruang pengering dan digunakan untuk proses pengeringan bahan. Komponen ketiga *Solar panel* berfungsi untuk menyerap energi sinar matahari dan mengkonversikannya menjadi energi listrik yang digunakan untuk menghidupkan *exhaust fan* dan lampu LED. Komponen keempat *Exhaust fan* berfungsi untuk untuk menghisap udara lembab dari dalam ruang pengering dan dikeluarkan ke lingkungan sehingga terjadi sirkulasi udara dalam ruang pengering. Dengan demikian, peningkatan kelembaban ruang pengering dapat dicegah untuk mendukung berlangsungnya proses pengeringan.

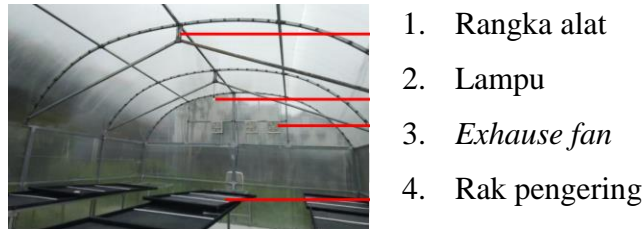


1. Pipa sirkulasi
2. Atap ruang pengering
3. Ruang pengering
4. Pintu ruang pengering
5. Lantai ruang pengering

Gambar 3. 1. *Portable dryer house* tampak depan



Gambar 3. 2. *Portable dryer house* tampak belakang



Gambar 3. 3. *Portable dryer house* tampak dalam

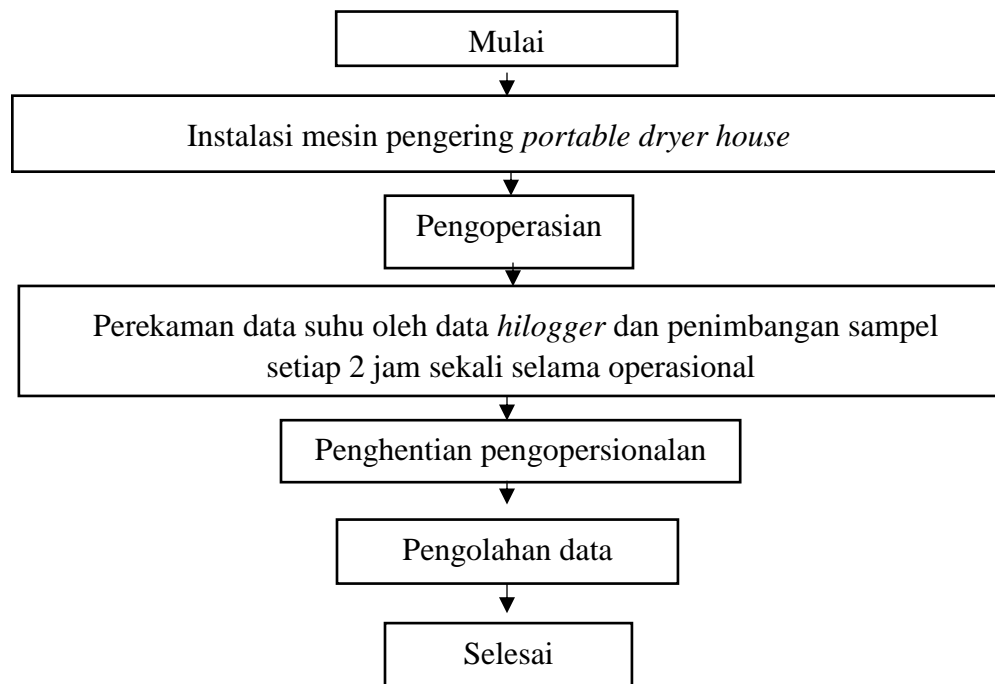
3.3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan menginstalasi seluruh komponen dalam mesin pengering *portable dryer house* dan pemasangan komponen sensor berupa sensor *termokopel* kemudian diuji. Selanjutnya pengamatan proses pengeringan dengan mengamati intensitas cahaya, suhu, dan penurunan bobot lada hitam. Diagram blok tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4.

Proses penelitian dimulai dengan Pemasangan sensor dilakukan setelah instalasi alat, sensor yang ditambahkan merupakan sensor suhu *termokopel* di beberapa titik pengamatan suhu, sensor *termokopel* nantinya akan disambungkan langsung dengan data *hilogger* untuk pencatatan data suhu secara otomatis saat mesin beroperasi, dan saat instalasi mesin juga dilakukan pengukuran terhadap kecepatan *exhaust fan* dengan menggunakan *thermal anemometer*. Parameter pengamatan untuk mengetahui distribusi suhu ruang pengering dan suhu lingkungan, penurunan susut bobot, kadar air dan laju pengeringan maka sebelum menyalakan alat ditentukan terlebih dahulu titik pemasangan *termokopel* di masing-masing rak, pengambilan sampel bahan dan penimbangan sampel. Pada penelitian alat akan dioperasikan selama ± 3 hari dalam periode rata-rata penyinaran matahari tertinggi yaitu pada pukul 08.00 WIB hingga 16.00 WIB.

Alat dioperasikan dengan menekan tombol *power on* pada kontrol panel, secara otomatis *exhaust fan* akan menyala. Data *hilogger* yang telah terhubung dengan sensor *termokopel* dijalankan untuk merekam suhu tiap waktu. Persiapan pemberian bahan dilakukan dengan menyiapkan sampel bahan untuk setiap rak dan sampel bahan yang akan dikeringkan dengan suhu lingkungan. Selanjutnya dilakukan penimbangan sampel setiap 2 jam menggunakan timbangan digital. Parameter pengukuran yang dilakukan adalah terhadap suhu, waktu, penurunan susut bobot, penurunan kadar air dan laju pengeringan.

Operasional alat pengering akan dihentikan apabila telah mencapai waktu pengoperasian yang telah ditentukan. Pengamatan dilakukan dalam periode penyinaran matahari tertinggi. Setelah mencapai waktu pengamatan maka akan direkap dan diolah data hasil pengamatan. Data hasil pengamatan akan diolah dengan grafik.



Gambar 3. 4. Diagram blok tahapan penelitian

3.3.3. Tahap pengoperasian alat

Dalam tahap ini setiap akan dilakukan pengoperasionalan alat, dilakukan pengecekan terhadap *exhaust fan*, lampu berjalan dengan baik. Waktu operasional mesin disesuaikan dengan waktu penyinaran matahari harian yang memiliki presetasi penyinaran yang tinggi, yaitu pukul 08.00 hingga 16.00 (Hamdi, 2014).

Pengoperasionalan dilakukan pada lama waktu yang telah ditentukan yaitu selama ± 3 hari (± 8 jam per hari).

3.3.4. Tahap pemberian bahan/produk pengering

Bahan yang akan dikeringkan adalah produk lada hitam. Bahan akan dimasukkan ke ruang pengering pada setiap rak sebanyak 9 rak diberikan beban pengeringan yang sama yaitu lada hitam seberat ± 11 kg. Pemberian bahan dilakukan setelah alat dijalankan. Bahan diletakkan pada setiap rak yang berukuran 240 x 840 x 45 mm.

3.3.5. Tahap pengukuran suhu dan penimbangan sampel

Pengukuran suhu dilakukan secara kontinu dengan bantuan sensor suhu *termokopel* dimana pembacaan dilakukan oleh data *hilogger* untuk membantu merekam dan menyimpan perubahan suhu yang terjadi selama proses pengeringan, Sedangkan penimbangan sampel dilakukan setiap 2 jam sekali selama mesin beroperasi dengan menggunakan timbangan digital.

3.3.6. Tahap pemberhentian pengoperasionalan alat pengering

Pengoperasionalan alat dihentikan dengan ketentuan proses pengeringan telah mencapai waktu yang ditentukan.

3.3.7. Pengolahan data

Data yang diperoleh dalam pengamatan yaitu hasil pengukuran terhadap parameter yang telah ditentukan yaitu suhu, penurunan susut bobot, dan laju pengeringan. Kemudian data diolah dengan menggunakan persamaan perhitungan laju pengeringan, dan efisiensi pengeringan menggunakan aplikasi *microsoft excel*. Data

hasil penelitian akan ditampilkan dalam grafik, dan uraian. Hasil akhir pengolahan data akan menjadi bahan analisa penelitian ini.

3.3.8. Parameter pengukuran

1. Distribusi suhu

Pengukuran suhu pada tahap ini dilakukan pemasangan sensor suhu termokopel di pasang dititik masing-masing rak terdapat 9 rak dan pemasangan dipasang di luar alat/kondisi lingkungan untuk dapat direkam oleh data *logger* mengenai perubahan suhu secara kontinyu. ‘

2. Penurunan susut bobot

Pengukuran terhadap parameter penurunan susut bobot dilakukan setiap 2 jam dengan menimbang berat awal bahan dan berat bahan setelah proses pengeringan selama 26 jam hingga pada akhir proses pengeringan. Perhitungan bobot akhir yang di uji dihitung menurut SNI 4412-2011 dapat dihitung menggunakan persamaan (3.1) dan penurunan bobot perjam di hitung sesuai SNI 4412-2011 dihitung menggunakan persamaan (3.2).

a. Bobot akhir yang diuji

$$W_2 = \frac{W_1(100 - MC_1)}{(100 - MC_2)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

W_1 : Bobot awal yang diuji

MC_1 : Kadar air awal

MC_2 : Kadar air akhir

b. Penurunan bobot perjam

$$Bobot = \frac{bobot\ awal\ bahan\ uji - bobot\ akhir\ bahan\ uji}{waktu\ pengeringan\ aktual} \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Kadar air

Pengukuran kadar air awal bahan menggunakan metode gravimetri pada suhu pengeringan 105 °C dan lama pengeringan 24 jam menggunakan oven. Kadar air dinyatakan dalam satuan persen (%) dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Kadar\ air = \frac{Berat\ awal\ (gram) - Berat\ akhir\ (gram)}{berat\ awal\ (gram)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Pengukuran terhadap pengukuran kadar air dilakukan setiap 2 jam dengan menimbang berat awal bahan, berat air yang diuapkan dan berat setelah proses pengeringan selama 26 jam.

4. Laju pengeringan

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan mempunyai arti penting, dimana laju pengeringan menggambarkan tentang bagaimana kecepatan pengeringan berlangsung. Laju pengeringan adalah banyaknya jumlah air yang di uapkan tiap satuan waktu atau penurunan kadar air suatu bahan tiap waktu. Muljoharjo *dalam* Siallagan, B. (2009). Laju pengeringan dihitung dengan menggunakan persamaan (Chan, 2018).

$$M = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

M = Laju pengeringan (%/menit)

m_{awal} = Massa awal (gram)

m_{akhir} = Massa akhir (gram)

t = Lama pengeringan (menit)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN

4.1. Mekanisme kerja alat



Gambar 4. 1. *Portable dryer house*

Mekanisme kerja alat *portable dryer house* diawali dengan proses pengisian bahan dalam ruang pengering. Setelah proses pengisian bahan selesai, proses pengeringan akan terjadi ketika alat terpapar sinar matahari langsung. Energi panas dari sinar matahari yang melewati *polycarbonate* dan terperangkap dalam ruang pengering akan memanaskan dan mengeringkan bahan yang dihamparkan dalam ruang pengering.

Energi sinar matahari diserap oleh *solar panel* yang terpasang pada alat. Energi yang diserap akan tersimpan dalam baterai alat dan dikonversikan menjadi energi listrik yang digunakan untuk menyalakan lampu LED serta menggerakkan *exhaust fan*. Lampu LED berfungsi untuk memberikan pencahayaan di dalam ruang pengering. *Exhaust fan* berfungsi untuk mengeluarkan udara hasil pengeringan ke lingkungan yang mengandung uap air ke lingkungan sehingga kelembaban dalam ruang pengering tidak tinggi. Proses pengeringan berjalan sampai bahan mencapai kisaran kadar air yang dikehendaki.

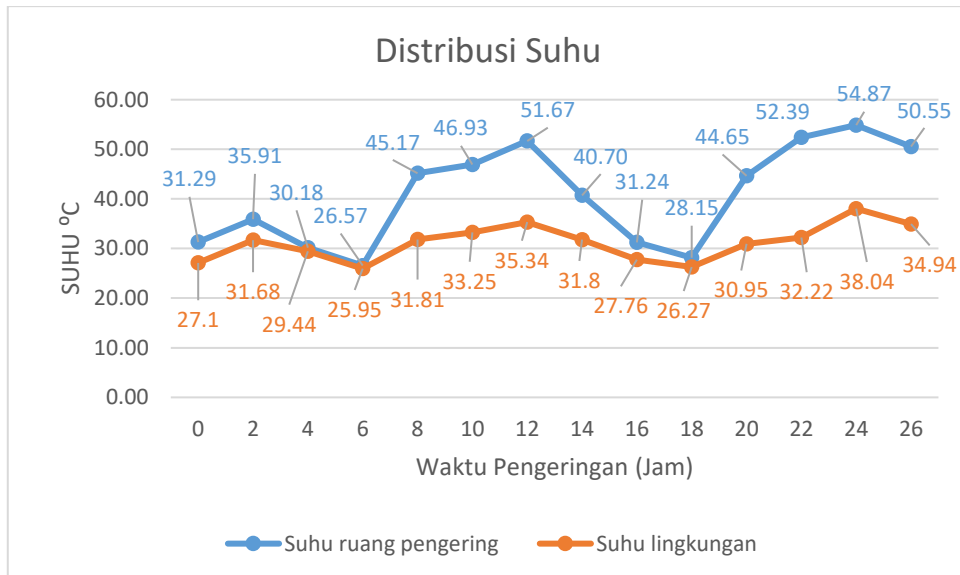
4.2. Distribusi suhu



Gambar 4. 2. Memori data *hilogger*

Pergerakan udara panas dalam ruang pengering menghasilkan sirkulasi udara panas. Sirkulasi terjadi apabila udara dengan suhu rendah yang memiliki massa jenis udara yang lebih besar digantikan oleh udara yang memiliki suhu lebih tinggi akibatnya massa jenis udara menjadi lebih kecil sehingga udara dengan mudah terangkat naik menuju *outlet* ruang pengering dengan bantuan aliran udara (Manggalla, 2008).

Menurut Syafriyudin dan Firman (2018), ruang pengering silinder horizontal menghasilkan distribusi suhu yang lebih tinggi dibandingkan ruang pengering silinder vertikal tetapi distribusi suhu ruang pengering silinder vertikal kurang merata dibandingkan dengan distribusi suhu ruang pengering silinder horizontal.



Grafik 4. 1. Distribusi suhu

Dari grafik 4.1. Dapat dilihat suhu selama pengeringan menggunakan tenaga surya. Dari hasil pengamatan didapatkan suhu tertinggi sebesar 57.49°C, pada masing-masing *tray* dengan nilai suhu terendah sebesar 25.32°C. Sementara pada suhu luar yang tertinggi, dengan suhu 38.04°C dan suhu terendah 25.95°C. hal ini menunjukan perbedaan yang cenderung berbeda antara suhu dalam ruangan dan suhu luar ruangan. Secara umum, tinggi rendahnya suhu dalam ruang pengering sangat bergantung pada intensitas penyinaran matahari (Sari, 2019; Zamharir *et al.*, 2016). Pada saat cuaca panas terik, maka nilai radiasi matahari menjadi sangat tinggi dan suhu yang diterima pengering akan tinggi. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau banyak tutupan awan, maka intensitas penyinaran matahari akan rendah sehingga suhu yang diterima oleh ruang pengeringan akan menjadi lebih rendah. Tinggi rendahnya intensitas penyinaran matahari ini sangat berpengaruh terhadap suhu di dalam ruang pengering, yang juga akan berpengaruh terhadap kecepatan penurunan kadar air pada bahan yang sedang dikeringkan (Martini *et al.*, 2017 ; Takahashi *et al.*, 2017).

Kualitas akhir dari bahan yang dikeringkan juga sangat dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari selama proses pengeringan tersebut berlangsung. Proses pengeringan yang mengandalkan bantuan energi matahari tetapi tidak dilakukan saat kondisi cuaca yang mendukung, maka akan menyebabkan kerusakan pada bahan yang dikeringkan. Bahan yang tidak cepat menjadi kering akan rentan menjadi busuk dan berjamur. Untuk itu pada saat pengeringan *exhaust fan* dijalankan sampai dengan proses pengeringan selesai dengan tujuan menstabilkan suhu dan mengurangi kelembaban ruang pengering, kecepatan rata-rata dari *exhaust fan* mencapai 4,92 m/s. Sedangkan Dwika *et al.*, (2012) menyatakan bahwa, suhu mempengaruhi transfer panas sedangkan laju aliran udara mempengaruhi transfer momentum. Menurut Napitupulu dan Putra (2012), bila terjadi aliran udara terlalu kencang akibat kurangnya pengontrolan aliran udara dalam *chamber* pada mesin *cabinet dryer* akan mengakibatkan terjadinya aliran turbulen sehingga terjadi variasi suhu yang lebih besar.

Dapat dinyatakan bahwa penggunaan kecepatan *exhaust fan* yang lebih rendah guna mendistribusikan udara panas dengan kecepatan 4,9 m/s menyebabkan kehilangan panas lebih besar akibatnya suhu yang dicapai setiap rak jauh lebih rendah, namun penggunaan kecepatan aliran udara yang rendah membuat suhu yang dicapai oleh tiap rak menjadi seragam. Menurut Hall (1975) dalam Aziz *et al.* (2019) menyatakan bahwa pengeringan yang baik berkisar antara 45⁰C-90⁰C. Sedangkan menurut Titis Bayu (2013) dalam Aziz *et al.* (2019) pengeringan optimum adalah dibawah 70⁰ C. Jika melebihi 70⁰ C maka tidak akan mendapatkan hasil maksimal. Berdasarkan hasil pengujian, pengering menggunakan menggunakan *portable dryer house* mencapai *temperatur* optimum pengeringan yaitu 25.32⁰C-57.49⁰C. sedangkan dalam penelitian Aziz *et al.* (2019) pada pengering tenaga surya tipe pemanas langsung yang hanya mencapai *temperatur* 39,96⁰C-51,20⁰C. Hal ini dapat dikatakan pencapaian suhu tidak jauh berbeda dengan alat tersebut, namun sedikit lebih suhu yang diperoleh alat pengering *portable dryer house*.

4.3. Penurunan susut bobot

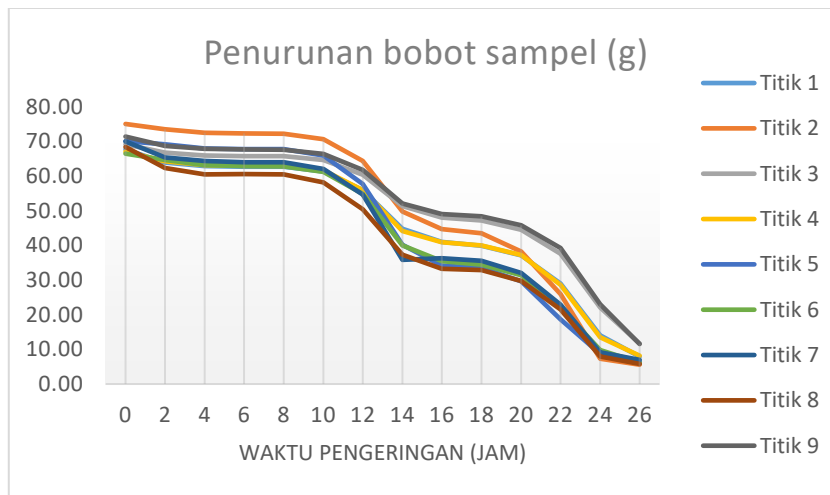


Gambar 4. 3. Penimbangan sampel

Pengeringan merupakan upaya untuk mengurangi kandungan air yang ada di dalam suatu bahan, dalam penelitian ini lada hitam digunakan sebagai bahan pengeringan. Melalui proses pengeringan dengan menggunakan mesin pengering *portable dryer house* dan jenis lada yang digunakan adalah varietas natar. Penurunan bobot pada lada hitam dapat dilihat tabel 4.1 disajikan dalam grafik 4.2.

Tabel 4. 1. Penurunan bobot sampel

Waktu (Jam)	Penurunan Berat (gr)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
0	67.71	75.07	69.2	67.07	70.11	66.5	70.02	68.42	71.43
2	63.92	73.53	66.8	64.29	69.2	64.65	65.4	62.32	68.69
4	62.96	72.53	65.96	63.21	67.96	63.2	64.35	60.56	67.88
6	62.76	72.28	65.75	63.01	67.8	62.85	64.01	60.51	67.67
8	61.38	70.71	64.7	61.69	65.95	61.22	62.04	58.25	66.39
10	55.96	64.36	60.46	55.98	57.76	54.9	54.65	50.43	61.81
12	44.78	49.79	51.35	44.13	40.21	39.97	36.29	37.33	52.07
14	40.99	44.75	48.04	40.95	34.19	35.46	35.89	33.28	49.03
16	39.93	43.52	47.22	40.02	33.5	34.49	35.62	32.86	48.41
18	37.11	38.28	44.52	37.27	29.64	31.43	32.03	29.77	45.87
20	28.99	26.01	37.61	28.65	18.63	22.17	22.93	21.51	39.23
22	14.06	7.31	22.12	13.51	8.71	9.8	9.17	7.98	23.02
24	7.92	5.58	11.67	8.18	6.36	6.19	6.96	5.81	11.56
26	7.41	5.47	8.54	8.17	6.32	5.69	6.39	5.53	8.85



Grafik 4. 2. Penurunan bobot

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengeringan mampu mengurangi susut bobot pada lada hitam. Berdasarkan grafik 4.2 pengeringan menggunakan *portable dryer house* memiliki rata-rata susut bobot selama pengeringan 26 jam sebesar 7,80 kg. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu pengeringan maka kecepatan

aliran udara pada proses pengeringan juga akan semakin cepat penguapan dalam sel sehingga mempengaruhi susut bobot pada lada hitam.

Pengeringan yang dimaksud untuk menghilangkan sejumlah air dari bahan yang dikeringkan dengan cara penguapan. Metode pengeringan pada dasarnya bertujuan untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan dan mempertahankan komponen-komponen yang ada dalam bahan pangan (Hartuti dan Sinaga, 1993). Menurut Siagian (2009) susut bobot buah adalah kehilangan air dari dalam buah diakibatkan oleh proses respirasi dan transpirasi pada buah tersebut. Meningkatnya laju respirasi akan menyebabkan perombakan senyawa seperti karbohidrat dalam buah dan menghilangkan CO₂, energi dan air yang menguap melalui permukaan kulit buah yang menyebabkan kehilangan bobot pada buah.

Respirasi dan transpirasi yang cepat akibat proses pengeringan akan menyebabkan susut bobot. Menurut pratiwi (2008), transpirasi merupakan faktor dominan penyebab susut bobot, yaitu perubahan fisikokimia berupa pelepasan air ke lingkungan. Menurut winarno (1981), selain transpirasi penyebab lainnya adalah respirasi. Respirasi merupakan proses katabolisme atau penguraian senyawa organik menjadi senyawa anorganik. Proses keseluruhan merupakan reaksi oksidasi-reduksi, yaitu senyawa oksidasi menjadi CO₂ dan O₂ yang di serap direduksi menjadi H₂O.

Penurunan susut bobot dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu yang disebabkan karena suhu yang terakumulasi oleh *exhaust fan* sehingga setiap rak mendapatkan suhu yang tidak sama. Perbedaan penyaluran panas pada tiap-tiap bagian rak juga dipicu adanya pembukaan pintu pengering untuk keperluan penimbangan massa bahan. Selain itu, kondisi cuaca yang sedang hujan saat pengambilan data juga mempengaruhi *temperatur* lingkungan dan kelembapan sehingga kenaikan *temperatur* tiap waktu tidak terlalu tinggi dan hal itu sangat berpengaruh pada penurunan susut bobot.

Pengukuran susut bobot dilakukan dengan menimbang berat awal dan berat kering lada hitam setelah proses pengeringan dengan menggunakan timbangan digital.

4.2.1. Bobot akhir bahan yang diuji

Selama proses pengeringan akan menyebabkan susut pasca panen seperti susut fisik yang diukur dengan berat. Berdasarkan perhitungan SNI 4412-2011 pada persamaan (3.1) yang disajikan pada lampiran (6) hasil perhitungan bobot akhir bahan yang diuji (W_2) lada hitam sebesar 31,29 kg selama proses pengeringan 26 jam. Dikarenakan suhu alat pengering *portable dryer house* ini dapat mengoptimalkan penyinaran matahari dan suhu yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan sehingga air dalam bahan terus menguap dengan cepat maka akan mempengaruhi berat bahan pangan yang diakibatkan oleh suhu dalam ruang pengering yang semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tanggasari, (2014) yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu udara pemanas maka semakin cepat bahan mengalami penurunan. Hal ini akan mendorong semakin cepatnya proses pemindahan atau penguapan air sehingga waktu pengeringan akan menjadi lebih singkat.

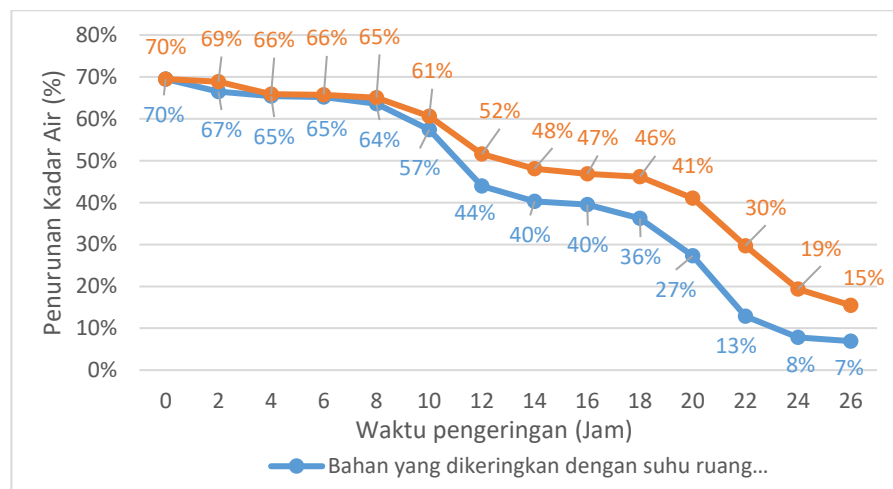
4.2.2. Penurunan bobot per jam

Berdasarkan perhitungan sesuai SNI 4412-2011 pada persamaan (3.2) yang disajikan pada lampiran (6) penurunan bobot per jam lada hitam sebesar 2,54 kg/jam. Hal ini dikarenakan pada awal pengeringan kandungan air yang terkandung didalam lada hitam masih banyak, sehingga penurunan terjadi secara cepat dan akan lambat pada saat kadar air yang terkandung didalam lada hitam tinggal sedikit. Pada pengeringan menggunakan alat pengering bobot lada hitam dicapai lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan dengan suhu lingkungan, karena suhu yang digunakan pada alat pengering lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rahmawan, (2001) makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering makin cepat pula laju pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering, makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa air yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Menurut Muljoharo (1987) dalam Dwi (2008) yang menyatakan bahwa semakin tebal suatu bahan yang dikeringkan, maka semakin lama waktu pengeringannya. Karena, jarak

yang ditempuh oleh panas untuk masuk kebagian dalam bahan sekaligus menguapkannya menuju permukaan bahan jadi menurun.

4.4. Pengamatan kadar air

Kadar air memegang peran penting, terlebih jika lada hitam kering akan disimpan dalam waktu yang lama. Semakin rendahnya kadar airnya maka akan semakin baik dan tahan lama dalam penyimpanan (Tamaheang *et al.*, 2017). Pengukuran kadar air menggunakan analisis termogravimetri atau analisis gravimetri termal adalah metode analisis termal dimana massa sampel diukur dari waktu ke waktu seiring perubahan suhu dengan menguapkan air dalam bahan dengan menggunakan energi panas kemudian di timbang. Penurunan kadar air yang disajikan pada grafik 4.3.



Grafik 4. 3. Penurunan kadar air

Kadar air mengalami penurunan lebih cepat dengan semakin tingginya suhu pengeringan. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat pindah panas dan penguapan air dan bahan pangan. Menurut Estiasih, (2009) semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan dari bahan pangan. Semakin berkurangnya bobot pada bahan menunjukkan bahwa kadar air yang tersisa semakin sedikit.

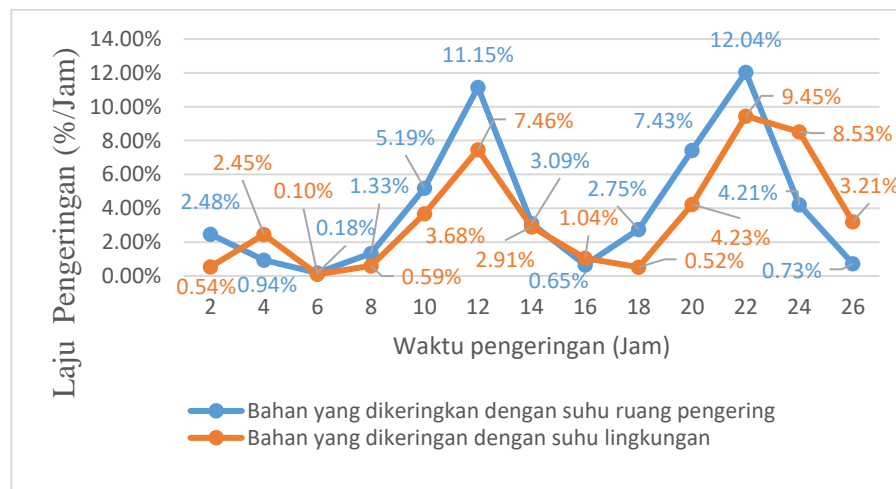
Proses pengeringan dengan waktu 26 jam dari kadar air awal 70% hingga mencapai kadar sampai dengan 7% , sementara pengeringan luar ruangan hanya mencapai 15% dari 70% kadar air. Suhu lingkungan mencapai 25,95 – 38,04⁰C dan suhu pengeringan dalam ruangan 25.32 – 57.65⁰C. Serta kecepatan *exhaust fan* rata-rata 4,92 m/s dari 10 kali pengulangan, sehingga data penelitian ini menyatakan tidak hanya suhu yang mempengaruhi penurunan kadar air namun kecepatan udara mempengaruhi penurunan kadar air dalam proses pengeringan. Penurunan kadar air terlihat pada grafik 4.3 semakin menurun signifikan dengan bertambahnya waktu pengeringan hingga mencapai kadar air akhir 7% *wet basis* (berdasarkan bobot basah). Hal ini disebabkan pengeringan menggunakan alat *portable dryer house* dapat mengoptimalkan intensitas penyinaran matahari sehingga suhu yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan suhu lingkungan. Nurcahyono, *et al.*, (2015) menyatakan bahwa kadar air mengalami penurunan dengan semakin tingginya suhu pengeringan. Semakin tipis bahan yang dikeringkan maka semakin cepat penurunan kadar airnya hal ini dikarenakan air yang terkandung didalam bahan mudah teruapkan dari bahan. Sesuai SNI 01-0004-1995 dan SNI 01-0005-2013 Lada hitam harus dikeringkan sampai dengan kadar air 12%-14%, sementara dari grafik penurunan kadar air dapat dilihat penurunan kadar air hingga 13% hanya membutuhkan waktu selama 22 jam, hal ini sesuai dengan SNI 01-0004-1995 dan SNI 01-0005-2013 masuk pada mutu I.

Pada saat proses pengeringan, tekanan uap air didalam bahan lebih besar dibandingkan dengan tekanan uap air didalam bahan. Hal ini menyebabkan air yang ada dalam bahan menguap, sehingga terjadi perpindahan massa uap air dari bahan ke udara. Pada tahap berikutnya, terjadi perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan secara difusi sehingga penurunan kadar air bahan berlangsung lambat. Proses ini berlangsung sampai massa bahan konstan sehingga di peroleh kadar air kesimbangan. Pengeringan dengan suhu semakin tinggi maka waktu yang diperlukan untuk proses pengeringan semakin cepat dan kadar air bahan semakin rendah, sebaliknya semakin tebal suatu bahan maka waktu yang diperlukan untuk pengeringan semakin lama dan kadar air yang dihasilkan semakin tinggi. Pada pengeringan menggunakan alat pengering *portable dryer house* didapatkan kadar air akhir 7%, sedangkan pengeringan

dengan suhu lingkungan menghasilkan kadar air akhir 15%. Perlakuan pengeringan dalam penelitian ini tidak memberikan pengaruh yang konsisten terhadap penurunan kadar air akhir yang dihasilkan. Hal ini disebabkan suhu matahari yang tidak stabil dan waktu pengeringan yang dibutuhkan tidak sama. Menurut Sagita, (2013) pada pengeringan menggunakan alat pengering, adanya kondisi ketidak stabilan suhu alat pengering pada saat pengeringan. Selain itu waktu pengeringan yang berbeda pada saat pengeringan dengan alat pengering mempengaruhi ketidak konsistenan. Hal ini sesuai menurut Brooker, *et al.*, (1981) kadar air akan semakin menurun apabila suhu ruang pengering semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena pada ruang pengering dengan kondisi suhu yang tinggi akan memiliki kelembaban relatif yang rendah sehingga laju penguapan akan semakin banyak dan lebih besar.

4.5. Laju pengeringan

Laju pengeringan adalah banyaknya jumlah air yang diuapkan dari dalam bahan per satuan waktu. Besarnya laju pengeringan dipengaruhi oleh penurunan massa lauda hitam yang dikeringkan, yang secara tidak langsung juga di pengaruhi oleh suhu udara pada ruang pengering. Nilai laju pengeringan dalam analisis ini menggunakan kadar air basis basah dengan satuan persen dan waktu pengeringan yang digunakan memiliki satuan jam. Analisis nilai laju pengeringan disajikan dalam grafik 4.3.



Grafik 4. 4. Laju pengeringan

Berdasarkan grafik 4.4 menunjukkan bahwa laju pengeringan pada bahan yang dikeringkan disuhu ruang mengalami peningkatan lalu mengalami penurunan terhadap waktu. Laju pengeringan yang menurun menjelaskan bahwa air dalam bahan masih berpotensi untuk mengalami penguapan selama periode akhir pengeringan, hal tersebut terjadi sebab selama proses pengeringan, selain adanya air bebas yang cenderung lebih mudah menguap pada hari kedua dan ketiga pengeringan. Menurut Humair (2014) air yang terikat yaitu air yang sulit untuk bergerak naik kepermukaan bahan selama pengeringan sehingga laju penguapan air semakin lama semakin menurun.

Laju pengeringan pada bahan yang dikeringkan menggunakan suhu lingkungan tidak terlalu meningkat dibandingkan pengeringan dengan suhu ruang, dikarenakan kelembaban yang tinggi dan suhu lingkungan yang rendah. Menurut Brek, Z (2018) dalam Ridhatullah I *et al.* (2019) faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan terdapat dua faktor, yaitu faktor internal seperti seperti bentuk atau ukuran bahan, dan faktor eksternal seperti suhu, kelembaban, kecepatan udara, dan arah udara.

Berdasarkan grafik 4.4 terlihat laju pengeringan mengalami peningkatan menuju puncak laju pengeringan maksimum, laju pengeringan maksimum mencapai 12.04%/Jam. Pada laju pengeringan maksimum permukaan bahan akan selalu basah sehingga laju pengeringan akan konstan, dimana periode konstan terjadi bila air pada permukaan adalah air jenuh, lalu kondisi pengeringan seperti suhu, kelembaban dan kecepatan udara adalah konstan, dan konveksi menuju permukaan bahan hanya dari udara kering. Brek, Z (2018) dalam Ridhatullah I *et al.* (2019).

Proses pengeringan selama 26 jam dimana laju pengeringan meningkat seiring berkurangnya air pada bahan. Laju pengeringan yang terjadi selama proses pengeringan adalah laju pengeringan meningkat dan laju pengeringan menurun. Kecenderungan bahan mengalami penurunan kadar air lebih besar selama proses pengeringan hal ini dipengaruhi oleh suhu pengeringan yang besar juga, sehingga mempengaruhi besarnya penurunan laju pengeringan ditunjukkan pengeringan selama

periode awal pengeringan, dimana tingkat penurunan laju pengeringannya lebih besar dibandingkan dengan pengeringan diluar ruang pengering.

Rak yang memiliki suhu tinggi dan mampu menguapkan kandungan air dalam lada hitam lebih besar akan menghasilkan laju pengeringan yang tinggi. Perlakuan *ekshhaust fan* yang menghasilkan laju pengeringan yang lebih besar adalah dengan menggunakan 3 *exhaust fan* berkecepatan rata-rata 4,9 m/s dari sepuluh kali pengulangan. Menurut Dwika *et al.* (2012), bertambahnya kecepatan udara pengering meningkatkan difusi panas udara yang digunakan pada proses pengeringan ke dalam butiran-butiran bahan sehingga akan meningkatkan jumlah air yang diuapkan. Menurut penelitian Djaeni *et al.* (2012), pada penelitiannya menggunakan kecepatan udara pengeringan 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s dan 14 m/s pada penggunaan kecepatan aliran udara tertinggi yaitu 14 m/s dimana kondisi awal kelembaban relatif (RH) berada pada 70% dan setelah melalui kolom zenolit terjadi penurunan hingga mencapai RH terendah dalam perlakuan yaitu 15%, hal tersebut menunjukkan penurunan kelembaban relatif dengan cepat dengan penggunaan laju aliran yang tinggi karena meningkatkan koefisien perpindahan massa yang tinggi antara udara dan zenolit. Penelitian tersebut mendukung hasil yang diperoleh oleh penelitian pengeringan dengan alat pengering *portable dryer house*. Ditinjau dari kondisi kelembaban relatif ruang pengering yang ditunjukkan dari data lampiran 1. Berat lada hitam yang rendah disebabkan oleh besarnya transfer massa uap air dari bahan ke udara hal tersebut salah satunya dipengaruhi oleh nilai kelembaban relatif (RH).

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa laju pengeringan akan semakin meningkat dan menurun seiring bertambahnya lama waktu pengeringan. Pengeringan yang menurun menjelaskan bahwa air dalam bahan masih berpotensi untuk mengalami penguapan selama periode akhir pengeringan.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Suhu tertinggi yaitu sebesar 57.49°C , pada masing-masing *tray* dengan nilai suhu terendah sebesar 25.32°C . Sementara pada suhu luar yang tertinggi, dengan suhu 38.04°C dan suhu terendah 25.95°C .
2. Pada grafik laju pengeringan dapat dilihat perbandingan antara pengeringan dalam alat dan pengeringan di luar alat hal ini menunjukkan bahwa suhu mempengaruhi laju pengeringan, semakin besar suhu maka semakin cepat laju pengeringan. Laju pengeringan tertinggi selama proses pengeringan 26 jam yaitu sebesar $12,04\%/Jam$ tepatnya pada jam 12.00 WIB hari ketiga pengeringan lada hitam.

5.2. Saran

1. Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi calon pengguna untuk menggunakan alat pengering ini untuk mengeringkan komoditi hasil pertanian.
2. Dibutuhkan penelitian lanjutan untuk mendapatkan metode yang dapat mengetahui nilai efisiensi pengeringan sehinggameningkatkan kinerja pada alat pengering ini.
3. Penelitian ini dijadikan sebuah acuan bagi mahasiswa untuk meneliti lebih lanjut mengenai kinerja pada alat pengering ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, N. (2015). Rancang Bangun Alat Pengering Surya Teknologi Dual (Uji Kinerja Alat Pengering Surya Teknologi Fotovoltaik Termal Ditinjau dari Konsumsi Energi Spesifik pada Pengeringan Kerupuk) (*Doctoral dissertation*, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Anonim. 2020. *Solar Dryer Dome*, Inovasi Pengering Hasil Pertanian. Dinas Pertanian Kabupaten Cilacap.
- Aziz, A. 2008. Karakteristik Pengering Surya (*Solar Dryer*) Menggunakan Rak Bertingkat Jenis Pemanasan Langsung Dengan Penyimpan Panas Dan Tanpa Penyimpan Panas. Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo dan Petro Kimia.
- Aziz, A., Surya, A., & Mainil, R. I. 2018. Pengujian Pengering Tenaga Surya Tipe Pemanasan Langsung Dengan Untuk Pengeringan Pisang Pada Kondisi Berbeda. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 18(2), 82-90.
- Basri. 2017. Efisiensi Pengeringan Produk Menggunakan Pengering Surya *Type Down Draft*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo. Kendari
- Bennamound, L. 2013. Improving Solar Dryers' Performances Using Design and Thermal Heat Storage. *Food Engineering*, 5: 230-248
- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema and C.W. Hall. 1974. *Drying Cereal Grains*. The AVI Pub. Co. Inc. Westport. Connecticut.
- Burlian, F., dan Aneka, F. 2011. Kajian Eksperimental Alat Pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box Menggunakan Konsentrator Cermin Datar. *Prosiding Seminar Nasional*, 3: 95-109.
- Chan, Y., & Darius, A. (2018). Analisis Pengeringan Sohun dengan Mesin Pengering Hybrid Tipe Konveyor Otomatis. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 4(2), 39-42.
- Djaeni, M., A., Prasetyaningrum, A., Mahayana. 2012. Pengeringan Karaginan Dari Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Pada Spray Dryer Menggunakan Udara Yang Didehumidifikasi Dengan Zeolit Alam Tinjauan: Kualitas Produk Dan Efisiensi Energi. *Jurnal Momentum*, 8(2): 28-34
- Dwi, M. 2008. Mempelajari Pengeringan Chip Berbahan Campuran Ubi Kayu dan Ubi Jalar dengan Ketebalan yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Lampung.

- Dwika, R., Trisna, C., Setia, B. 2012. Pengaruh Suhu Dan Laju Alir Udara Pengeriing Pada Pengeriingan Karanginan Menggunakan Teknologi *Spray Dryer*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1): 298-304.
- Hartuti, N. dan R. M. Sinag. 1993. Pengaruh Bahan Pencelup dan Tingkat Kematangan Terhadap Mutu Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*) Kering. *Buletin Penelitian Hortikultura*. Vol. XXV No.2: 1-13.
- Hasibuan, R., & Ridhatullah, M. A. (2019). Pengaruh ketebalan bahan dan jumlah desikan terhadap laju pengeringan jahe (*Zingiber officinale roscoe*) pada pengering kombinasi surya dan desikan. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 61-66.
- Henderson, S. M., & Perry, R. L. 1976. *Agricultural Process Engineering*. The AVI Publ. Co. Inc, Wesport, Connecticut, USA.
- Martini, E., Murad, M., dan Putra, G. M. D. 2017. Modifikasi dan Uji Performansi Alat Pengeriing Hybird (Surya-Biomassa) tipe rak. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, Vol.5 No.1, Hal. 339-347.
- Napitupulu, F., Dan Putra, M.T. 2012. Perancangan Dan Pengujian Alat Pengeriing Kakao Dengan Tipe *Cabinet Dryer* Untuk Kapasitas 7,5 Kg Per-Siklus. *Jurnal Dinamis*, 2: 8-18
- Nurchayono, I. D., dan Elok, Z. 2015. Pengaruh Konsentrasi *Carboxymethyl Cellulose* Sebagai *Edible Coating* dan Suhu Pengeriingan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Wortel Kering Instan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 3 No. 2. Halaman 76-85
- Oktaviana, P. 2010. Kajian Kadar Kurkuminoid, Total Fenol Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb.*) Pada Berbagai Teknik Pengeriingan Dan Proporsi Pelarutan. *Skripsi*. Jurusan Teknologo Hasil Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Yogyakarta : Erlangga
- Rachmawan, O. 2001. *Pengeriingan, Pendinginan, dan Pengemasan Komoditas Pertanian*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Sagita, A. 2013. Hubungan Penyusutan dengan Karakteristik Pengeriing Lapisan Tipis Simpilisia Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb.*). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.

- Sakka, A., Lukas, K., Budiman, S. 2018. Analisa Perpindahan Panas pada Alat Pengering Pisang Tipe Rak Kombinasi Tenaga Surya dan Biomassa. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3(4): 1-9.
- Siallagan, B. 2009. Kajian proses pengeringan kemoreaksi jahe dengan kapur api (CaO). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siagian, H. F. 2009. Penggunaan Bahan Penjerat Etilen Pada Penyimpanan Pisang Barangan dengan Kemasan Atmosfer Termodifikasi Aktif. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sari, L. J. 2019. Uji Performansi Alat Pengering Gabah Tipe DMP-1 Dengan Penambahan Batu Alor Hitam Pada Ruang Kolektor Dan Ruang Pengering Sebagai Penyimpan Panas. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5 (3), 257-264.
- Takahashi, M., Ohshiro, M., Onho, S., Yonamine, K., Arakaki, M., & Wada, K. 2017. Effects Of Solar and Oven-Drying On Physicochemical and Antioxidant Characteristics Of Hihatsumodoki (*Piper Retrofractum Vahl*) Fruit. *Journal Of Food Processing and Preservation*, 42 (2), 1-9.
- Tanggasari, Devi, 2014. Sifat Teknik dan Karakteristik Pengering Biji Jagung (*Zea Mays L.*) Pada Alat Pengering *Fluidized Beds*. *Skripsi*. Program Studi Teknik Pertanian. Universitas Mataram
- Tamaheang, T., Makapedua, D. M., dan Berhimpon, S. 2017. Kualitas Rumput Laut Merah (*Kappaphycus Alvarezii*) Dengan Metode Pengeringan Sinar Matahari dan Cabinet Dryer, Serta Rendemen Semi-Refined Carrageenan (SRC). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(2), 58-63.
- Taufiq, M. 2004. Pengaruh Temperatur terhadap Laju Pengeringan Jagung pada Pengering Konvensional dan *Fluidized Bed*. *Skripsi*. Jurusan Teknik, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2007. Taksonomi Tumbuhan (*Spermatophyta*), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Winarno, F. G. dan M. Aman, 1981. Fisiologi Lepas Panen. Jakarta : Sastra Hudaya.
- Zamharir, Z., Sukmawaty, S., & Priyati, A. 2016. Analisis Pemanfaatan Energi Panas pada Pengeringan Bawang Merah (*Allium ascalonicum L.*) dengan menggunakan Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 4(2), 264-274.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data suhu

Waktu (Jam)	Suhu tray tiap titik (°C)									suhu lingkungan (°C)	kelembaban lingkungan (%)	kelembaban ruang pengering (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0	28.40	31.00	32.00	35.20	27.80	31.50	32.80	35.00	27.90	27.10	73.00	66.83
2	32.91	36.01	35.95	37.03	33.17	37.51	37.51	37.34	35.74	31.68	60.00	57.22
4	31.06	30.35	30.57	29.39	31.20	30.08	30.19	29.32	29.42	29.44	69.75	68.61
6	28.30	25.79	26.13	25.32	28.26	25.77	26.13	25.47	27.98	25.95	86.00	86.80
8	37.75	49.07	45.80	49.44	38.06	49.33	49.55	49.98	37.55	31.81	43.00	47.71
10	39.30	49.60	47.24	50.33	40.62	50.22	52.82	51.71	40.55	33.25	43.50	40.20
12	42.00	52.94	54.02	56.05	42.00	56.72	57.49	53.88	49.92	35.34	48.00	26.60
14	39.79	40.20	41.12	41.38	39.89	42.05	42.14	40.66	39.11	31.80	68.50	36.38
16	30.81	30.94	32.23	31.36	31.03	31.14	31.94	31.14	30.55	27.76	82.00	60.63
18	29.52	28.35	27.83	27.13	29.67	28.31	28.01	27.17	27.33	26.27	96.00	72.42
20	37.54	46.19	46.14	46.04	44.00	47.59	47.48	44.20	42.66	30.95	59.00	36.00
22	41.96	52.91	52.52	54.94	56.59	55.42	55.56	52.20	49.41	32.22	50.25	27.13
24	53.60	53.89	53.55	56.15	57.08	56.29	56.53	53.23	53.55	38.04	33.20	22.58
26	49.13	49.14	51.26	50.06	51.90	51.23	51.58	51.55	49.12	34.94	38.55	24.40

Lampiran 2. Data penurunan bobot

Waktu (Jam)	Sampel Pengeringan	
	Suhu Ruang Pengering (gr)	Suhu Lingkungan (gr)
0	69.50	69.02
2	66.53	68.37
4	65.40	65.43
6	65.22	65.31
8	65.19	64.6
10	63.59	60.19
12	57.37	51.24
14	43.95	47.75
16	40.33	46.5
18	39.51	45.88
20	36.21	40.8
22	27.30	29.46
24	12.85	19.23
26	7.80	15.38

Lampiran 3. Data laju pengeringan

Waktu (Jam)	RERATA LAJU PENGERINGAN (%/Jam)	
	Pengeringan Ruang Pengeri	Pengeringan Suhu Lingkungan
0	0.00%	0.00%
2	2.48%	0.54%
4	0.94%	2.45%
6	0.18%	0.10%
8	1.33%	0.59%
10	5.19%	3.68%
12	11.15%	7.46%
14	3.09%	2.91%
16	0.65%	1.04%
18	2.75%	0.52%
20	7.43%	4.23%
22	12.04%	9.45%
24	4.21%	8.53%
26	0.73%	3.21%

Lampiran 4. Analisis sampel

1. Kerapatan curah bahan

Kondisi	Ulangan	Volume (ml)	Massa (gram)	Kecepatan Curah (kg/m ³)	Rata-rata
Awal	1	25	14,84	593,8	585,53
	2	25	14,36	574,6	
	3	25	14,70	588,2	
Akhir	1	25	11,65	466	468,13
	2	25	11,75	470	
	3	25	11,71	468,4	

2. Kebersihan bahan

Kondisi	Ulangan	Bobot Sampel (gram)	Massa (gram)	Massa Kotoran (gram)	Kebersihan (%)	Rata-rata
Awal	1	20,08	20,04	0,04	99,80	99,83
	2	20,00	19,98	0,02	99,89	
	3	20,00	19,96	0,04	99,88	
Akhir	1	20,04	20,02	0,02	99,90	99,88
	2	20,02	19,99	0,03	99,85	
	3	20,02	20,00	0,03	99,90	

Lampiran 5. Kecepatan *exhaust fan*

kecepatan aliran udara *exhaust fan*

Ulangan	Kecepatan Aliran Udara Panas (m/s)	Debit udara (m ³ /s)
1	5,30	0,26
3	5,20	0,26
4	4,70	0,23
5	4,80	0,24
6	4,90	0,24
7	5,20	0,26
8	5,10	0,25
9	4,30	0,21
10	4,80	0,24
Rarata	4,92	0,24

Lampiran 6. Perhitungan penurunan susut bobot

Penurunan bobot akhir :

$$W_2 = \frac{W_1(100 - MC_1)}{(100 - MC_2)}$$

Keterangan	Nilai	Satuan
W_1 : Bobot awal yang diuji	97,40	Kg
MC_1 : Kadar air awal	70	%
MC_2 : Kadar air akhir	7	%

$$W_2 = \frac{97,40(100 - 70 \%)}{(100 - 7\%)}$$

$$W_2 = 31,29 \text{ Kg}$$

Penurunan bobot perjam :

$$\text{Bobot} = \frac{\text{bobot awal bahan uji} - \text{bobot akhir bahan uji}}{\text{waktu pengeringan aktual}}$$

Keterangan	Nilai	Satuan
Bobot awal yang diuji	97,40	Kg
Bobot akhir yang di uji	31,29	Kg
Waktu pengeringan	26	Jam

$$\text{Bobot} = \frac{97,40 \text{ Kg} - 31,29 \text{ Kg}}{26}$$

$$\text{Bobot} = 2,54 \text{ Kg/Jam}$$