

**KINERJA MESIN PENGERING TIPE RAK MENGGUNKAN
SAGU DENGAN MEKANISME HIBRID BERBASIS WAKTU**

**SULEHA
G411 16 016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**KINERJA MESIN PENGERING TIPE RAK MENGGUNAKAN
SAGU DENGAN MEKANISME HIBRID BERBASIS WAKTU**

**SULEHA
G411 160 16**



Skripsi
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian
Pada
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**KINERJA MESIN PENERING TIPE RAK MENGGUNAKAN
SAGU DENGAN MEKANISME HIBRID BERBASIS WAKTU**

Disusun dan diajukan oleh

SULEHA

G411 160 16

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 04 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Abdul Waris, MI
NIP. 19601101 198903 1 002



Dr. Abdul Azis, STP, M.Si
NIP. 19821209 201212 1 004

Ketua Program Studi Teknik Pertanian



Diyah Yumeina, S. TP., M.Agr., Ph.D
NIP. 19810129 200912 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suleha

NIM : G411 16 016

Program Studi : Teknik Pertanian

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Kinerja Mesin Pengering Tipe Rak Menggunakan Sagu dengan Mekanisme *Hybrid* Berbasis Waktu adalah Karya Saya Sendiri dan Tidak Melanggar Hak Cipta Pihak Lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 04 Agustus 2023
Yang Menyatakan


(Suleha)

ABSTRAK

SULEHA (G41116016). Kinerja Mesin Pengering Tipe Rak Menggunakan Sagu dengan Mekanisme *Hybrid* Berbasis Waktu dengan Pembimbing: ABDUL WARIS dan ABDUL AZIS.

Pengeringan tepung sagu basah dapat dilakukan secara konvensional maupun dengan menggunakan alat pengeringan. Adapun jenis alat pengering tepung sagu yang dapat digunakan adalah mesin pengering tipe rak. Saat ini, telah dirancang mesin pengering tipe rak bertenaga listrik yang dilengkapi mekanisme hibrid berbasis RH, waktu tetap dan waktu berubah. Untuk melihat bagaimana tingkat efisiensi mesin pengering tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini untuk mengetahui bagaimana penerapan sistem *hybrid* berbasis waktu pada mesin pengering tipe rak berkapasitas kecil. Metode penelitian meliputi uji kinerja mesin dengan daya 500 Watt, *setting point* 60 °C dan metode *hybrid* berbasis waktu tetap yaitu waktu 30 menit sebagai *oven* dan 60 menit sebagai *dryer*. Serangkaian ujian dilakukan dengan menggunakan sagu 0,5 kg. Hasil dari penelitian pada pengeringan *hybrid* adalah *settling time* pendek (20 menit) dan tidak mengalami *overshoot*. Sedangkan pada pengeringan *non-hybrid* tidak mencapai *setting point* sampai pengeringan selesai. Pada pengeringan *hybrid* didapatkan hasil yaitu kadar air awal 36,15%, rata-rata laju pengeringan 0,096408 g.H₂O/kg.h, dan efisiensi pengeringan antara oven dan *drayer* 11,46%. Pada pengeringan *non-hybrid* didapatkan hasil yaitu kadar air 43 sampai 13%, rata-rata laju pengeringan 0,099729 g.H₂O/kg.h, dan efisiensi pengeringan 12,89%. Penggunaan energi listrik pada proses pengeringan *hybrid* lebih hemat dibanding dengan pengeringan *non-hybrid*, dengan penghematan sebesar 35,26%.

Kata Kunci: Kinerja, sagu, Pengeringan.

ABSTRACT

SULEHA (G41116016). *Performance of a Rack-Type Drying machine using sago with a Timed-Based Hybrid Mechanism. Supervisors: ABDUL WARIS dan ABDUL AZIS.*

Drying of wet sago flour can be done conventionally or by using a drying tool. The type of sago flour dryer that can be used is a rack type dryer. At present, an electric powered rack type dryer has been designed which is equipped with a hybrid mechanism based on RH, fixed time and changing time. To see how the level of efficiency of the dryer is, this research was carried out to find out how to apply a time-based hybrid system to a small capacity rack type dryer. The research method includes testing the performance of the machine with a power of 500 Watt, setting point of 60 °C and a fixed time-based hybrid method, namely 30 minutes as an oven and 60 minutes as a dryer. A series of tests were carried out using ant sago from 0.5 kg. The results of research on hybrid drying are short settling time (20 minutes) and no overshoot. Whereas in non-hybrid drying it does not reach the setting point until drying is complete. In hybrid drying, the results obtained were initial moisture content of 36.15%, average drying rate of 0.096408 g.H₂O/kg.h, and drying efficiency between oven and dryer 11.46%. In non-hybrid drying, the results obtained were 43 to 13% moisture content, an average drying rate of 0.099729 g.H₂O/kg.h, and a drying efficiency of 12.89%. The use of electrical energy in the hybrid drying process is more efficient than non-hybrid drying, with a saving of 35.26%.

Keyword: *Performance, sago, Drying.*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **Kinerja Mesin Pengering Tipe Rak Menggunakan Sagu Dengan Mekanisme Hibrid Berbasis Waktu**. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. **Ayahanda SUDIR** dan **Ibunda SAENAB** serta **ADIK** saya terima kasih atas setiap doa, kasih dan sayang yang tulus serta dukungan baik berupa moral maupun materi, hingga penulis mampu mencapai tahap ini.
2. **Dr. ir. Abdul Waris, MT.** dan **Dr. Abdul Azis, S.TP., M.Si.** sebagai dosen pembimbing atas kesabaran dalam memberikan ilmu, petunjuk, saran, kritikan dan arahan dari penyusunan proposal, penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
3. **Dr. Suhardi, STP, MP** Dan **Dr. Ir. Iqbal, STP, M,Si., IPM.** sebagai dosen penguji yang banyak membantu, serta memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. **Ayu, Ayla, Kris, Kak Suci, Kak Vilga, Dek Azisa dan Kak Frida** yang telah banyak memberikan dukungan serta bantuan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi.

Makassar, 04 Agustus 2023

Suleha

RIWAYAT HIDUP



Suleha lahir di Padang Sappa pada tanggal 12 April 1998 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Sudir dan ibu Saenab. Penulis menempuh pendidikan formal pertama pada tingkat sekolah dasar yaitu di SDN 57 Padang Sappa, Luwu pada tahun 2004-2010. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Bua Ponrang pada tahun 2010-2013. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Bua Ponrang pada tahun 2013-2016. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa di Program Studi Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2016.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin, penulis aktif dalam bidang akademik dengan mengikuti seminar, menjadi asisten Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan (TPHP) dalam arahan *Agriculture Engineering Study Club* (AESC). dan organisasi kampus yaitu sebagai pengurus Ikatan Mahasiswa Bidikmisi (IKAB) dan di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2018/2019. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Juli 2019, di Kabupaten Bantaeng.

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACK	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Kegunaan	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengeringan.....	4
2.2. Pengering Tipe Rak (<i>Tray Drayer</i>).....	4
2.3. Sagu	6
2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan.....	7
3. METODE PENELITIAN.....	10
3.1. Waktu Dan Tempat	10
3.2. Alat dan Bahan	10
3.3. Spesifikasi Alat	10
3.4. Prosedur Penelitian	11
3.5. Bagan Air Penelitian	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1. Suhu udara	16

4.2. Kadar Air	17
4.3. Laju pengeringan.....	19
4.4. Konsumsi energi listrik.....	19
4.5. Efisiensi Penggunaan energi listrik.....	20
5. KESIMPULAN	22
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema alat pengering tipe rak.....	5
Gambar 2. Spesiikasi Alat	10
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian	15
Gambar 4. Respon transient suhu udara pengering.....	16
Gambar 5. Suhu udara pengering selama proses pengeringan.....	16
Gambar 6. Penurunan kadar air (%bb) selama 6 jam pengeringan	17
Gambar 7. Laju pengeringan selama proses pengeringan.....	19
Gambar 8. Konsumsi energi listrik selama pengeringan	19
Gambar 9. Menyiapkan bahan.....	37
Gambar 10. Menimbang bahan	37
Gambar 11. Menimbang sampel.....	37
Gambar 12. Memasukkan bahan ke dalam alat pengering.....	37
Gambar 13. Menimbang berat kering sampel.....	38
Gambar 14. Menimbang berat kering bahan.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Respon Dinamis Suhu	24
Lampiran 2. Respon Statis Suhu Pengering	25
Lampiran 3. Berat Hasil Pengeringan Hibrid	25
Lampiran 4. Berat Hasil Pengeringan non hibrid	26
Lampiran 5. Berat sampel Selama prose pengeringan hibrid.....	27
Lampiran 6. Berat sampel selama proses pengeringan non hibrid	27
Lampiran 7. Laju pengeringan rata-rata pada proses pengeringan.	28
Lampiran 8. Tabel pengukuran kadar air	28
Lampiran 9. Tabel, suhu, daya dan energi pada proses pengeringan	29
Lampiran 10. Perhitungan penghematan energy listrik	29
Lampiran 11. Tabel sifat udara	29
Lampiran 12. Hasil pengukuran keceptan udara dan luas penampang udara pengering	29
Lampiran 13. Perhitungan energi udara pengering	30
Lampiran 14. Panas laten penguapan pada suhu 60 °C	31
Lampiran 15. Pehitungan energi yang uapkan untuk pengeringan.....	31
Lampiran 16. Perhitungan efesiensi mesin pada pengeringan	32
Lampiran 17. Dokumentasi penelitian.....	37

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tepung sagu dikenal sebagai bahan pangan yang cukup potensial. Dalam pengolahan bahan pangan dapat menjadi berbagai macam produk makanan. Selain itu, sagu juga dimanfaatkan sebagai bahan baku seperti industri kosmetika, industri perekat, maupun industri lainnya. Pada umumnya pemanfaatan tepung sagu sendiri, khususnya di daerah Palopo Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan, masih dalam bentuk makanan tradisional misalnya kapurung.

Pengolahan tepung sagu menjadi berbagai macam jenis produk umumnya akan melalui suatu proses yang cukup penting dalam pengolahan bahan pangan ini, yaitu pengeringan. Secara umum, pengeringan dapat diartikan sebagai salah satu proses penurunan kadar air bahan dengan menggunakan energi panas. Tujuan proses pengeringan itu sendiri ialah untuk mengurangi kadar air bahan yang berlebihan. Dalam pertahanan mutu, pengeringan berperan dalam menekan kerusakan akibat jasad renik (mikro organisme) dan dapat memperpanjang daya simpan (Rahman dkk, 2017).

Adapun pengeringan yang paling umum dilakukan untuk tepung sagu ialah pengeringan langsung oleh sinar matahari (penjemuran) yang biasa dilakukan oleh masyarakat sehingga tidak memerlukan biaya yang mahal untuk pemanfaatannya. Akan tetapi, proses penjemuran ini masih memiliki banyak kekurangan seperti proses pengeringannya masih bergantung pada kondisi cuaca. Selain itu, bahan yang dikeringkan akan mudah terkontaminasi debu dan kotoran. Proses penjemuran ini juga membutuhkan tempat yang luas dan terkadang banyak hasil penjemuran yang tercecer. Untuk itu perlu dilakukan pengeringan buatan yang merupakan pengeringan dengan menggunakan teknologi mekanis.

Salah satu jenis mesin pengering yang umum digunakan ialah jenis pengering tipe rak. Mesin pengering tipe rak ini umumnya digunakan untuk mengeringkan berbagai macam bahan rempah-rempah, seperti jahe, lengkuas kunyit, dan tepung-tepungan seperti sagu. Adapun kelebihan dari mesin pengering tipe rak yaitu tidak banyak menggunakan tempat bila dibandingkan dengan penjemuran secara langsung, serta kebersihannya pun tetap terjaga. Namun mesin pengering tipe rak

memiliki kekurangan yaitu memiliki efisiensi yang cukup rendah karena banyak membuang panas (Jhondri, 2017).

Oleh karena itu telah dirancang dan dibangun mesin pengering tipe rak bertenaga listrik yang dilengkapi mekanisme hibrid berbasis RH, waktu tetap dan waktu berubah oleh staf dosen Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin dengan tujuan meningkatkan efisiensi. Namun belum diketahui kinerja mesin pengering tersebut apabila menggunakan mesin pada pengering kapasitas kecil.

Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilakukan uji kinerja penerapan mekanisme hibrid berbasis waktu tetap pada mesin pengering kapasitas 3kg dengan menggunakan sagu segar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana respon (statis, dinamis, suhu udara pengering) selama proses pengeringan ?
2. Belum diketahui efisiensi mesin pengering tipe rak dalam mengeringkan pati sagu
3. Berapa besar penghemat listrik untuk mengeringkan bahan tepung sagu dengan menggunakan sistem *hybrid* dibandingkan non *hybrid*
4. Bagaimana mutu pati sagu yang telah dikeringkan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bahan yang digunakan sebagai beban ialah sagu segar
2. Suhu yang digunakan 60°C
3. Sistem yang digunakan Fuzzy logic
4. Kadar air pati sagu hasil pengeringan maksimal 13% (SNI)
5. Mesin pengering sagu 3 kg.

1.4 Tujuan dan kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan sistem *hybrid* berbasis waktu pada mesin pengering tipe rak berkapasitas kecil.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi pada perancang untuk perbaikan rancangan mesin pengering tipe rak terkontrol *fuzzy logic*. Serta dapat menjadi sumber informasi yang dapat dimanfaatkan masyarakat untuk mengeringkan tepung sagu dengan menggunakan alat pengering tipe rak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengeringan

Pengeringan adalah proses mengurangi kadar air suatu bahan hingga mencapai titik kesetimbangan dengan menggunakan energi panas. Pengeringan dapat dilakukan secara alami atau (manual) yaitu dengan proses penjemuran sinar matahari langsung maupun dengan cara buatan dengan menggunakan alat bantu seperti mesin pengering (Hardianti dkk, 2017).

Proses pengeringan alami sangat ekonomis akan tetapi memiliki kekurangan yaitu sanitasi yang kurang terjaga sehingga dapat mengalami penurunan kualitas bahan pangan dan pengeringan memakan waktu yang cukup lama dikarenakan proses tersebut sangat tergantung pada kondisi cuaca sapat melakukan pengeringan (Hardiati dkk, 2017).

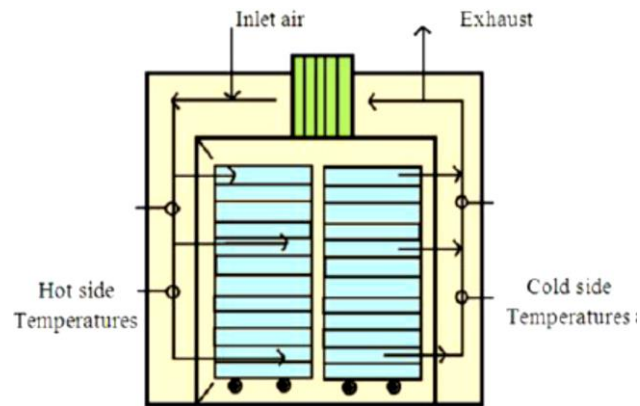
Pengeringan pada umumnya ialah bahan pangan dari produk hasil pertanian mengandung kadar air, kadar air ini yang dapat menyebabkan pembusukkan dan penurunan kualitas jika disimpan terlalu lama. Sehingga hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan dari mikroorganisme. Kadar air dalam suhu bahan dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Maka dari itulah dilakukan proses melalui pengeringan untuk meminimalisir kandungan kadar air pada bahan. Pengeringan ini juga dapat mengurangi tingkat aktivitas air yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang serta menngurangi volume pada bahan pangan (Astuti dan Sri, 2008).

2.2 Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

Tray dryer atau biasa disebut dengan mesin pengering tipe rak merupakan alat pengering yang didalamnya berisi dan tersusun beberapa rak yang digunakan sebagai wadah untuk menampung bahan pangan yang akan dikeringkan. Mesin pengering tipe rak ini digunakan untuk mengeringkan buah-buahan, biji-bijian dan tepung-tepungan. Sirkulasi udara dalam mesin pengering diatur dengan menggunakan kipas, udara akan masuk kedalam alat pemanas dan disalurkan menuju pada wadah penampung bahan. Setelah itu terjadi proses pengeringan

bahan pangan oleh panas yang dibawa udara tersebut pada ruang pengering (Taufik, 2004).

Tray drayer berfungsi sebagai alat untuk mengeringkan bahan-bahan pangan hasil pertanian yang tidak dapat diaduk pada saat proses pengeringan, sehingga hasilnya berupa zat padat kering. Biasanya tipe *Tray Drayer* digunakan sebagai usaha produksi kecil-kecilan.



Gambar 1. Skema alat pengering tipe rak

(Sumber: Brooker, dkk. 1992).

Tray Dryer terdiri dari beberapa komponen utama yaitu blower, pemanas dan nampan. Proses udara panas pada pengeringan menggunakan *tray dryer* berkontak langsung dengan bahan yang dihemparkan di atas *tray*. Sehingga proses pengeringan dimulai saat pemanas menyala dan panas yang dihasilkan akan mengalir melalui udara melintas ke permukaan padatan dengan bantuan blower (Manfaati, dkk. 2019).

Alat pengering yang akan digunakan serta menentukan kondisi pengeringan yang harus diperhitungkan jenis bahan yang akan dikeringkan. Dan juga harus diperhitungkan hasil kering dari bahan yang diinginkan, setiap bahan yang akan dikeringkan kondisinya tidaklah sama pengeringannya, karena ikatan air dan jaringan dari tiap bahan hasilnya akan berbeda-beda. Selanjutnya telah dikemukakan bahwa pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan alat mekanis (pengeringan buatan) akan mendapatkan hasil yang baik bila mana kondisi pengeringan ditentukan dengan tepat dan selama pengeringan dikontrol dengan baik (Taufik, 2004).

2.3 Sagu

Tanaman sagu merupakan salah satu komoditi yang banyak di temui oleh masyarakat indonesia diberbagai daerah seperti Maluku, Irian jaya, dan di Sulawesi. Sagu banyak mengandung karbohidrat yang dapat di manfaatkan sebagai bahan baku industri pangan misalnya dapat diolah menjadi bahan makanan seperti bagaeva, mutiara sagu, kerupuk, kue kering, dan laksa (Harsanto, 1986).

Pengeringan sagu dapat dilakukan dengan cara penjemuran langsung dibawah sinar matahari dan menggunakan alat pengering buatan. Pada pengaeringan sagu dengan cara penjemuran ini tidak memerlukan banyak peralatan, tetapi sangat tergantung pada kondisi cuaca serta terjadi kontaminasi dari debu maupun kotoran sehingga tepung sagu yang dihasilkan tidak murni. Sedangkan pengeringan menggunakan alat pengering buatan yang membutuhkan biaya yang banyak dan mahal untuk pembuatannya. Namun pengoperasiannya tidak tergantung pada kondisi cuaca (Jading, dkk., 2012).

Proses pengeringan merupakan salah satu solusi untuk mengurangi bobot bahan termasuk sagu basah sehingga pengangkutannya lebih mudah, daya simpan lebih lama dan nilainya lebih meningkat. Pengeringan sagu pada daerah yang sulit terjangkau atau daerah terpencil dilakukan dengan cara penjemuran menggunakan sinar matahari tanpa menggunakan mesin buatan, sehingga kuantitas dan kualitas cukup rendah. Hal ini disebabkan belum tersedianya mesin pengering buatan yang sesuai serta layak secara teknis dan ekonomis (finansial), sehingga dapat dibuatkan mesin pengering pada daerah terutama dalam kelompok usaha rakyat (Jading, dkk., 2012)

Manfaat dari pengeringan sagu yaitu untuk mengurangi kadar air bahan mecapai standar SNI pada sahu yaitu 12-13 %. Sehingga dapat meningkatkan daya simpan bahan, dan daya mutu dari sagu sehingga dapat mempertahankan sifat fisikokimia dari sagu tersebut (Jading, dkk. 2012).

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan

Berikut ini merupakan beberapa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil daro proses pengeringan yaitu:

a. Suhu

Bila suhu antara medium pemanas dengan bahan memiliki perbedaan sangat besar, maka air menjadi cepat menguap dari bahan dan perpindahan panas menuju bahan akan semakin cepat. Jika air tidak segera dikeluarkan, maka dapat mengakibatkan udara disekitar bahan pangan akan jenuh sehingga penguapan air pada proses pengeringan akan berlangsung lama (Ishak, 2013).

b. Laju pengeringan

Laju pengeringan dapat dipahami sebagai seberapa cepat proses pengeringan suatu bahan berlangsung. Mengetahui laju pengeringan berguna untuk memperkirakan berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengeringkan suatu bahan hingga mencapai kadar air yang diinginkan (Asiah dan Djaeni, 2021).

Untuk menghitung laju pengeringan, dapat digunakan persamaan (Asiah dan Djaeni, 2021):

$$LP = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad (1)$$

Keterangan:

LP = Laju pengeringan (kg H₂O/jam)

m_{awal} = bobot sampel bahan sebelum dikeringkan (kg)

m_{akhir} = bobot sampel bahan setelah dikeringkan (kg)

t = lama pengeringan (jam)

c. Kelembaban udara

Kecepatan pengeringan yang tinggi diakibatkan oleh kelembaban udara yang rendah. Kelembaban udara menentukan kadar air akhir dari suatu bahan yang telah dikeringkan. Jika bahan pangan telah mencapai kesetimbangan kelembaban, maka proses penyerapan akan berhenti (Ishak, 2013).

d. Kecepatan udara

Bila laju udara pengering besar maka proses pengeringan bahan juga akan semakin cepat. Sehingga hal ini mengakibatkan pada umumnya proses pengering perlu menggunakan sirkulasi udara seperti *tunne drayer* dan pengering cabinet (Ishak, 2013).

$$E_n = v_p \times C_p \times (T_p - T_k) t \quad (2)$$

Keterangan:

- E_n = Energi yang masuk ke dalam ruang pengering (kJ)
- V = Kecepatan volumetric (m^3/s)
- ρ = Berat spesifik udara (kg/m^3)
- C_p = Panas jenis udara yang masuk ke dalam mesin pengering ($kJ/kg\ ^\circ C$)
- T_p = Suhu udara ruang pengering ($^\circ C$)
- T_k = Suhu udara di sekitar mesin pengering ($^\circ C$)
- t = Lama pengeringan (s).

e. Luas permukaan

Jika permukaan dari bahan yang akan dikeringkan semakin luas, maka air dapat berdifungsi dengan mudah sehingga jarak yang ditempuh oleh panas akan kecil. Oleh karena itu biasanya ukuran bahan diperkecil sebelum dilakukan pengeringan agar mempercepat proses pengeringan. Semakin kecil luas permukaan maka semakin cepat proses pengeringan (Ishak, 2013).

f. Efisiensi pengeringan

Efisiensi pengeringan merupakan suatu perbandingan antara jumlah energi yang digunakan untuk menguapkan air pada bahan pangan (E_{total}) dengan jumlah energi yang masuk ke ruanng pengeringan (E_{in}), dengan menggunakan persamaan (Suhendar dkk, 2017).

$$Eff = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

- Eff = Efisiensi pemanasan (%)
- E_{out} = Energi yang digunakan pada saat proses pengeringan (kJ)
- E_{in} = Energi yang masuk ke ruang pengeringan (kJ).

g. Kadar air

Kadar air menunjukkan banyaknya air yang terkandung dalam bahan. Berat pada bahan yang bernilai konstan setelah dikeringkan pada waktu tertentu (Ishak, 2013). Kadar air berbasis basah dapat diperoleh dari persentase berat air yang terkandung pada bahan pangan basah. Kadar air basis kering dapat diperoleh melalui perbandingan berat air padatan pada bahan pangan tersebut.

Kadar air kesetimbangan dapat diperoleh jika tekanan uap bahan pagan dan tekanan pada lingkungan sama. Kadar air kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh suhu lingkungan, varietas, kelembaban, spesies dan kematangan suhu pada bahan. Bahan disebut dengan keadaan seimbang jika laju penambahan air dari udara di sekeliling bahan serta laju kehilangan air mencapai titik seimbang (Ishak 2013).

$$\text{Kadar air (\%bb)} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{m_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

Kadar air = Kadar air berdasarkan basis basah (%bb)

m_{awal} = Bobot sampel bahan sebelum dikeringkan (g)

m_{akhir} = Bobot sampel bahan setelah dikeringkan (g)

$$\text{Kadar air (\%bk)} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{m_{\text{akhir}}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

Kadar air = Kadar air bahan berdasarkan basis kering (%bb)

m_{awal} = Bobot sampel bahan sebelum dikeringkan (g)

m_{akhir} = Bobot sampel bahan setelah dikeringkan (g).