

TESIS

ANALISIS TEKNIS DAN FINANSIAL MESIN PENGERING *HYBRID* SISTEM UNTUK PENGERINGAN PATI SAGU

**MARDHAN NURUL IMAM
G052182001**



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**ANALISIS TEKNIS DAN FINANSIAL MESIN PENDING *HYBRID*
SISTEM UNTUK PENDINGAN PATI SAGU**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Agroindustri

Disusun dan Diajukan oleh

MARDHAN NURUL IMAM

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

TESIS**ANALISIS TEKNIS DAN FINANSIAL MESIN PENGERING *HYBRID*
SISTEM UNTUK PENGERINGAN PATI SAGU**

Disusun dan diajukan oleh

MARDHAN NURUL IMAM
Nomor Pokok G052182001

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis
Pada Tanggal, 11 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Komisi Penasehat

Ketua

Dr. rer. nat. Ir. Zainal, STP., M. Food.Tech

Anggota

Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP

Ketua Program Studi
Teknik Agroindustri,

Dr. Ir. Rindam Latief, MS

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,

Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc



PERNYATAAN SURAT KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mardhan Nurul Imam
Nomor Mahasiswa : G052182001
Program Studi : Teknik Agroindustri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Agustus 2022

Yang menyatakan



Mardhan Nurul Imam

PRAKATA

Segala puji hanya bagi Allah SWT, yang berkat 'inayah-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul "**Analisis Teknis dan Finansial Mesin Pengering *Hybrid* Sistem Untuk Pengeringan Pati Sagu**". Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program studi Teknik Agroindustri, Universitas Hasanuddin Makassar.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua terhebat yang dihadiahkan Allah SWT. Ayahanda terkasih Drs. Muhammad, M.Si dan Ibunda tercinta Animrawati, S.Pd yang selalu mencurahkan kasih sayang yang tak terhingga baik itu dalam do'a, nasihat, perhatian, kasih sayang, bantuan, dukungan baik moril maupun materil.
2. Terima kasih sebesar-besarnya kepada Dr. rer.nat. Zainal, S.TP, M. Food. Tech dan Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP sebagai dosen pembimbing, yang tak henti-hentinya memberikan ide, saran, motivasi, semangat dan bimbingan sehingga Tesis ini bisa terselesaikan. Terima kasih pula kepada Dr. Ir. Rindam Latief, MS, Dr. Suhardi, S.TP, MP dan Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP, selaku dosen penguji sehingga Tesis ini terselesaikan dengan baik.

3. Seluruh dosen pascasarjana program studi teknik agroindustri yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis berkuliah, dan staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu.
4. Terimakasih Kepada Bapak Dr. Ir. Abdul Waris, MT, Mikhael, SP, M.Si yang telah membantu selama penelitian dan penulisan tesis ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulis mengikuti pendidikan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini mungkin ada kekeliruan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca. Akhir kata semoga tesis ini sesuai dengan yang diharapkan dan dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Mardhan Nurul Imam. Analisis Teknis dan Finansial Mesin Pengering Hybrid Sistem Untuk Pengeringan Pati Sagu (dibimbing oleh Zainal dan Sitti Nur Faridah).

Sagu (*Metroxylon sago*) merupakan sumber karbohidrat. Pengolahan sagu kering pada umumnya masih menggunakan cara tradisional. Akibatnya, pati sagu yang dihasilkan memiliki kualitas rendah yang tidak sesuai standar yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Perkembangan teknologi industri menemukan teknologi pengolahan pati sagu menggunakan mesin pengering *hybrid sistem*. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Menguji secara teknis kinerja dari mesin pengering *hybrid sistem*, (2) Menganalisis perbedaan kualitas pati sagu yang menggunakan mesin pengering *hybrid sistem* dengan pengeringan sinar matahari, (3) Melakukan analisa finansial dari penggunaan mesin pengering *hybrid sistem* untuk mengetahui kelayakan mesin apabila digunakan pada industri pengolahan sagu kering. Metode penelitian ini meliputi evaluasi teknis (yaitu menguji dan menganalisis kinerja mesin pengering *hybrid sistem* untuk menentukan suhu pengeringan penurunan kadar air, laju pengeringan dan efisiensi pengeringan), analisis kualitas pati sagu yang diperoleh dari proses pengeringan menggunakan mesin pengering *hybrid sistem*. Parameter meliputi kadar air, kadar abu, warna dan analisis finansial dari mesin pengering *hybrid sistem*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin pengering *hybrid sistem* berkapasitas 10 kg mampu mengeringkan pati sagu selama 6 jam pada suhu 60°C. Proses pengeringan menghasilkan sekitar 6 kg sagu kering dengan kadar air 12,24%. Laju pengeringan pada mesin *hybrid sistem* dapat meningkatkan efisiensi pengeringan 35% dan komposisi kimia dari pati sagu yang diperoleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 2008). Hasil analisis finansial menunjukkan bahwa penggunaan mesin pengering *hybrid sistem* layak dilaksanakan berdasarkan kriteria NPV sebesar Rp. 27.822.756, IRR 84,84%, BCR 1,12, BEP Rp. 15.619.470 dan periode pengembalian modal 1 tahun dan 2 bulan.

Kata kunci: Investasi, Kelayakan, Kinerja, Mutu

ABSTRACT

Mardhan Nurul Imam. Technical and Financial Analysis of Hybrid System Drying Machine for Drying Sago Starch (supervised by Zainal and Sitti Nur Faridah).

Sago (*Metroxylon sago*) is an important source of carbohydrates. The processing of dry sago, in general, is still using the traditional method. As a result, the sago starch produced has a low quality that does not fit the standar set by Indonesian National Standard (SNI). The development of industrial technology found sago starch processing technology using a hybrid dryer system. This study aims to (1) technically test the performance of the *hybrid system*, (2) analyze the quality differences between sago starch dried using a *hybrid system* and sago starch dried using sun drying, and (3) conduct a financial analysis of the *hybrid system* utilization to determine the feasibility of the machine when used in the dry sago processing industry. This research method includes technical evaluation (i.e. testing and analyzing the performance of the *hybrid system* to determine the drying temperature needed for reducing moisture content, drying rate and drying efficiency), analyzing the quality of sago starch obtained from the drying process using a *hybrid system*. Parameters tested including moisture content, ash content, colour and financial analysis of the *hybrid system*. The results showed that the *hybrid system* with a capacity of 10 kg was able to dry sago starch for 6 hours at a temperature of 60°C. The drying process produces about 6 kg of dry sago with a moisture content of 12.24%. The drying rate on the *hybrid system* can increase the drying efficiency by 35% and the chemical composition of the sago starch obtained is in accordance with the SNI. The results of the financial analysis show that the use of a *hybrid system* is feasible based on the NPV criteria of Rp. 27,822,756, IRR 84.84%, BCR 1.12, BEP Rp. 15,619,470 and a payback period of 1 year and 2 months.

Keywords: Investment, Feasibility, Performance, Quality

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Kegunaan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Sagu.....	7
B. Proses Produksi Sagu.....	9
C. Pati Sagu dan Karakteristiknya	11
D. Pengeringan.....	18
E. Mesin Pengering Bertenaga <i>Hybrid</i>	30
F. Alat Pengering Tipe Rak	32
G. Tungku Listrik.....	33
H. Analisis Teknis dan Finansial	34
BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Waktu dan Tempat Penelitian	43
B. Alat dan Bahan.....	43
C. Jenis dan Sumber Data.....	44
D. Variabel dan Pengukuran.....	45
E. Analisis Data	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
A. Deskripsi Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	55
B. Analisis Teknis Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	56
C. Analisis Mutu Pati Sagu	62
D. Analisis Finansial Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem.....	72
E. Analisis Kelayakan Investasi Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	94
A. Kesimpulan	94
B. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1.1	1
2.1	12
2.2	15
2.3	16
2.4	17
2.5	17
4.1	55
4.2	63
4.3	73
4.4	75
4.5	76
4.6	77
4.7	77
4.8	78
4.9	80
4.10	81
4.11	82
4.12	86
4.13	88
4.14	89
4.15	91
4.16	92
4.17	93

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1	11
2.2	29
2.3	33
3.1	54
4.1	55
4.2	57
4.3	58
4.4	60
4.5	61
4.6	64
4.7	67
4.8	69

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian	100
2. Suhu Bahan dan Udara Pada Mesin Pengering dengan Metode <i>Hybrid</i> dan <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	103
3. Penurunan Kadar Air Pati Sagu Selama Proses Pengeringan dengan Metode <i>Hybrid</i> dan <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	104
4. Laju Udara Selama Proses Pengeringan <i>Hybrid</i> dan <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	105
5. Konsumsi Energi Listrik Pada saat Pengeringan <i>Hybrid</i> dan <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	106
6. Hasil Pengukuran Berat Pati Sagu Setelah Proses Pengeringan dengan Metode <i>Hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	107
7. Hasil Pengukuran Berat Pati Sagu Setelah Proses Pengeringan dengan Metode <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	108
8. Hasil Pengukuran Berat Pati Sagu Setelah Proses Pengeringan Secara Konvensional	109
9. Hasil Pengukuran Kecepatan Udara Pada Saluran	110
10. Hasil Pengukuran Penggunaan Energi	111
11. Penghematan Energi Listrik	112
12. Perhitungan Biaya Pemakaian Energi Selama Pengeringan	113
13. Perhitungan Energi Udara Pengering	114
14. Perhitungan Efisiensi Mesin Dengan Mekanisme <i>Non-hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	115
15. Perhitungan Efisiensi Mesin Pengering Dengan Mekanisme <i>Hybrid</i> Daya Heater 1200 Watt	117
16. Hasil Analisis Kadar Air	119
17. Hasil SPSS Kadar Air	121
18. Hasil Uji Kadar Abu	122
19. Hasil SPSS Kadar Abu	123
20. Hasil Uji Warna	124
21. Hasil SPSS Uji Warna	125
22. Tarif Biaya Listrik yang telah Disesuaikan Untuk Bulan Juli Hingga September Tahun 2021 Menurut Kementerian ESDM dan PLN	126
23. Tingkat Suku Bunga Bank	127
24. Asumsi dan Parameter Analisis Kelayakan Usaha	128
25. Rincian Biaya Investasi Pembuatan Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	129
26. Rincian Biaya Operasional Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	130
27. Analisis <i>Cash Flow</i> Usaha Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem	131
28. Analisis <i>Cash Flow</i> Usaha Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem (Sensivitas harga input bahan baku sagu basah naik 10%)	132

29. Analisis <i>Cash Flow</i> Usaha Mesin Pengering <i>Hybrid</i> Sistem (Sensivitas penjualan jumlah sagu kering/jumlah terjual menurun 10%)	133
---	-----

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sagu (*Metroxylon sago*) merupakan sumber karbohidrat yang cukup penting selain padi, jagung dan umbi-umbian, sehingga sagu merupakan bahan makanan pokok di beberapa daerah di wilayah Indonesia seperti Maluku, Irian Jaya, Kalimantan dan Sulawesi. Sagu merupakan tanaman palma yang dapat dimanfaatkan empelur pada batangnya menjadi tepung sebagai bahan baku pembuatan, roti, pangan tradisional, dan dapat diolah menjadi bahan baku industri dan energi alternatif berupa bioethanol (Ruhukail, 2012).

Luas tanaman sagu di Provinsi Sulawesi Selatan 3.636 ha dan jumlah produksi mencapai 3.104 ton yang terdapat di 5 Kabupaten yaitu Kabupaten Luwu, Luwu Utara, Timur, Luwu Timur, Kota Palopo dan Bone. Kabupaten Luwu Utara dan Kabupaten Luwu menjadi sentra produksi sagu di Sulawesi Selatan dengan luas lahan masing-masing 1.838 ha dan 1.337 ha.

Tabel 1.1. Luas lahan dan produksi sagu di Sulawesi Selatan Tahun 2019

No.	Kabupaten	Luas Lahan (ha)	Produksi (ton)
1.	Luwu	1.337	889,00
2.	Luwu Utara	1.838	2.102,00
3.	Luwu Timur	52	25,00
4.	Kota Palopo	142	25,00
5.	Bone	267	63,00
Jumlah		3.636	3.104,00

Sumber: Kementerian Pertanian, 2019

Jenis sagu yang dikenal oleh masyarakat di daerah Luwu, Luwu Utara, Luwu Timur, Palopo adalah jenis sagu tumbuh berduri (Bahasa Luwu menyebutnya *tabaro duri*) dan tidak berduri (*tabaro uso*). Makanan berbahan dasar sagu cukup beragam di daerah Luwu dan Palopo, mulai *dange* (berbentuk pipih, pengganti nasi), *kapurung* (makanan khas masyarakat Luwu menyerupai *papeda*), *sinole* (sagu dicampur kelapa parut disangrai), dan *lanya'* (menyerupai ongol-ongol, kue dicampur gula merah atau gula pasir), atau kue kering *bagea*.

Sagu di Luwu dan Palopo memiliki peranan penting sebagai makanan utama setelah beras memasuki paceklik. Masyarakat Luwu dan Palopo dahulunya telah mengenal padi, sehingga sagu menjadi makanan pendamping jika tak ada beras karena sagu tidak pernah habis dan tak memiliki musim panen.

Secara umum langkah awal pengolah batang sagu menjadi tepung siap dikonsumsi pada masyarakat Luwu, Palopo dan Bone harus memilih pohon tepat yaitu umur pohon sagu yang baik dipanen antara 7 - 10 tahun. Linggis dan kampak besar merupakan alat yang digunakan untuk mengupas kulit batang pohon sagu. Bagian inti batang sagu berserat dan berwarna putih dipotong kecil-kecil, dimasukkan dalam penggilingan. Inti sagu di potong kecil, ditumbuk, lalu di injak-injak secara bersamaan agar sari pati sagu keluar. Pada waktu itu masyarakat belum mengenal yang namanya penggilingan. Saat proses menginjak-injak, secara terus menerus air dialirkan, dan berhenti pada kolam, yang telah disiapkan kain

terpal. Selama proses pengendapan sari pati berlangsung kemudian didiamkan sampai warna air berubah menjadi kemerahan. Dalam satu pohon dewasa rata-rata petani sagu mendapat sekitar 240 liter atau 60 *kantoli* disebut *bala'ba*. Untuk satu *bala'ba* dibungkus menggunakan daun sagu yang berisi tiga sampai empat liter sagu. Sari pati sagu memiliki kandungan karbohidrat hingga 40%, namun tak memiliki protein. Beberapa rumah penduduk memanfaatkan pelepah sebagai dinding, atau pagar ternak. Daun sebagai atap. Seiring perkembangan zaman, beberapa kegunaan utama sagu mulai menghilang, atap rumbia berganti seng, dinding menjadi papan, dan pagar kawat (besi).

Potensi sagu sebagai sumber bahan pangan maupun bahan industri telah disadari sejak tahun 1970-an, namun sampai saat ini pengembangan dan cara pengolahannya masih kurang optimal. Taufan (2020) menyebutkan pengeringan sari pati sagu pada masyarakat di Desa Tandung Kecamatan Sabbang Kabupaten Luwu Utara dilakukan dengan cara penjemuran di bawah sinar matahari. Sudirman et al (2018) menyebutkan proses pengeringan bahan sagu dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari karena biaya murah dan mempunyai daya tampung yang besar, namun sangat tergantung pada cuaca dan suhu pengeringan tidak dapat diatur.

Pengolahan pati sagu yang dilakukan oleh masyarakat pada umumnya masih menggunakan peralatan pengering yang sangat sederhana dengan cara penjemuran secara langsung pada sinar matahari

(konvensional) dengan cara menghamparkan pati yang basah di atas tampah, tikar, plastik dan lain sebagainya kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Hasil penjemuran pati sagu yang membutuhkan waktu yang lebih lama akan menyebabkan mutu dari pati sagu yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Hasil dari pengeringan sagu yang bermutu baik akan gemberisik bila diremas. Metode pengeringan penjemuran langsung kurang efisien karena memerlukan waktu sekitar 1-2 hari apabila matahari cerah, lantai atau penjemuran yang luas dan hasil dari pengeringan bermutu rendah disebabkan kontaminasi debu, kotoran, dan kerikil. Selain bergantung pada panas matahari pengeringan dengan cara alami dapat mempengaruhi komposisi dan sifat fisikokimia dari pati sagu. Akibatnya kualitas yang dihasilkan menjadi rendah, kadar air sagu kering yang aman 13% basis basah (bb) sulit tercapai. Pada kondisi demikian diperlukan penanganan cara pengeringan yang efektif dan ekonomis, baik dengan penggunaan alat mesin pengering atau perbaikan cara penjemurannya.

Pengeringan pati sagu menggunakan alat mesin pengering buatan masih terbatas pada pengolahan pati sagu. Mesin pengering pati sagu yang telah dikembangkan saat ini diantaranya model *flash drayer* Haryanto dan Pangloli (1992), *batch fluidized bed* bertenaga surya-biomassa Jading et al (2011) Dari beberapa hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pengering tersebut mampu mengeringkan pati sagu dengan

kadar air antara 11,0-14,0 %bb, namun memiliki kekurangan yaitu daya tampung bahan dan efisiensi pengering rendah.

Salah satu mesin pengeringan sagu yang telah dikembangkan saat ini yaitu mesin pengering *hybrid* sistem untuk proses penguapan air yaitu dengan kombinasi *oven* dan *dryer* secara otomatis. Pemanfaatan energi sebagai sumber alternatif solusi menggantikan sumber energi fosil yang ada dan memanfaatkan sumber energi listrik yang cukup tersedia. Dengan mengkombinasikan *oven* dan *dryer* dapat melakukan penghematan penggunaan energi listrik untuk pengeringan yang menggunakan mesin. Pengering bekerja saling membantu dalam proses pengeringan. Mesin pengering *hybrid* juga menggunakan bantuan alat lain untuk mendistribusikan sirkulasi udara panas yang ditangkap dan disebar di dalam ruang pengering. Pendistribusian suhu pada ruang pengering sangat berpengaruh dalam mengeringkan suatu bahan pangan yang dikeringkan. Mesin pengeringan yang digunakan perlu diketahui kinerja, nilai ekonomi dan efisiensinya.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dalam bentuk pernyataan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja dari mesin pengering *hybrid* sistem?
2. Apakah terdapat perbedaan kualitas pati sagu yang dihasilkan oleh mesin pengering *hybrid* sistem dengan pengeringan sinar matahari?

3. Bagaimana tingkat kelayakan investasi dari mesin pengering *hybrid* sistem?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menguji secara teknis kinerja dari mesin pengering *hybrid* sistem.
2. Menganalisis perbedaan kualitas pati sagu yang menggunakan mesin pengering *hybrid* sistem dengan pengeringan sinar matahari.
3. Melakukan analisa finansial dari penggunaan mesin pengering *hybrid* sistem untuk mengetahui kelayakan mesin apabila digunakan pada industri pengolahan sagu kering.

D. Kegunaan Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumber informasi mutu pati sagu yang dikeringkan dengan mesin pengering *hybrid* sistem.
2. Sebagai sumber informasi mengenai kinerja mesin pengering *hybrid* sistem.
3. Sebagai sumber informasi dari penggunaan mesin pengering *hybrid* sistem apakah layak untuk digunakan oleh industri pengolahan sagu kering berdasarkan metode analisis teknis dan finansial.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sagu

Sagu merupakan tanaman yang berasal dari ordo *Spadiciflorae*, kelas *Angiospermae*, sub kelas *Monocotyledonae*, family *Palmae*, genus *Metroxylone*. *Metroxylone* berasal dari Bahasa Yunani yang terdiri dari *metra* yang berarti batang atau empelur dan *xylon* yang berarti kayu atau xylem. Tanaman sagu tumbuh di berbagai wilayah di Indonesia seperti di Maluku, Irian Jaya, Sulawesi, Kalimantan Barat, Riau dan sebagian di wilayah Jawa. Pengelompokan sagu dibagi atas dua, yaitu, tanaman sagu yang berbunga dan berbuah dua kali (*Pleonanthic*) memiliki kandungan pati rendah dan tanaman sagu berbunga dan berbuah satu kali (*Hepaxantic*) memiliki nilai ekonomis, karena memiliki kadar pati lebih banyak (Dewi et al., 2016). selanjutnya Dewi et al (2016) mengelompokan sagu berdasarkan ada tidaknya duri pada tanaman sagu. Tanaman sagu yang memiliki duri terdiri atas sagu Tuni (*M. rumphii Mart*), sagu lhur (*M. sylvestre Mart*), sagu makanaru (*M. longispinum Mart*) dan sagu duri rotan (*M. microcanthum Mart*) serta jenis sagu yang tidak memiliki duri yaitu sagu Molat (*M. sagu Rottb*).

Daya adaptasi tanaman sagu pada lahan marginal tinggi karena tidak memungkinkan pertumbuhan tanaman pangan atau tanaman perkebunan yang optimal, optimal sagu dapat mencapai 400 mdpl (di atas

permukaan laut). Tanaman sagu juga bisa tumbuh hingga ketinggian 700 meter di atas permukaan laut. Pertumbuhan sagu paling baik bila berada di lingkungan yang berlumpur karena akar nafasnya tidak terendam (Botanri et al., 2011).

Pohon sagu yang siap panen dapat dilihat dari ciri-ciri tertentu. Ciri-ciri tersebut dapat dilihat dari perubahan umur pohon, daun, duri, pucuk dan batang. Umumnya pohon sagu yang siap panen berkisar antara 9-10 tahun. Selain itu, pohon sagu yang siap panen kuncup bunga sudah mulai muncul tapi belum berbunga. Bagian atas pohon menjadi bengkak, duri di batang pohon berkurang, pelepah daun menjadi lebih bersih dan halus dari pohon muda (Bachri, 2011).

Penduduk di daerah-daerah penghasil sagu sudah lama memanfaatkan sagu secara tradisional. Pohon sagu memiliki banyak kegunaan yaitu, daun dari pohon sagu dapat dijadikan atap rumah tradisional, tulang daunnya dapat dibuat dinding, lidinya dapat dibuat sapu, kulit dari batangnya dapat dijadikan lantai, empulur sagu setelah diparut dapat dijadikan untuk formulasi pakan ternak. Pati sagu dapat digunakan untuk bahan baku industri, industri pangan, industri perekat, industri kosmetik dan berbagai macam industri kimia. Dengan adanya pemanfaatan dan pendayagunaan sagu dapat menunjang berbagai macam industri, baik pada industri kecil, industri menengah dan industri teknologi tinggi (Timisela, 2006). Santoso (2018) mengatakan bahwa pada tanaman sagu dapat menyerap emisi gas CO_2 dan NH_4 sebesar 25-200

mg/m²/jam, selain tanaman sagu yang dapat menyerap emisi gas tanaman sagu yang sangat suka air dan tanah yang dangkal tidak membutuhkan drainase yang sangat berlebihan untuk penyerapan air. Hal ini membuat tinggi permukaan air lahan gambut tetap terjaga sehingga tidak mengakibatkan penurunan permukaan lahan gambut.

B. Proses Produksi Sagu

Pati sagu (*Metroxylon sp*) merupakan hasil proses pengolahan dari ekstraksi empulur batang. Pada proses pengolahan ekstraksi sagu sangat mempengaruhi sifat fisiko kimia dan kualitas pati sagu yang dihasilkan, seperti penggunaan alat, cara pemotongan pada batang sagu, pengendapan dan penyaringan pati sagu (Flach, 1997).

Menurut Louhenapessy (1997), langkah-langkah pokok pada proses pengolahan batang sagu sebagai berikut:

1. Proses Penebangan dan Pembuangan Kulit Batang Sagu

Pohon sagu ditebang dan batang pada dibersihkan dari bekas-bekas pelepah mulai dari pangkal tebang sampai dengan 1 m dari daun terbawah, batang dibagi-bagi biasanya setiap 2-3 m dan dibelah menjadi 2 bagian.

2. Proses Penghancuran Empulur Batang Sagu

Batang sagu yang telah dibersihkan dan dipotong kemudian diparut untuk mendapatkan remahan batang sagu.

3. Proses Eksraksi

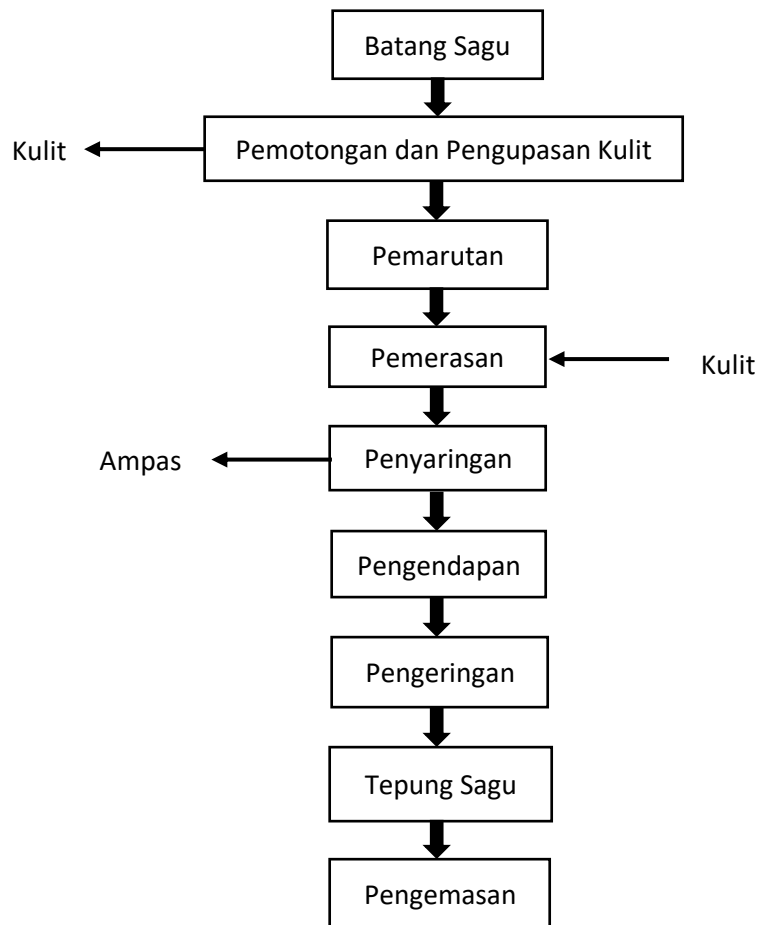
Remahan pada batang sagu kemudian diberi air untuk mengeluarkan larutan pati sagu, kemudian disaring untuk membebaskan pati sagu dari ampas dan bahan lain selain pati.

4. Proses Pengendapan

Hasil ekstraksi berupa larutan pati kemudian diendapkan dalam bak penampungan. Pada industri modern, dilakukan proses pengendapan, larutan pati hasil ekstraksi akan melalui tahap sentrifugasi sehingga terjadi pemisahan antara padatan yang berupa pati dan air. Air pada padatan pati yang telah mengendap kemudian dibuang sehingga diperoleh padatan pati.

5. Proses Pengeringan

Padatan hasil proses pengendapan kemudian dikeringkan menggunakan alat pengering ataupun sinar matahari. Kadar air pati kering berkisar 13-14%.



Gambar. 2.1 Proses Pengolahan Sagu Basah Secara Tradisional

C. Pati Sagu dan Karakteristiknya

Purwani et al (2016) mengatakan, pati merupakan butiran granula yang berwarna putih mengkilap, tidak memiliki rasa dan aroma. Pati sagu berwarna putih, secara genetik pati sagu berwarna kemerahan yang diakibatkan oleh adanya senyawa phenolik. Derajat warna putih sagu bervariasi dan biasanya berubah menjadi kecoklatan/merah selama proses penyimpanan. Adanya perubahan warna pada pati diakibatkan adanya aktivitas enzim *Latent Polyphenol Oxidase* (LPPO). Enzim ini

mengkatalis reaksi oksidasi senyawa *polyphenol* menjadi *quinon* yang membentuk polimer berubah warna menjadi kecoklatan. Kadar pati sagu pada empulur sekitar 18,80 % - 38,80 % (basis basah) dan 250 kg pati sagu kering yang dapat dihasilkan oleh satu tumbuhan sagu. Pati sagu mengandung komponen utama karbohidrat dan sedikit air.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Pati Sagu

Komponen	Komposisi (%)
Karbohidrat	87
Air	71
Serat	10
Kasar	20
Protein	1
Lemak	35

(Sumber : Wirakartakusumah, 1986)

Pati diperoleh dari isi batang empulur yang melalui pengolahan secara sederhana. Setelah pohon ditebang, batang pohon di potong-potong sekitar 2-3 m tergantung besar kecilnya garis tengah batang. Kemudian batang dibelah menjadi dua, empulur dihancurkan. Penghancuran empulur dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu, dengan cara memukul dan dengan cara di parut. Hasil dari parutan atau tokokan tersebut diperoleh sagu yang masih bercampur dengan serat. Kemudian dilakukan ekstraksi untuk menghasilkan pati sagu. Satu batang pohon sagu diperlukan waktu untuk mengolahnya tergantung pada ukuran pohon, kandungan pati, intensitas pengolahan (Hamzah, 1986).

Komponen kimia pati sagu bervariasi. Variasi tersebut tidak banyak dipengaruhi oleh umur, spesies, dan habitatnya. Faktor utama yang mempengaruhi komponen kimia pada pati sagu yaitu proses pengolahannya. Sagu merupakan salah satu tanaman penghasil karbohidrat yang paling tinggi diantara penghasil tanaman penghasil karbohidrat lainnya. Kandungan karbohidrat pada pati sagu yaitu 92,5% dari bahan keringnya dan kandungan protein pada pati sagu sekitar 1%. Kandungan vitamin pada pati sagu sangat kurang terutama vitamin A, B dan C. Pati sagu juga mengandung kalori yang tidak jauh beda dengan jagung, beras, bahkan melebihi kentang dan ubi jalar serta memiliki kandungan kalsium dan besi yang cukup tinggi dari pada beras (Tirta et al., 2013).

Pati sagu juga mengandung serat pangan dan nilai indeks glikemik. Nilai indeks glikemik produk pangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan pangan, kadar amilosa dan amilopektin, kadar lemak dan protein, pencernaan pati, dan cara pengolahan. Semakin tinggi kandungan total serat pangan, rasio amilosa/amilopektin, serta lemak dan protein, semakin rendah nilai indeks glikemiknya. Sementara itu, pencernaan pati yang tinggi menyebabkan nilai indeks glikemik yang tinggi. Cara pengolahan produk pangan dapat menurunkan atau meningkatkan nilai indeks glikemik produk pangan tersebut. Pemahaman tentang indeks glikemik makanan sangat penting karena dapat menjadi dasar ilmiah dalam memilih jenis asupan, dan jumlah karbohidrat yang dikonsumsi sesuai dengan respon glikemik seseorang. Selain serat dan indeks

glikemik, sagu juga mengandung pati resisten, polisakarida non-pati dan karbohidrat rantai pendek yang sangat bermanfaat bagi kesehatan (Arif et al., 2013).

Pati sagu yang berbentuk oval dengan diameter 20-40 μm . pati sagu yang berukuran besar dapat menyebabkan putusnya ikatan hydrogen antar molekul pada rantai yang berdekatan selama proses pemanasan (Wattimena et al., 2016). Proses pengeringan juga mempengaruhi bentuk granula pati. Dibandingkan dengan proses pengeringan konvensional, pengeringan dengan suhu yang tinggi menyebabkan granula pati membengkak. Semakin tinggi kapasitas pemuai granula pati, maka semakin besar pula daya serap pati tersebut (Jading et al., 2011).

Ukuran granula pati akan mempengaruhi suhu gelatinisasi pati. Terdapat macam perubahan ukuran granula pati yang menyebabkan kisaran suhu gelatinisasi pati. Gelatinisasi pati adalah ekspansi granula pati oleh panas, dan proses tidak dapat diubah ketika butiran pati mencapai suhu gelatinisasinya masing-masing. Suhu gelatinisasi pati sagu adalah 60-67°C. Butiran pati pecah lebih mudah menyerap air daripada pati utuh dan suhu gelatinisasi lebih rendah. Pembengkakan granula pati dapat menyebabkan beberapa perubahan, seperti hilangnya birefringence granula, rendahnya berat molekul amilosa larut sebagian dan granula, serta peningkatan viskositas dan gloss suspensi (Widiyanto, 1984).

Rendemen adalah perbandingan jumlah (jumlah) ekstrak yang dihasilkan oleh ekstraksi tanaman. Persentase (%) penggunaan keluaran. Rendemen diperoleh dengan cara menghitung (menghitung) berat akhir bahan yang dihasilkan oleh proses dan membandingkan berat bahan awal sebelum proses. Hasil empulur sagu yang ditambang secara tradisional relatif rendah, kurang dari 20%. Rendahnya hasil pati sagu juga dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain umur, varietas, kondisi pertumbuhan dan kondisi pertumbuhan pohon sagu (Kurniawan, 2010).

Pati sagu dapat disubstitusi sebagian besar pati lainnya untuk keperluan khusus yang bersifat multiguna. Sagu dapat menyediakan pati lebih murah dengan hasil lebih tinggi dari tanaman lain, sehingga memiliki harga kompetitif. hanya untuk industri dalam negeri dan mampu menghemat banyak devisa.

Tabel 2.2 Potensi Pemanfaatan Pati Sagu

Industri	Pemanfaatan
Non pangan	Lem, baterai, keramik, kosmetik, insulasi, cat, <i>plywood</i> , tekstil
Pangan	Roti, permen, <i>dairy</i> , <i>desserts</i> , mie, <i>salad dressings</i> , pemanis
Hidrolisis dan fermentasi	Asam sitrat, ethanol, lisine, asam laktat (plastik organik), dll.
Lain-lain	Farmasi, aseton, larutan injeksi dextrose, penisilin, antibiotika

(Sumber: Jong dan Widjono, 2007).

Pati sagu yang baik harus memiliki karakteristik mutu yang memenuhi standar mutu nasional apabila pati sagu diperdagangkan secara komersil. Penetapan kandungan penting dilakukan agar tidak

memiliki kandungan yang berbahaya di dalamnya yang berpengaruh pada kesehatan konsumen. Adapun standar mutu pada pati sagu berdasarkan pada table sebagai berikut:

Tabel 2.3 Standar Mutu Pati Sagu Indonesia

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bentuk	-	Serbuk halus
1.2	Bau	-	Normal (bebas dari bau asing)
1.3	Warna	-	Putih, khas sagu
1.4	Rasa	-	Normal
2	Benda asing	-	Tidak ada
3	Serangga dalam semua bentuk stadis dan potongan-potongannya yang tampak		Tidak ada
4	Jenis pati lain selain pati sagu	-	Tidak ada
5	Kehalusan, lolos ayakan 100 mesh (b/b)	%	Min. 95
6	Kadar air (b/b)	%	Maks. 13
7	Kadar abu (b/b)	%	Maks. 0,5
8	Kadar pati (b/b)	%	Min. 65
9	Kadar serat kasar(b/b)	%	Maks. 0,5
10	Derajat asam	M1NaOH 1 N/100 g	Maks. 4,0
11	Residu SO ₂	Mg/Kg	Maks. 30
12	Cemaran logam		
12.1	Timbal (Pb)	Mg/Kg	Maks. 1,00
12.2	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks. 10,0
12.3	Raksa (Hg)	Mg/Kg	Maks. 0,05
13	Cemaran arsen (As)	Mg/Kg	Maks. 0,5
14	Cemaran mikroba		
14.1	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 10 ⁶
14.2	E.coli	A P M/g	Maks. 10
14.3	Kapang	Koloni/g	Maks. 10 ⁴

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional 2008)

Dengan mengacu pada standar nasional Indonesia untuk kualitas sagu, dikembangkan standar mutu sagu yang berbeda untuk industri besar dan kecil. Adanya standar tersebut dapat dijadikan pedoman bagi produsen dan juga sebagai alat monitoring bagi instansi teknis terkait.

Sebagai panduan, standar Sagu diusulkan berdasarkan jenis industri, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Standar Mutu Sagu untuk Industri Besar dan Kecil di Indonesia

Komponen	Industri besar	Industri kecil
Kadar pati (%)	Minimum 81,00	Minimum 81,00
Kadar air (%)	Maksimum 13,00	Maksimum 17,00
Kadar abu (%)	Maksimum 0,50	Maksimum 0,50
Kadar serat (%)	Maksimum 0,50	Maksimum 0,60
Warna (0-100)	84	75
Kehalusan (saringan 100 mesh)	100	80
Ph	Minimum 5,00	Minimum 4,50
Kekentalan (Engler)	3,00	2,50
SO ₂ (ppm)	Maksimum 100	-

(Sumber : B Haryanto, 1993).

Tabel 2.5 Standar Mutu Sagu Malaysia

Komponen	Satuan	Persyaratan
Kadar pati (%)	Minimum	80% bobot
Kadar air (%)	Maksimum	14% bobot
Kadar abu (%)	Maksimum	0,5% bobot
Kadar serat kasar (%)	Maksimum	1,0% massa
pH-H ₂ O	Maksimal	4,5-6,5
Belerang dioksida maksimum	Maksimum	30 ppm
Warna, nilai "L"	Minimum	85
Ukuran partikel	Minimum	80%

(Sumber : Sirim, 1994)

Malaysia telah menetapkan standar mutu pati sagu. Dengan perbaikan proses produksi dan pengendalian mutu dengan pabrik pengolahan modern. Sebagai panduan standar Sagu diusulkan, seperti terlihat pada Tabel 2.5.

D. Pengeringan

Pengeringan telah lama digunakan oleh orang Persia, Yunani, dan Romawi kuno sebagai salah satu bentuk teknologi pengawetan. Tujuannya untuk menghasilkan produk pangan yang sesuai penggunaan produk dan karakteristik tertentu (Teti Estiasih dan K. Ahmadi, 2009). Proses pengeringan adalah suatu metode menghilangkan sebagian uap air dari bahan dengan menggunakan energi panas untuk menguapkan sebagian besar uap air yang terkandung dalam bahan. Umumnya, kadar air bahan berkurang sampai pada titik di mana mikroorganisme tidak dapat lagi tumbuh di dalamnya. Untuk mengeringkan, energi panas harus diterapkan pada bahan yang akan dikeringkan dan aliran udara diperlukan untuk melepaskan uap air yang terbentuk di luar area pengeringan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan adalah luas permukaan benda, suhu pengeringan, aliran udara, tekanan spasial di udara, dan waktu pengeringan (Supli, 2012).

Menurut Supli (2012), Pengeringan adalah proses memisahkan atau menghilangkan kelembaban suatu bahan yang jumlahnya relatif kecil dengan cara pemanasan, atau didefinisikan sebagai penerapan panas di bawah kondisi yang terkendali untuk menghilangkan beberapa kelembaban dari makanan melalui penguapan dan sublimasi. Pengeringan telah banyak digunakan dalam produk pertanian dan pengolahan makanan dengan energi matahari, pemanasan, ventilasi, perbedaan tekanan uap, dan pengeringan beku.

Tujuan pengeringan bahan pangan yaitu:

1. Untuk mengurangi resiko kerusakan karena kegiatan mikroba, sebab air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba dihambat atau dimatikan.
2. Menghemat ruang penyimpanan, pengepakan dan transportasi, karena kandungan air yang tinggi dalam bahan pangan akan berkurang sehingga mengurangi berat dan volume bahan tersebut.
3. Untuk mendapatkan produk yang lebih sesuai dengan penggunaannya.
4. Untuk mempertahankan nutrisi yang berguna yang terkandung dalam bahan pangan, seperti mineral, vitamin, dan lainnya.

Macam-macam Pengeringan ada dua yaitu:

1. Pengeringan Sinar Matahari

Pengeringan dengan sinar matahari disebut juga dengan pengeringan alami atau sun-drying, yaitu pengeringan dengan menggunakan bahan-bahan yang disediakan oleh alam (seperti angin dan sinar matahari). Pengeringan adalah penggunaan energi langsung dari matahari untuk mengeringkan. Padahal, pengeringan dengan sinar matahari efektif karena suhu yang dicapai antara 35°C sampai 45°C. Namun karena perubahan kondisi cuaca, penggunaan sinar matahari terkadang kurang menguntungkan. Selain itu, suhu dan kelembaban pengeringan tidak dapat dikontrol, dan hanya dapat dilakukan bila ada sinar matahari.

Keuntungan utama dari pengeringan alami antara lain:

- a. Tidak memerlukan bahan bakar
- b. Memperluas kesempatan kerja
- c. Kemampuan pengeringan yang memadai terutama untuk hasil bahan pangan lainnya seperti, biji-bijian kacang-kacangan, tepung-tepungan serta hasil perikanan yang dikeringkan.

Kerugian dengan pengeringan alami antara lain:

- a. Pengeringan dengan sinar matahari tergantung pada cuaca, sehingga kontinuitas pengeringan tidak dapat dipegang, misalnya kalau turun hujan terpaksa pengeringan dihentikan. Demikian pula pada suhu kelembaban relatif dan kecepatan udara tidak dapat diatur, sehingga produk pengeringan tidak selalu seragam.
- b. Mutu bahan kering hasil pengeringan umumnya lebih rendah dari pada hasil pengeringan dengan alat. Hal ini disebabkan waktu pengeringan yang lama, keadaan pengering dan sinitasi tidak dapat dijaga dan diawasi sehingga kemungkinan–kemungkinan terjadinya kerusakan selama pengeringan sangat besar.

Untuk mendapatkan hasil penjemuran yang baik, kondisi pengeringan harus diperhatikan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada penjemuran antara lain:

- a. Bahan yang dikeringkan mutunya harus baik. Bahan yang kurang baik akan menghasilkan produk yang kurang baik pula.

- b. Kebersihan selama penjemuran harus dijaga sebaik-baiknya agar bahan yang dikeringkan tidak terkontaminasi dengan benda asing dan kotoran lainnya.

Dalam sistem pengeringan, perlu ditempatkan alat dan metode pengeringan yang benar-benar cocok dalam pengeringan tersebut untuk mendapatkan hasil yang baik. Dalam pelaksanaan pengeringan perlu mempertimbangkan berbagai faktor, terutama untuk mempertahankan bahkan meningkatkan mutu pangan yang dikeringkan. (Gunarif et al., 1988).

2. Pengering Buatan atau Mekanis

Udara panas dapat digunakan untuk pengeringan manual atau mekanis. Pengering ini berbentuk seperti ruangan atau lemari dengan hembusan udara panas di dalamnya. Blower digunakan untuk meniupkan udara panas ke dalam bahan yang akan dikeringkan. Penggunaan alat mekanis atau pengeringan buatan yang menggunakan panas tambahan untuk pengeringan yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai kebutuhan, tidak memerlukan lahan yang luas, dan Kondisi pengering dapat dikontrol.

Dalam pengeringan bahan pangan umumnya dapat mencapai kecepatan pengeringan yang maksimum. Berbagai cara telah dilakukan untuk mempercepat pindah panas dan pindah massa selama proses pengeringan.

- a. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pindah panas dan massa tersebut (Teti Estiasih dan K. Ahmadi, 2009).

1. Luas permukaan

Biasanya bahan pangan yang akan dikeringkan terlebih dahulu dipotong, diiris atau digiling untuk mempercepat proses pengeringan. Hal ini terjadi karena, (1) pemotongan atau pengirisan akan menambah luas permukaan bahan, luas permukaan bahan dapat memberikan lebih banyak permukaan yang dapat bersentuhan langsung dengan media pemanas dan lebih banyak permukaan air yang dapat keluar, (2) potongan-potongan kecil dan tipis pada bahan akan mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke bahan pangan dan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan kemudian keluar dari bahan.

2. Suhu

Secara umum, perbedaan suhu dan media pemanas akan mengalami proses perpindahan panas, suhu panas pada bahan akan mengalami proses penguapan air didalam bahan pangan. Jika udara adalah media pemanas, faktor penting lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah kecepatan pergerakan udara selama proses pengeringan. uap air yang terkandung didalam bahan pangan dihilangkan dari udara di sekitar bahan pangan yang dikeringkan. Jika tidak segera dikeluarkan maka udara di sekitar bahan pangan akan jenuh dengan uap air, sehingga memperlambat penguapan air dalam

bahan pangan dan memperlambat proses pengeringan (Muchtadi dan Sugiyono, 2013). Semakin tinggi suhu udara, maka semakin banyak uap air yang dapat ditampung udara sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara panas lebih cepat menyerap uap air dari bahan pangan, sehingga proses pengeringan lebih cepat.

3. Kecepatan aliran udara

Sirkulasi udara yang terus bergerak akan mempercepat proses penguapan air dari pada udara statis. Dalam proses pergerakan udara, uap air akan diambil dari bahan dan mengalir, membuat udara mencapai titik jenuh. Dapat disimpulkan bahwa semakin cepat pergerakan/sirkulasi udara maka semakin cepat pula proses pengeringan. Prinsip ini telah menyebabkan penggunaan sirkulasi udara atau aliran udara pada beberapa proses pengeringan, seperti *cabinet dryer*, *tuning dryer*, *spray dryer*, dan lain-lain (Teti Estiasih dan K. Ahmadi, 2009).

4. Kelembaban udara

Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Semakin kering udara maka kelembaban semakin rendah. Konsentrasi uap air udara kering belum mencapai titik jenuhnya dengan uap air. Oleh karena itu, udara kering menyerap kelembaban lebih cepat dan karenanya mengering lebih cepat. Kelembaban udara juga menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah pengeringan. Bahan pangan kering bersifat hidroskopis dan dapat menyerap

kelembapan dari udara sekitar. Jika udara di sekitar banyak mengandung air, maka bahan pangan akan lebih cepat menyerap uap air.

5. Tekanan atmosfer

Pada tekanan udara 1 atm (760 cmHg) air mendidih pada suhu 100°C diketinggian 0 m dari permukaan laut. Jika tekanan udara lebih rendah dari 1 atm, air lebih cepat mendidih dan titik didih lebih rendah dari 100°C. Jika bahan pangan dikeringkan pada suhu konstan dan tekanan berkurang, laju penguapan akan lebih tinggi.

6. Penguapan air

Pada proses pengeringan, bahan yang dikeringkan setelah pengeringan selesai harus segera dikeluarkan dari alat pengering. Misalkan kita akan mengeringkan bahan dengan menggunakan pengering semprot (*spay dryer*). Suhu udara masuk yang digunakan adalah 200°C (*suhu inlet*) dan suhu udara keluar (*suhu outlet*) 120°C. Maka suhu bahan yang akan dikeringkan tidak akan lebih dari 70°C. Apabila air dalam bahan pangan berkurang dan penguapan menjadi lambat, maka suhu bahan pangan akan meningkat. Apabila dari bahan pangan tersebut tidak lagi terjadi penguapan, maka suhu bahan pangan akan mendekati suhu udara yang masuk yang digunakan, yaitu 200°C. Oleh karena itu, untuk bahan pangan yang peka terhadap panas maka bahan pangan tersebut harus segera dikeluarkan dari alat pengering sebelum terjadi kenaikan suhu bahan.

Pada alat pengering tertentu, alat didesain sedemikian rupa sehingga bahan pangan yang dikeringkan berada dalam alat tersebut dalam waktu singkat.

7. Lama pengeringan

Bahan pangan memiliki waktu pengeringan yang lama dalam kontak dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas, waktu pengeringan yang paling lama digunakan, yaitu, untuk mencapai kadar air yang diperlukan dari hasil produk akhir dalam waktu pengeringan yang singkat. Seperti konsep HTST (*High Temperature Short Time*) dalam pasteurisasi dan sterilisasi, konsep ini juga berlaku untuk proses pengeringan. Pengeringan suhu tinggi dan waktu singkat dapat mengurangi pembusukan dan kerusakan pada bahan pangan lebih dari waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu yang lebih rendah. Misalnya, jika kita ingin mengeringkan biji kopi dan mengeringkannya dengan *wall-mounted dryer* pada suhu 80°C selama 4 jam, akan menghasilkan biji kering yang kualitasnya lebih baik daripada pengeringan selama 2 hari.

8. Kadar air bahan

Keragaman kadar air awal bahan sering dijumpai pada proses pengeringan dan hal ini sering menjadi masalah. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi masalah ini adalah dengan cara mengurangi ketebalan bahan yang akan dikeringkan yaitu dengan cara membagi bahan menjadi beberapa bagian lebih kecil sehingga

memperkecil permukaan bahan yang akan dikeringkan. Kadar air akhir bahan merupakan tujuan akhir proses pengeringan. Besarnya kadar air awal dan akhir bahan akan menentukan lamanya proses pengeringan.

Kadar air dari suatu bahan dapat dinyatakan dengan dua cara yaitu berdasarkan bahan kering (*dry basis*) dan berdasarkan bahan basah (*wet basis*).

- a. Berdasarkan bahan kering (*dry basis*) yaitu perbandingan antara berat air didalam bahan tersebut dengan bahan keringnya. Berat bahan kering adalah berat bahan mula-mula setelah dikurangi dengan berat air yang dikeluarkan.
- b. Berdasarkan bahan basah (*wet basis*) yaitu perbandingan antara berat air didalam bahan tersebut dengan berat bahan basah.

Persamaan untuk menentukan kadar air menurut adalah :

$$KA_{bb} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: KA_{bb} = Kadar air berdasarkan bahan basah (*wet basis*)

W_0 = Berat Cawan (gr)

W_1 = Berat cawan + sampel (gr)

W_2 = Berat cawan + sampel setelah dikeringkan (gr)

b. Mekanisme pengeringan

Mekanisme pengeringan merupakan bagian terpenting dari teknologi pengeringan, karena dengan memahami mekanisme pengeringan dapat memperkirakan energi dan waktu proses yang optimal

untuk pengawetan melalui pengeringan. Energi yang dibutuhkan untuk pengeringan terutama energi panas untuk meningkatkan suhu dan meningkatkan daya transfer air. Lama perlakuan erat kaitannya dengan kecepatan pengeringan dan tingkat kerusakan yang dapat dikendalikan oleh pengeringan (Afrianti, 2008).

1. Kebutuhan energi

Energi yang digunakan untuk mengurangi kadar air pada pengeringan bahan pangan umumnya berupa energi panas. Saat pemanasan, fluiditas air dalam makanan diharapkan meningkat dan tekanan uap meningkat, sehingga air dapat mengalir keluar dari makanan. Oleh karena itu, energi panas digunakan untuk dua tujuan, yaitu (Afrianti, 2008):

- a. Energi panas untuk menaikkan suhu dari suhu pangan awal (T_1) ke suhu pengeringan konstan untuk menguapkan air (T_2).
- b. Energi panas untuk menguapkan air pada suhu T_2 atau energi panas untuk melengkapi panas laten dalam penguapan air pada suhu T_2 .

Energi untuk menguapkan air adalah energi yang digunakan untuk menguapkan air dalam bahan pangan selama proses pengeringan sampai tercapai kadar air yang dibutuhkan. Rumus yang digunakan adalah (Bahri, 2008):

$$Q3 = V \times Hfg \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : Q3 = energi untuk menguapkan air (kJ/s)

V = kecepatan udara (kgH₂O)

Hfg = panas laten suhu (kJ/kgH₂O)

Energi Bahan Bakar dihitung dengan persamaan:

$$Q4 = m.s \times Nbb \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan: Q4 = kalor hasil proses pembakaran (kJ/s)

Nbb = nilai kalor bahan bakar batas bawah (kJ/kg)

m.s = berat bahan bakar (kg/s)

Efisiensi thermal adalah perbandingan panas yang diserap atau yang dimanfaatkan (energi *output*) dengan energi yang diberikan oleh tungku (energi *input*). Performansi tungku dapat dinyatakan dengan efisiensi thermal. Efisiensi tungku dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta_t = \frac{Q3}{(Q1+Q2+Q4)} \times 100 \% \dots \dots \dots (5)$$

Besarnya energi yang dapat dimanfaatkan dari energi total yang diterima oleh kotak pengering untuk menguapkan air dalam biji kopi menunjukkan efisiensi alat pengering yang telah dibuat. Semakin besar energi yang dapat dimanfaatkan, semakin besar pula efisiensi alat pengering tersebut. Besarnya efisiensi dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{Q_5}{Q_3} \times 100 \% \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan: Q1 = energi masuk yang berasal dari kolektor (J/s)

Q2 = energi yang digunakan ulang (J/s)

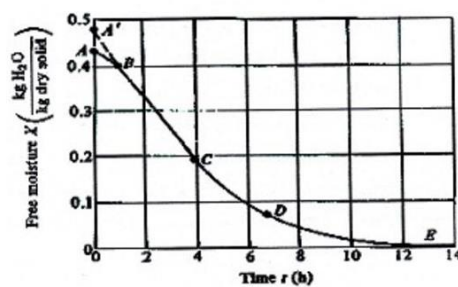
Q3 = energi yang keluar dari tungku (J/s)

Q4 = energi yang masuk (J/s)

Q5 = energi yang dibutuhkan untuk pengeringan (J/s)

2. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dalam proses pengeringan bahan pangan merupakan hal yang sangat penting. Karena laju pengeringan menggambarkan kecepatan terjadinya pengeringan. Laju pengeringan suatu bahan pangan umumnya diukur dengan jumlah air yang dikeluarkan per satuan waktu, satuan massa persatuan waktu, yang memiliki hubungan linier dengan penurunan kadar air pada tahap akhir proses pengeringan (Afrianti, 2008).



Gambar 2.2 Hubungan Kadar Air dengan Waktu
(sumber: Afrianti, 2008)

Menurut Afrianti (2008), pada laju pengeringan terdapat

beberapa periode laju pengeringan, yaitu:

- a) Tahap kecepatan laju pengeringan menurun yang pertama.
- b) Tahap laju pengeringan menurun yang kedua.
- c) Tahap kecepatan laju pengeringan tetap.
- d) Tahap kecepatan pengeringan menurun.

Laju pengeringan merupakan bagian penting dari optimasi proses dalam usaha pengendalian kualitas dan mutu hasil pengeringan. Laju pengeringan yang lebih rendah dan kecepatan pengeringan yang terlalu cepat dapat menyebabkan kerusakan fisik dan kimia pada bahan pangan. Laju pengeringan yang tidak terkontrol dengan baik akan menyebabkan pengerasan dan keretakan pada permukaan merupakan bentuk kerusakan fisik (Afrianti, 2008).

E. Mesin Pengering Bertenaga *Hybrid*

Pengering *hybrid* adalah pengering yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk menguapkan air. Pengering dengan menggunakan sistem *hybrid* pada prinsipnya sama dengan pengering mekanis pada umumnya. Ketika radiasi matahari berkurang atau tidak ada, radiasi matahari akan diubah menjadi energi panas dan digabungkan dengan panas yang dihasilkan oleh pembakaran. Pengering sistem *hybrid* juga menggunakan alat lain untuk membantu mensirkulasikan udara panas yang ditangkap dan didistribusikan di ruang pengering. Jika cuaca

cerah dan kering pada siang hari, energi matahari dimanfaatkan sepenuhnya, sedangkan pada malam hari atau dalam kondisi cuaca hujan atau mendung, energi tersebut digabungkan dengan energi gas atau biomassa.

Mesin pengering bertenaga *hybrid* bisa diartikan mesin pengering yang mempunyai atau memanfaatkan dua sumber energi dalam pengoperasiannya, biasanya kombinasi sumber energi yang sering digunakan adalah :

1. Mesin pengering bertenaga *hybrid* tenaga matahari dan biomassa.
2. Mesin pengering bertenaga *hybrid* tenaga matahari dan gas.
3. Mesin pengering bertenaga *hybrid* tenaga matahari dan listrik
4. Mesin pengering bertenaga *hybrid* gas dan biomassa.

Mesin pengering bertenaga *hybrid* sangat membantu dalam hal operasional yang memerlukan biaya murah untuk proses pengeringan. Mesin pengering bertenaga *hybrid* dapat digunakan untuk industri skala menengah dan industri UMKM untuk mengeringkan hasil produk pertanian dan perikanan.

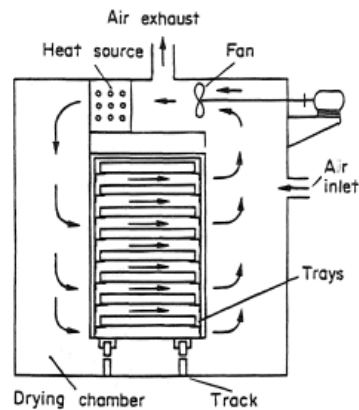
Pengering *hybrid* memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Keuntungannya adalah biaya operasi yang rendah, operasi terus menerus, tidak tergantung pada lokasi, waktu dan iklim, kadar air yang relatif seragam, proses pengeringan yang cepat, dan penggunaan dua sumber energi yang berbeda. Meskipun kekurangannya

adalah luas penampungan yang kecil dan terbatas untuk mengeringkan bahan pangan dalam bentuk padatan (Hardjosentono, 2004).

F. Alat Pengering Tipe Rak

Alat pengering tipe rak dengan berenergi listrik mempunyai dua ruang, yaitu ruang pemanas dan ruang pengering. Prinsip kerja dari alat pengering tipe rak menggunakan energi listrik adalah udara panas dari ruang pemanas dipompakan ke dalam ruang pengering. Aliran udara diatur oleh ruang pengarah ke arah ruang pengering. Udara panas akan melewati bahan dan menguapkan air dalam bahan. Udara dengan kadar air tinggi diarahkan ke luar oleh ruang pengarah ke luar alat pengering. Proses pemanasan dalam pengering tipe rak terjadi melalui pengaliran udara panas pada setiap rak (Hardanto dan Sulistyono, 2010).

Tray dryer atau lebih dikenal dengan alat pengering tipe rak, merupakan ruang pengering berbentuk persegi yang didalamnya terdapat rak-rak yang digunakan sebagai wadah bahan yang akan dikeringkan. Rak alat pengering tipe ini terbuat dari logam dengan alas yang berlubang. Lubang pada alas rak bertujuan untuk mengalirkan udara panas dan uap air. Luas rak dan besar lubang-lubang alas rak bergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Semakin kecil ukuran bahan yang akan dikeringkan, maka semakin kecil pula lubang-lubang alas rak yang digunakan (Hasibuan et al., 2020).



Gambar 2.3. Skema Alat Pengering Tipe Rak
(Sumber: Hasibuan et al., 2020).

G. Tungku Listrik

Tungku listrik merupakan tungku yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Transfer energi pada tungku terjadi dalam tahapan pembangkitan energi panas oleh elemen pemanas yang energinya disuplai dari energi listrik. Dimana dalam hal ini terjadi perubahan energi listrik menjadi energi panas (Pratama et al., 2018). Adapun rumus untuk menghitung daya yang digunakan pada pemanas adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \times Pf \quad (2.8)$$

$$P = I^2 \times R \quad (2.9)$$

Keterangan:

P = Daya (W),

V = Besar tegangan pada terminal elemen pemanas (V),

Pf = Power faktor,

I = Besar arus listrik yg melewati elemen pemanas (A)

R = Hambatan listrik elemen pemanas (ohm).

H. Analisis Teknis dan Finansial

a. Aspek Teknis

Aspek teknis meliputi standar pelaksanaan kegiatan usaha dan hal-hal yang mendukung pelaksanaan kegiatan usaha. Aspek teknis adalah aspek yang berkaitan dengan proses pengembangan teknis proyek dan pengoperasian setelah proyek selesai. Evaluasi teknis meliputi kapasitas produksi, teknologi, peralatan mesin dan proses produksi. Selain itu, juga menentukan penggunaan teknologi, apakah padat karya atau padat modal. Teknologi yang tepat memungkinkan perusahaan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dalam waktu yang lebih cepat dan dengan biaya yang lebih rendah. Aspek teknis sangat berpengaruh terhadap perkiraan biaya dan jadwal karena membatasi ruang lingkup proyek secara kuantitas (Soeharto, 1997).

Aspek teknis atau operasional disebut juga aspek produksi. Sangat penting untuk mengevaluasi kelayakan aspek ini sebelum operasi bisnis. Penentuan kelayakan teknis atau operasional perusahaan melibatkan masalah yang berkaitan dengan masalah teknis atau operasional, sehingga jika analisisnya tidak tepat akan berakibat fatal bagi perjalanan perusahaan di masa depan.

b. Aspek Finansial

Analisis keuangan untuk menentukan besarnya biaya yang harus dikeluarkan dan pendapatan yang akan diperoleh, serta untuk

menentukan proporsi sumber dana, yaitu melalui pinjaman, ekuitas atau investor. Kegiatan utama penilaian keuangan meliputi tiga item, yaitu pendapatan agregat, biaya agregat, dan pengujian arus kas yang dihasilkan sesuai dengan standar kualifikasi yang ada (Sofyan, 2003: 105).

1. Identifikasi Cost

Menurut Tjakrawiralaksana dan Soeriaatmadja (1983), menyatakan bahwa biaya adalah semua pengeluaran yang dinyatakan dengan uang, yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk dalam periode produksi tertentu. Dengan istilah lain, biaya merupakan nilai dari seluruh pengorbanan (unsur produksi) yang disebut input. Biaya produksi secara umum dibagi atas dua komponen yaitu komponen biaya tetap (*fixed cost*) dan komponen biaya tidak tetap (*variable cost*). Dalam dunia bisnis, biaya tetap sering disebut sebagai overhead, sedangkan biaya tidak tetap sering dinamai biaya operasional (*operating cost*).

- a) Biaya tetap adalah komponen biaya yang relatif konstan selama periode waktu tertentu karena tidak dipengaruhi oleh tingkat aktivitas atau kinerja produksi dalam kisaran kapasitas terpasang yang tersedia. Biaya tetap biasanya berkaitan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk memperoleh aktiva tetap yang dapat menghasilkan produk sesuai dengan kapasitas yang direncanakan. Biaya tetap yang dikeluarkan

meliputi biaya lisensi, pembayaran bunga dan pokok, biaya penyusutan mesin, dan gaji karyawan jangka panjang. Oleh karena itu, biaya tetap sering disebut sebagai biaya kepemilikan (Salengke, 2012).

- b) Biaya tidak tetap (*variable cost* atau *operating cost*) mengacu pada biaya operasi yang bervariasi sesuai dengan kinerja produksi atau tingkat aktivitas yang dilakukan. Biaya ini meliputi: biaya tenaga kerja langsung, biaya bahan langsung, biaya listrik dan bahan bakar, biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya bahan pendukung, dan biaya penyusutan aset.

2. Elemen Pembiayaan (*Cost elements*)

Dalam analisa ekonomi teknik, elemen pembiayaan dari suatu proyek atau proses produksi umumnya digolongkan atas beberapa kelompok sebagai berikut:

- a) Biaya investasi. Elemen pembiayaan ini dapat terdiri atas biaya pengadaan lahan, biaya pembangunan fasilitas fisik (gedung, instalasi listrik, instalasi air bersih, sistem transportasi, dll), biaya pengadaan mesin-mesin dan peralatan pendukung, biaya instalasi mesin-mesin, biaya pengadaan peralatan kantor serta biaya perizinan.
- b) Biaya operasional. Elemen pembiayaan ini dapat terdiri atas biaya pengadaan bahan baku, biaya listrik dan bahan bakar,

biaya tenaga kerja dan gaji staf, biaya bahan kemasan dan bahan pendukung lainnya, biaya distribusi, serta biaya umum dan operasional kantor.

- c) Biaya pemeliharaan dan perbaikan mesin-mesin dan peralatan lainnya.
- d) Pembayaran bunga dan pokok pinjaman.
- e) Biaya penyusutan aset fisik (mesin, peralatan, gedung, dan kendaraan operasional).
- f) Pajak perusahaan (pajak bumi dan bangunan, pajak pertambahan nilai dan pajak penghasilan).

3. Aliran Kas (*Cash Flow*)

Arus kas (*cash flow*) adalah aliran pendapatan dan pengeluaran kas untuk mengubah situasi proyek secara tunai atau setiap periode akuntansi (bulan, kuartal, semester, tahunan). Aliran arus kas berasal dari kegiatan pembiayaan, hasil penjualan produk atau investasi dari pihak lain. Aliran kas keluar (*cash outflows*) uang tunai disebabkan oleh pembiayaan keuangan. Oleh karena itu, arus kas adalah arus kas kesuatu bisnis atau proyek untuk mengubah kondisi kas proyek dan perusahaan periode waktu berikutnya dari periode waktu tertentu. Di dunia bisnis, arus kas dapat digunakan sebagai indikator untuk mengukur kekuatan keuangan, proyek dan nilai komersial, dan sangat penting menentukan bagi kehidupan Perusahaan (Salengke, 2012).

Berikut adalah kriteria-kriteria dari kelayakan finansial :

1. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah metode yang digunakan untuk membandingkan nilai sekarang dari arus kas masuk bersih dengan nilai sekarang dari investasi. Selisih antara nilai sekarang keduanya disebut *Net Present Value* (NPV) (Kasmir dan Jakfar, 2012:103).

Analisis NVP (*Net Present Value*) pada dasarnya untuk mengetahui apakah tingkat pengembalian suatu proyek lebih tinggi atau lebih rendah dari *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). Metode analisis ini akan memberikan informasi apakah suatu investasi menguntungkan. Salengke (2012) Nilai NPV suatu proyek atau investasi dihitung berdasarkan nilai bersih arus kas (*Net Cash Flow*) selama setiap periode selama beroperasinya proyek atau investasi tersebut dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NPV = \sum PV (Benefit - Cost) - Initial Investment Cost.....(7)$$

Keterangan: $\sum PV$ = Nilai sekarang

Benefit = Penerimaan

Cost = Biaya

Initial Cost = Investasi

Satu hal yang harus diingat dalam analisis NPV adalah bahwa nilai NPV = 0 harus diinterpretasi secara berbeda, tergantung pada dasar penentuan tingkat diskonto atau nilai MARR.

2. *Internal Rate of Return* (IRR)

Parameter ini disebut *Internal Rate of Return*, biasanya disingkat IRR. Nama lain yang sering digunakan untuk IRR adalah tingkat pengembalian *Rate of Return* (ROR), pengembalian investasi *Return of Investment* (ROI), tingkat pengembalian keseimbangan, dan indeks profitabilitas. Tingkat pengembalian IRR adalah tingkat bunga atau tingkat diskonto dari pinjaman yang belum dibayar, atau tingkat pengembalian atas nilai investasi yang belum dikembalikan. Jika pembayaran terakhir atau penerimaan terakhir diterima, maka semua penerimaan setara dengan nilai ekuivalen (Salengke, 2012).

Internal Rate of Return (IRR) adalah metode penghitungan suku bunga yang menyamakan nilai sekarang dari semua arus kas masuk dengan arus kas keluar proyek investasi (Suliyanto, 2010).

Jika nilai IRR lebih besar dari tingkat diskonto, proyek ini layak. Di sisi lain, jika tingkat pengembalian internal lebih rendah dari tingkat bunga saat ini, pelaksanaan proyek tidak layak untuk dilakukan.

3. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Ada dua aspek yang harus dipertimbangkan dalam menentukan kriteria dalam analisis *benefit cost*. Aspek pertama mengacu pada kelayakan finansial proyek, dan aspek kedua mengacu pada pemilihan alternatif terbaik dari serangkaian alternatif.

Perhitungan BCR dilakukan untuk melihat berapa keuntungan yang akan diperoleh proyek untuk setiap rupiah yang dikeluarkan untuk proyek tersebut. *Cost Benefit Ratio* (BCR) atau perbandingan antara pendapatan (profit) dan total biaya produksi (*cost*).

BCR menunjukkan jumlah perbandingan antara manfaat dan biaya. Tiga kriteria kelayakan finansial berdasarkan BCR (Purba, 1997), yaitu:

- i. Jika BCR lebih besar dari 1 (satu) maka *benefit* yang akan diperoleh selama umur teknis ekonomis proyek yang bersangkutan lebih besar dari *cost*, sehingga *feasible* (pembangunan/perluasan proyek yang bersangkutan dapat dilaksanakan).
- ii. Jika BCR sama dengan 1 (satu), maka *benefit* yang akan diperoleh selama umur teknis-ekonomis proyek yang bersangkutan hanya cukup untuk menutupi *cost*, sehingga proyek masih layak untuk dilaksanakan tergantung pada investor.
- iii. Jika BCR lebih kecil dari 1 (satu), maka *benefit* yang akan diperoleh selama umur teknis-ekonomis yang bersangkutan tidak cukup untuk menutupi *cost*, berarti proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

4. *Break Event Point* (BEP)

Break Even Point mengacu pada situasi di mana perusahaan tidak untung atau rugi, yaitu semua biaya dapat ditutupi oleh pendapatan penjualan (Harahap, 2007). *Payback Period* untuk volume penjualan minimum yang akan dilampaui merupakan kriteria tambahan dalam analisis kelayakan, yang digunakan untuk melihat jangka waktu yang diperlukan untuk membayar semua biaya investasi. BEP digunakan untuk menentukan jumlah penjualan yang dapat menutupi seluruh biaya perusahaan tanpa mengalami untung atau rugi.

Agar menguntungkan, pendapatan penjualan harus lebih tinggi dari titik pengembalian modal (BEP). Inti dari penelitian BEP adalah mengedepankan fakta bahwa nilai produksi atau tingkat penjualan tidak dapat melebihi titik ini, sehingga proyek yang bersangkutan tidak dapat menghasilkan keuntungan.

Analisis *Break Event Point* (BEP) digunakan tidak hanya untuk menganalisis volume penjualan, tetapi juga untuk mengetahui bahwa perusahaan tidak memperoleh laba atau rugi. Menggunakan konsep titik impas juga dapat membawa beberapa manfaat lainnya.

5. Analisis Sensivitas

Menurut Gittinger et al (1986), suatu proyek pada dasarnya menghadapi ketidakpastian karena dipengaruhi oleh perubahan, baik itu perubahan pengeluaran, yang pada akhirnya akan

mempengaruhi kelangsungan hidup proyek tersebut. Sehubungan dengan hal tersebut, dipandang perlu untuk menganalisis atau meninjau proyek untuk memahami dampak dari perubahan tersebut. Dasar perhitungan biaya atau manfaat produksi memiliki kemungkinan sebagai berikut:

- a) Perubahan harga *output*
- b) Perubahan tingkat produksi
- c) Perubahan biaya produksi
- d) Perubahan harga *input*

Metode analisis sensitivitas sering menggunakan metode ada tiga jenis, yaitu, metode grafik sensitivitas, analisis titik impas, dan metode analisis skenario.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2021 – Desember 2021 yang meliputi pengamatan lapangan dan analisis teknis finansial dari penggunaan mesin pengering *hybrid* sistem serta analisis mutu pati sagu.

Lokasi penelitian di perumahan dosen unhas Jl. Abd. Khayyam Kec. Tamalanrea Makassar dan untuk analisis mutu pati sagu (proksimat) dilakukan di laboratorium Processing Prodi Keteknikan Universitas Hasanuddin Makassar untuk pengujian kadar air, untuk pengujian kadar abu dilakukan di laboratorium kimia analisa dan pengawasan mutu pangan di Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar, dan pengujian warna dilakukan di GDLN Universitas Hasanuddin Makassar.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin pengering *hybrid* sistem, ayakan, baskom, thermometer, anemometer, jangka sorong dan timbangan digital untuk uji kinerja. Untuk uji mutu menggunakan buret, gelas ukur, lap basah pengaduk/sendok, oven, cawan, tanur listrik, desikator, Erlenmeyer, colorimeter, neraca analitik, spektrofotometrik dan