

**MODEL PENGERINGAN LAPISAN TIPIS GABAH PADI LOKAL
VARIETAS SIAM MUTIARA DARI LAHAN RAWA PASANG SURUT
KALIMANTAN SELATAN**

***THIN LAYER DRYING MODEL OF LOCAL RICE GRAIN SIAM
MUTIARA VARIETY FROM TIDAL SWAMP LAND IN
SOUTH KALIMANTAN***

**SETIAWATY RESKI DARITA
(G042202001)**



**PROGRAM MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGAJUAN TESIS

**MODEL PENGERINGAN LAPISAN TIPIS GABAH PADI LOKAL
VARIETAS SIAM MUTIARA DARI LAHAN RAWA PASANG SURUT
KALIMANTAN SELATAN**

***THIN LAYER DRYING MODEL OF LOCAL RICE GRAIN SIAM
MUTIARA VARIETY FROM TIDAL SWAMP LAND IN
SOUTH KALIMANTAN***

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Keteknikan Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**SETIAWATY RESKI DARITA
G042202001**

Kepada

**PROGRAM MAGISTER KETEKNIKAN PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

MODEL PENGERINGAN LAPISAN TIPIS GABAH PADI LOKAL
VARIETAS SIAM MUTIARA DARI LAHAN RAWA PASANG SURUT
KALIMANTAN SELATAN

SETIAWATY RESKI DARITA

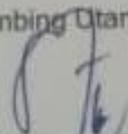
NIM: G042202001

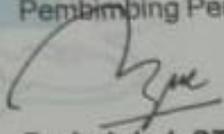
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Keteknikan Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
pada tanggal 10 April 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

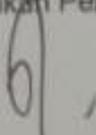
Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.
NIP. 19631231988111005


Dr. Ir. Iqbal, STP., M.Si., IPM.
NIP. 197812252002121001

Ketua Program Studi
Keteknikan Pertanian

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin


Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP
NIP. 196810071993032002


Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc.
NIP. 196312311988111005



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Setiawaty Reski Darita

NIM : G042202001

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya 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, 14 April 2023

Yang menyatakan



Setiawaty Reski Darita

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, dengan segala rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkah dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan baik. Tesis ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada program studi Keteknikan Pertanian, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin dengan judul “Model Pengeringan Lapisan Tipis Gabah Padi Lokal Varietas Siam Mutiara dari Lahan Rawa Pasang Surut Kalimantan Selatan”. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. **Prof.Dr.Ir. Salengke, M.Sc** dan **Dr.Iqbal, STP, M.Si, IPM** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan arahan selama pelaksanaan penelitian hingga penulisan tesis ini
2. **Prof.Dr.Ir. Junaedi Muhidong, M.Sc** , **Dr.rer.nat. Olly Sanny Hutabarat, S.TP, M.Si** dan **Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP**, selaku penguji yang telah meluangkan waktu guna memberikan saran dalam penulisan tesis ini.
3. Dosen Program Studi Keteknikan Pertanian yang telah mengajari dan memberikan tambahan ilmu dan wawasan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Para staf Departemen Teknologi Pertanian yang selalu siap dalam membantu pengurusan administrasi.
5. Warga Desa Jelapat I, Kecamatan Tamban, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Khususnya Bapak Ahmad dan keluarga yang telah membantu dalam pengambilan sampel di lahan sawah miliknya.
6. Keluarga dan teman hidup yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga selesai.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pembacanya.

ABSTRAK

Setiawaty Reski Darita. Model Pengeringan Lapisan Tipis Gabah Padi Lokal Varietas Siam Mutiara dari Lahan Rawa Pasang Surut Kalimantan Selatan. (dibimbing oleh Salengke dan Iqbal).

Sebagai makanan pokok dibanyak negara, padi merupakan tanaman budidaya yang paling penting. Indonesia merupakan produsen beras terbesar ketiga di dunia dengan produksi tahunan mencapai 54,65 juta ton. Provinsi Kalimantan Selatan memiliki 191.740 ha lahan rawa pasang surut, atau setara dengan 30% dari luas total wilayahnya. Varietas padi yang ditanam di wilayah ini sebagian besar adalah varietas lokal. Varietas ini menghasilkan nasi bertekstur pera yang disukai oleh masyarakat Kalimantan Selatan. Selain rasa dan tekstur, aspek fisik seperti keutuhan gabah juga penting bagi konsumen dan aspek ini dipengaruhi oleh proses pascapanen seperti pengeringan. Pada penelitian ini, mempelajari karakteristik pengeringan dari varietas Siam Mutiara. Sampel gabah Siam Mutiara dari Desa Jelapat 1, Kabupaten Barito Kuala dikeringkan dengan menggunakan alat *Fixed Bed Dryer* pada tiga suhu (40, 50 dan 60°C) dan kecepatan aliran udara 1 m/s. Sampel diletakkan dalam lima tray yang terbuat dari pipa PVC (diameter 4 inci, panjang 1 inci) dengan alas yang terbuat dari kawat kasa, kemudian kelima tray disusun secara vertikal. Setiap tray diisi dengan sampel gabah dengan ketebalan 1 cm kecuali tray paling bawah yang diisi hanya lapis gabah (dengan ketebalan rata-rata lebar gabah 1,66 mm). Suhu dan kelembaban pada setiap tray dipantau secara terus menerus dan berat sampel pada setiap tray diukur setiap 30 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban bervariasi pada setiap tray, dimana tray paling bawah memiliki suhu tertinggi dan kelembaban terendah. Namun, kadar air sampel disemua tray relatif sama, baik empat tray teratas yang terdiri dari 4 cm maupun tray terbawah dengan satu lapis gabah. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk varietas Siam Mutiara ini, ketebalan gabah 4 cm masih dapat dianggap sebagai pengeringan lapisan tipis. Pengaruh suhu pengeringan terhadap laju pengeringan signifikan. Selain itu, karakteristik pengeringan varietas ini paling sesuai dimodelkan dengan menggunakan model Page.

Kata Kunci: Siam Mutiara, Padi Lokal, Pengeringan Lapisan Tipis, Ketebalan Lapisan, *Fixed Bed Dryer*

ABSTRACT

Setiawaty Reski Darita. Thin Layer Drying Model of Local Rice Grain Siam Mutiara Variety from Tidal Swamp Land in South Kalimantan. (Supervisors: Salengke and Iqbal).

As staple food in many countries, rice is one of the most important cultivated plants. Indonesia is the third largest rice producer in the world with annual production of 54.65 million tons. South Kalimantan province has 191,740 ha of tidal swamp land, which equivalent to 30% of its total area. Paddy rice variety planted in this region is dominated by local varieties, such as Siam Mutiara. Local farmers prefer this variety due to its high demand and high selling price than other local rice varieties. This variety produces soft textured rice which is preferred by the people of South Kalimantan. In addition to the taste and texture, physical aspects such as wholeness of the grain is also important for consumers, and this aspect is affected by post-harvest processed such as drying. In this study, drying characteristics of Siam Mutiara variety was studied. Samples of Siam Mutiara from Jelapat 1 village, Barito Kuala district were dried using a Fixed Bed Dryer at three temperatures (40, 50, and 60°C) and an airflow rate of 1 m/s. The samples were dried in five trays made of PVC pipes (4" diameter and 1" length) which arranged vertically. The first four trays were used to dry paddy rice sample with a layer of 1 cm thick, and the lowest tray were used to dry the sample in a single layer grain (with average thickness of grain width 1,66 mm). The temperature and humidity at each tray was monitored continuously, and the weight of the sample in each tray was measured every 30 minutes. The results of this study indicate that the temperature and humidity varied among the trays, where the lowest tray had the highest temperature and the lowest air humidity. However, moisture content of the samples in all of the trays are relatively similar for both the top four trays (with total of 4 cm) and the lowest tray (single layer). This result indicates that for Siam Mutiara variety, a total of 4 cm thick layer can still be considered as a thin layer drying. It also found that the effect of drying temperature on drying rate is significant. In addition, the drying characteristic of this rice variety can be best modeled using Page Model.

Keywords: Siam Mutiara, Local Rice, Thin Layer Drying, Layer Thickness, *Fixed Bed Dryer*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGANTAR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KEASLIAN TESIS.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanaman Padi	5
2.2. Padi Lahan Rawa Pasang Surut	7
2.3. Konsep Dasar Pengeringan	12
2.4. Alat Pengering Tipe <i>Batch</i>	20
2.5. Model Pengeringan Lapisan Tipis	21
2.6. Model Pengeringan Lapisan Tipis Bahan Pertanian.....	22
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat.....	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Pembuatan Instrumen.....	25
3.4. Parameter Perlakuan	26
3.5. Parameter Pengamatan.....	27
3.6. Prosedur Penelitian.....	28
3.7. Layout Alat Pengering <i>Fix Bed Dryer</i>	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Suhu dan RH Udara Pengering berdasarkan Pengambilan Data (<i>Real Time Clock</i>) dari Rangkaian Sensor	32
4.2. Kadar Air.....	35
4.3. Laju Pengeringan.....	36
4.4. Moisture Ratio (MR).....	37
4.5. Model Pengeringan Lapisan Tipis Gabah Padi Lokal Varietas Siam Mutiara.....	39
4.6. Difusivitas Air Efektif	42
4.7. Dimensi Gabah Varietas Siam Mutiara	44
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Deskripsi Varietas Siam Mutiara.....	9
2. Karakteristik Beberapa Padi Varietas Lokal yang Banyak Dijumpai di Lahan Pasang Surut, Kalimantan Selatan.....	10
3. Perbandingan Karakteristik Morfologi dan Agronomi serta Kualitas Hasil Varietas Siam Saba dan Siam Mutiara	11
4. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis	22
5. Hasil Analisa Persamaan Matematika Model Pengeringan Lapisan Tipis Gabah Padi Lokal Varietas Siam Mutiara	39
6. Nilai R^2 , χ^2 dan RMSE Pengeringan Gabah Padi Lokal Varietas Siam Mutiara	40
7. Hasil Analisa Persamaan untuk Difusivitas Air Efektif	43
8. Dimensi Butir Gabah Siam Mutiara.....	45

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Tanaman Padi di Lahan Rawa.....	6
2. Anatomi Butir Beras.....	7
3. Pertanaman, Bentuk Malai, Gabah dan Beras Siam Mutiara	9
4. Alat Pengering Tipe <i>Batch dryer</i>	20
5. Rangkaian Pengukur Suhu dan Kelembaban pada Aplikasi	26
6. Bagan Alir Penelitian	30
7. Layout Alat Pengering Fixed Bed Dryer dan Susunan <i>Tray</i>	31
8. Grafik Suhu dari Data RTC (Real Time Clock) Rangkaian Arduino pada Suhu 40°C (a), 50°C (b) dan 60°C (c)	32
9. Grafik Kelembaban dari Data RTC (Real Time Clock) Rangkaian Arduino pada Suhu 40°C (a), 50°C (b) dan 60°C (c)	34
10. Grafik Penurunan Kadar Air pada Pengeringan di Suhu 40°C (a), 50°C (b) dan 60°C (c).....	35
11. Grafik Laju Penguapan Air pada Pengeringan di Suhu 40°C (a), 50°C (b) dan 60°C (c).....	37
12. Grafik Moisture Ratio terhadap Waktu Pengeringan pada Pengeringan di Suhu 40°C (a), 50°C (b) dan 60°C (c).....	38
13. Grafik MR Eksperimen dan MR Prediksi Model Page Terhadap Waktu Pengeringan pada Pengeringan di Suhu 40°C (a),50°C (b) dan 60°C (c).....	42
14. Butir Gabah Varietas Siam Mutiara.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Hasil Penimbangan Berat Sampel	49
2. Hasil Pengukuran Kadar Air	50
3. Pengumpulan Data dari Sensor DHT-22 pada <i>Tray</i>	52
4. Moisture Ratio (MR) dan Laju Penguapan Air.....	53
5. Model Eksponensial yang digunakan Menentukan Model Pengeringan	55
6. Dokumentasi Penelitian	57
7. Daftar Riwayat Hidup.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Padi (*Oryza Sativa*) merupakan tanaman budidaya terpenting karena menghasilkan beras sebagai makanan pokok dan sumber karbohidrat yang utama bagi mayoritas penduduk dunia, digunakan pula sebagai bahan pokok dalam pembuatan industri makanan seperti kue-kue basah maupun industri tepung beras. Dalam bidang ekonomi, beras merupakan sumber pendapatan sebagian masyarakat Indonesia, sebagai indeks penentuan kestabilan ekonomi dan landasan utama kebijakan pangan pemerintah. Sebelum menjadi beras, padi melalui beberapa tahapan salah satunya gabah yaitu hasil tanaman padi yang telah dipisahkan dari tangkainya dengan cara perontokan. Dalam perdagangan komoditas, gabah merupakan tahap yang penting dalam pengolahan padi sebelum dikonsumsi karena perdagangan padi dalam partai besar dilakukan dalam bentuk gabah. (Mardianto dkk, 2005)

Organisasi pangan dan pertanian (*Food and Agriculture Organization/FAO*) mengemukakan data bahwa padi Indonesia terus mengalami peningkatan yang cukup tinggi, yakni sebesar 54,65 juta ton pada tahun 2020. Sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil beras terbanyak ketiga di dunia. Di samping itu Indonesia juga menduduki posisi sebagai negara dengan konsumsi beras terbesar di dunia. Ada sekitar 270 juta penduduk Indonesia yang selama ini bergantung pada makanan pokok jenis beras. Adapun produksi padi di tahun tersebut mencapai 54,65 juta ton gabah kering giling, dimana produksi pada tahun 2019 hanya sekitar 54,60 juta ton. Terlihat angka tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 45,17 ribu ton secara keseluruhan produksi nasional.

Indonesia memiliki lahan rawa seluas 34,12 hektare, yang terdiri dari lahan rawa pasang surut seluas 8,92 juta hektare dan lahan rawa lebak seluas 25,20 juta hektare. Dalam rangka swasembada pangan serta mencapai target Indonesia sebagai lumbung pangan dunia tahun 2045. Lahan rawa sebagai

salah satu lumbung pangan nasional mengingat jumlah lahan pertanian yang produktif semakin menurun.

Kalimantan Selatan sebagai salah satu provinsi di Indonesia yang ikut andil dalam menyumbang produksi beras nasional terkenal dengan julukan “Kota Seribu Sungai” dan menjadi salah satu dari beberapa provinsi yang memiliki jumlah lahan rawa yang sangat luas dan banyak dimanfaatkan masyarakat setempat untuk bercocok tanam khususnya padi sawah pada lahan pasang surut. Dengan varietas lokal padi pasang surutnya yang masih sangat mendominasi. Luas lahan pasang surut tersebut sekitar 191.740 hektare atau 30% dari total luas lahan, dan dari luas lahan tersebut 146.612 hektare telah diusahakan, sedangkan sisanya tidak ditanami ataupun tidak diusahakan. Pemanfaatan dari luas lahan 146.612 hektare tersebut adalah untuk persawahan yang didominasi varietas lokal. (Balittra, 2014)

Barito Kuala merupakan kabupaten yang terletak di wilayah pemerintahan provinsi Kalimantan Selatan. Sebagian besar masyarakat di Kabupaten Barito Kuala adalah petani padi. Petani masih menanam padi varietas lokal yang dalam perkembangannya bersifat peka foto-periode, sehingga sawah yang ditanami varietas lokal hanya sekali dalam setahun dengan menyesuaikan pada genangan yang relatif dalam. varietas padi lokal biasanya telah beradaptasi dalam kurun waktu yang lama dimana varietas itu berasal, sehingga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap hama dan penyakit (biotik) maupun keracunan hara dan kondisi biofisik yang kurang optimum (abiotik). Salah satu varietas lokal yang populer dan cukup berkembang di lahan pasang surut adalah varietas Siam Mutiara.

Varietas Siam Mutiara ini diberi nama petani karena warna berasnya putih bersih seperti mutiara. Varietas ini memiliki keunggulan baik dari sebaran adaptasi pertanaman maupun dari potensi lainnya. Varietas Siam Mutiara diklaim baik untuk penderita diabetes karena kandungan kadar karbohidratnya yang rendah. Nilai ekonomi varietas Siam Mutiara lebih tinggi dibandingkan varietas lokal lainnya karena rasa dari nasinya yang disukai oleh masyarakat di Kalimantan Selatan.

Proses budidaya tanaman padi hingga diperoleh beras di Desa Jelapat I, Kecamatan Temban Kabupaten Barito Kuala masih menggunakan sistem serta alat yang tradisional. Pada pascapanen hasil dari panen dikeringkan dengan cara tradisional yaitu dikeringkan dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari langsung. Akan tetapi, metode ini tidak selalu bisa digunakan karena dipengaruhi

faktor cuaca. Gabah hasil panen memiliki kadar air sekitar 21-26 %, sedangkan kadar air maksimum gabah adalah 14 % (SNI 01-6128-1999). Saat ini sudah bermunculan berbagai teknologi alat pengeringan yang menggunakan alat mekanis yang dapat mempercepat proses pengeringan serta dapat dikontrol parameter-parameter yang diinginkan. Penanganan pascapanen mutlak dilakukan dengan baik untuk mempertahankan mutu gabah.

Pascapanen menjadi sangat penting untuk mempertahankan komoditas yang telah dipanen dalam kondisi baik serta layak dan enak dikonsumsi. Salah satu tahapan pascapanen untuk mempertahankan umur simpan gabah sebelum digiling yaitu pengeringan. Kerusakan dapat terjadi akibat terlambatnya proses pengeringan, proses pengeringan yang terlalu lama atau terlalu cepat serta pengeringan yang tidak merata. Suhu yang terlalu tinggi atau adanya perubahan suhu yang mendadak juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada gabah yang berdampak langsung pada mutu beras yang dihasilkan.

Model kinetika proses pengeringan dapat memberikan gambaran terkait laju perubahan fisik dari produk secara kuantitatif serta dapat memberikan data-data dasar yang dapat digunakan khususnya untuk proses perancangan alat pengering dalam skala yang lebih besar. Salah satu sistem pengeringan yang potensial digunakan untuk komoditas biji-bijian adalah pengeringan lapisan tipis. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian model pengeringan lapisan tipis gabah padi lokal varietas Siam Mutiara pada pengeringan dengan menggunakan alat pengering tipe *Fixed bed dryer* dengan ketebalan lapisan gabah dan suhu yang bervariasi dimana data yang diperoleh digunakan untuk memvalidasi beberapa model kinetika pengeringan lapisan tipis. Model pengeringan yang banyak digunakan meliputi model Lewis, Page, Henderson dan Pabis.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh suhu terhadap laju penguapan air, *moisture ratio* dan difusivitas air efektif pada gabah padi lokal yang dikeringkan menggunakan alat pengering *Fixed bed dryer*?
2. Bagaimana ketebalan gabah yang dapat dikategorikan lapisan tipis?
3. Bagaimana bentuk model yang sesuai untuk pengeringan lapisan tipis gabah padi lokal varietas Siam Mutiara?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model pengeringan lapisan tipis yang paling sesuai dengan karakteristik gabah padi lokal dan dapat mengidentifikasi tingkat ketebalan gabah yang dapat dikategorikan sebagai lapisan tipis.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan referensi dasar pemodelan pengeringan lapisan tipis gabah padi lokal sebagai informasi untuk pembuatan alat pengering padi lokal pada industri ataupun pabrik penggilingan padi lokal khususnya di Kalimantan Selatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Padi

Padi dengan nama latin *Oryza sativa L* merupakan komoditas tanaman pangan penghasil beras yang memegang peranan penting dalam kehidupan perekonomian dan penentu pengambilan kebijakan pemerintah Indonesia. Beras yang dijadikan sebagai makanan pokok sangat sulit untuk dapat digantikan oleh bahan makanan pokok lainnya seperti jagung, sagu, umbi-umbian dan sumber karbohidrat lainnya. Sehingga keberadaan beras menjadi perhatian utama masyarakat dalam memenuhi kebutuhan asupan karbohidrat harian agar dapat memberikan rasa kenyang dan sebagai sumber karbohidrat utama yang mudah diubah menjadi energi. Padi sebagai tanaman pangan penghasil beras ini dikonsumsi oleh sekitar 90% dari keseluruhan penduduk Indonesia untuk konsumsi sehari-hari sebagai makanan pokok (Saragih, 2001). Berdasarkan Kode Internasional Tatanama Tumbuhan (KITT), tanaman padi memiliki taksonomi sebagai berikut: (Dianti, 2010).

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)
Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
Kelas : *Liliopsida* (berkeping satu/monokotil)
Ordo : *Poales*
Familia : *Poaceae* (suku rumput-rumputan)
Genus : *Oryza*
Spesies : *Oryza sativa L.*

Padi berupa tanaman musiman yang tergolong dalam rerumputan dan memiliki umur yang pendek yaitu sekitar 3-4 bulan. Padi dapat digolongkan menjadi beberapa kategori antara lain berdasarkan keadaan beras, dibedakan atas beras biasa dan beras ketan. Berdasarkan cara dan tempat penanaman dibedakan menjadi 4 yaitu padi gogo adalah padi yang ditanam di daerah tagelan, padi biasa yaitu padi yang ditanam di sawah, padi gogo ditanam di

daerah tadah hujan dan padi lebak adalah padi yang ditanam di daerah rawa-rawa. (Dianti, 2010).

Tanaman padi dapat tumbuh pada daerah yang bersuhu tinggi dan mendapatkan sinar matahari yang lama. Temperatur rata-rata yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman padi berkisar antara 20 - 37.8°C. Pertumbuhan tanaman padi dipengaruhi oleh suhu daerah penanaman, lamanya daerah tersebut terkena sinar matahari, keadaan tanah, pH tanah, kandungan sulfat pada tanah, dan salinitas tanah. Padi baru dapat dipanen setelah mencapai kematangan, yaitu berkisar antara 90-260 hari, tergantung kepada lingkungan dan kondisi iklim (Grist, 1959).



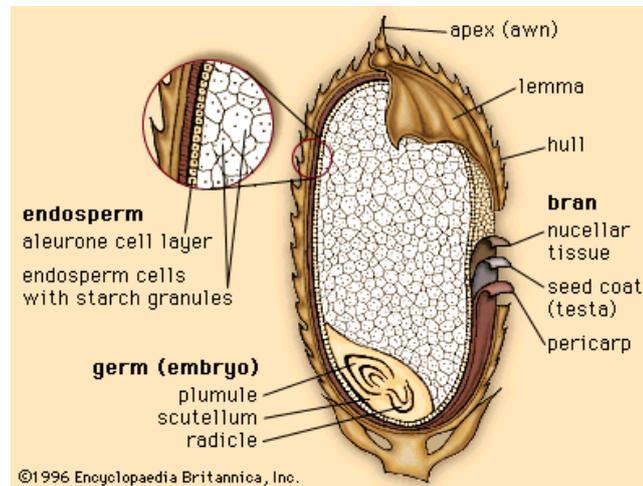
Gambar 1. Tanaman Padi di Lahan Rawa

Beras berasal dari tanaman padi yang telah menguning dan siap untuk dipanen. Beras secara biologi adalah bagian biji padi yang terdiri dari:

- a. *Aleuron*: lapis terluar yang sering kali ikut terbuang dalam proses pemisahan kulit.
- b. *Endospermia*: tempat sebagian besar pati dan protein beras berada.
- c. Embrio: merupakan calon tanaman baru (dalam beras tidak dapat tumbuh lagi, kecuali dengan bantuan teknik kultur jaringan). Dalam bahasa sehari-hari, embrio disebut sebagai mata beras (Muchtadi, 1992).

Lapisan aleuron merupakan lapisan yang menyelubungi endospermia dan lembaga. Lapisan aleuron terdiri dari 1-7 lapisan sel. Tiap jenis padi mempunyai variasi ketebalan. Beras yang berbentuk bulat cenderung mempunyai lapisan aleuron yang lebih tebal dari pada beras yang lonjong. Lapisan aleuron terdiri dari sel-sel parenkim dengan dinding tipis setebal 2 mm. Dinding sel aleuron

bereaksi positif dan terdapat zat pewarna untuk protein, hemiselulosa dan selulosa. Dalam sitoplasma, aleuron berisi aluerin (butiran aleuron). Untuk lebih jelasnya dapat terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Anatomi Butir Beras

Bulir beras tersusun dari tiga bagian utama, yaitu sekam (perkarap), bagian dalam (endosperm), dan germ. Endosperm merupakan bagian terbesar dari beras, yang di dalamnya mengandung pati. Pati tersusun dari amilosa dan amilopektin. Perbedaan kandungan amilosa dan amilopektin menentukan tingkat kepulenan atau keperaan beras. Beras yang mengandung amilosa tinggi menghasilkan nasi yang pera dan kering, sebaliknya beras yang mengandung amilosa rendah menghasilkan nasi yang lengket dan lunak.

Beras beramilosa sangat rendah dan rendah dikenal sebagai beras pulen, beras beramilosa sedang disebut sebagai beras pulen sedang, dan beras yang beramilosa tinggi disebut beras pera. Umumnya beras pulen memiliki bulir yang pendek sedangkan beras pera memiliki bulir yang panjang. Contoh beras yang tergolong beras pulen adalah beras Rojolele dan Mentik Wangi, sementara yang tergolong beras pulen sedang adalah IR 42 dan Unus Mayang, sedang yang tergolong beras pera adalah Siam Mutiara dan Siam Saba. (Laksami, 2021).

2.2. Padi Lahan Rawa Pasang Surut

Lahan rawa merupakan salah satu agroekosistem yang memiliki keragaman jenis tanaman spesifik, termasuk tanaman pangan. Hal ini karena beragamnya lingkungan tumbuh di lahan rawa akibat beragamnya jenis tanah dan tipe luapan atau genangan lahan. Keragaman varietas lokal padi di lahan rawa sangat besar, terutama di lahan pasang surut. Pada umumnya umur tanaman padi varietas

lokal yang ditanam di lahan lebak antara 4-5 bulan, lebih cepat berbuah daripada yang ditanam di lahan pasang surut yaitu antara 7-9 bulan. Hasil gabah bervariasi antara 1-3 ton/ha, tergantung kesuburan tanahnya.

Tinggi tanaman padi varietas lokal pasang surut bervariasi antara 105-180 cm dan jumlah anakan antara 10-24 batang. Malainya muncul penuh dengan tingkat kerontokan gabah sedang (6-25 %). Sudut daun datar dan sudut daun bendera antara sedang sampai datar, sedangkan sudut batang umumnya sedang (antara tegak sampai membuka). Tanaman yang tinggi dan kuat sesuai untuk lahan pasang surut yang genangan airnya tinggi. Malai yang muncul penuh memudahkan bagi petani memanen dengan ani-ani. Sudut daun yang datar dapat menekan pertumbuhan gulma di bawahnya sehingga mengurangi biaya penyiangan. (Izhar dan Saleh, 2015)

Di lahan rawa terdapat lebih dari 300 jenis padi varietas lokal dengan beragam karakteristik dan kualitasnya. Salah satu varietas lokal yang populer dan banyak ditanam petani di lahan pasang surut Kalimantan Selatan adalah Siam Mutiara yang tersebar luas di Kabupaten Barito Kuala. Varietas Siam Mutiara ini sudah dilepas oleh menteri Pertanian sebagai "varietas unggul lokal". Pelepasan varietas Siam Mutiara ini dalam pemuliaan dikenal dengan istilah Pemutihan varietas lokal. Varietas lokal ini diberi nama oleh petani sebagai Siam Mutiara karena warna berasnya putih bersih seperti mutiara. Varietas Siam Mutiara ini diduga berasal dari desa Anjir Seberang Pasar II, Kabupaten Barito Kuala, yang kemudian menyebar ke beberapa kecamatan yang ada di Kabupaten Barito Kuala. Sebagai varietas unggul di lahan rawa pasang surut varietas Siam Mutiara memiliki beberapa keunggulan baik ditinjau dari aspek budidaya maupun genetik. Keunggulan tersebut antara lain, minim penggunaan pestisida, minim penggunaan pupuk an organik (pupuk buatan), pengelolaan bahan organik, minim penyiangan, penggunaan benih lebih sedikit, toleran terhadap lingkungan (toleran keracunan besi), bentuk gabah dan rasa nasi disukai, sehingga harga jual lebih tinggi.

Tabel 1. Deskripsi Varietas Siam Mutiara

Karakteristik	Siam Mutiara
Asal	Desa Anjir Seberang Pasar II. Kec Anjir Pasar, Kab Barito Kuala
Golongan	Cere
Umur Tanaman	255 hari
Bentuk Tanaman	Tegak
Tinggi Tanaman	159,6 - 160,0 cm
Anakan Produktif	17 -19 anakan (sedang)
Warna Kaki	Hijau
Warna Batang	Hijau
Warna Daun	Hijau
Warna Lidah Daun	Putih
Warna Gabah	Kuning bersih
Bentuk Gabah	Ramping (silinder)
% Gabah Isi/malai	97,8 %
Jumlah Gabah/malai	214 – 215 butir
Kerontokan	Sedang
Kerebahan Tanaman	Agak tahan
Tektur Nasi	Pera
Rasa Nasi	Enak
Berat 1000 butir	17,6 – 17,7 gram
Kadar Amylose	28,28 %
Kadar Protein	8,12 %
Kadar Karbohidrat	48,88 %
Potensi Hasil	4,80 – 5,67 GKP

Sumber: Balittra, 2014



Gambar 3. Pertanaman, Bentuk Malai, Gabah dan Beras Siam Mutiara

Varietas lokal yang dikenal luas di lahan pasang surut Kalimantan Selatan adalah 'kelompok' varietas Siam, Bayar, Pandak dan Lemo (Tabel 2). Kelompok varietas Siam paling banyak dijumpai dengan berbagai variasi namanya di tingkat petani. Variasi nama ini dapat berdasarkan bentuk gabah, rasa nasi, nama petani maupun ciri-ciri khusus yang diterima petani setempat (Khairullah, 2015). Varietas bayar telah dibudidayakan petani pasang surut Kalimantan Selatan sejak tahun 1920, sedangkan varietas Lemo sekitar tahun 1956.

Tabel 2. Karakteristik Beberapa Padi Varietas Lokal yang Banyak Dijumpai di Lahan Pasang Surut, Kalimantan Selatan.

Karakter	Siam Unus	Pandak	Bayar Palas	Lemo Kwatik	Lakatan Gadur
Jumlah anakan	20	18	15	14	15
Tinggi tanaman	142	121	140	182	149
Umur (hari)	291	305	305	272	295
Panjang daun (cm)	58	44	46	44	47
Lebar daun (mm)	12	12	12	11	13
Panjang batang (cm)	118	95	116	154	121
Diameter batang (cm)	6,9	6,7	7,3	6,8	7,9
Panjang gabah (mm)	7,7	8,2	8,8	8,5	8,8
Lebar gabah (mm)	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8
Kerebahan (%)	5	0	0	10	25

Dua varietas padi lokal yang populer dan banyak ditanam petani di lahan pasang surut Kalimantan Selatan adalah Siam Saba dan Siam Mutiara. Siam Saba tersebar luas di Kabupaten Banjar dan Tanah Laut, sedangkan Siam Mutiara di Kabupaten Barito Kuala. Karakteristik kedua varietas ini adalah warna gabah kuning kecokelatan, bentuk gabah kecil ramping dengan warna beras putih, waktu berbunga dan masaknya serempak, bulir malai masak sempurna dan bernas, presentase gabah isi permalai cukup tinggi, dan rasa nasi yang sesuai dengan masyarakat Banjar. Kedua padi varietas lokal ini telah dilepas menjadi varietas unggul-lokal.

Tabel 3. Perbandingan karakteristik morfologi dan agronomi serta kualitas hasil varietas Siam Saba dan Siam Mutiara

Karakteristik	Siam Saba	Siam Mutiara
Asal	Desa Sungai Musang, Kec. Aluh-ALuh, Kab. Banjar	Desa Anjir Seberang Pasar II, Kec. Anjir Pasar, Barito Kuala
Golongan	Cere	Cere
Umur tanaman	240 hari	255 hari
Bentuk tanaman	Tegak	Tegak
Tinggi tanaman	149,9 – 150,9 cm	156,6-160,9 cm
Anakan produktif	Sedang (18,1 – 18,8 anakan)	Sedang (17-19 anakan)
Warna kaki	Hijau	Hijau
Warna batang	Hijau	Hijau
Warna daun	Hijau	Hijau
Warna daun telinga	Hijau pucat	Hijau pucat
Warna lidah daun	Putih	Putih
Buku batang	Sebagian besar terbungkus	Sebagian besar terbungkus
Permukaan daun	Agak kasar	Agak kasae
Posisi daun	Agak terkulai (45°)	Agak terkulai (45°)
Posisi daun bendera	Semi tegak (20-35°)	Semi tegak (30,13°-30,67°)
Bentuk gabah	Kecil ramping	Ramping (silinder)
Warna gabah	Kuning kecoklatan	Kuning bersih
% gabah isi/malai	96,4 %- 96,6 %	97,8%-98,7%
Jumlah gabah/malai	221,4 – 246,5 butir	214-215 butir
Kerontokan	Sedang	Sedang
Tangkai Malai	Keluar penuh	Keluar penuh
Kerebahan	Kurang tahan	Agak tahan
Tekstur nasi	Pera	Pera
Rasa nasi	Enak	Enak
Berat 1000 butir	17,6-17,9 gram	17,6-17,7 gram
Kadar Amilosa	29,75 %	28,28 %
Kadar Protein	7,36 %	8,12 %
Kadar Karbohidrat	81,69 %	48,88 %
Potensi hasil	4,50-5,50 t/ha GKP	4,80-5,67 GKP

Kadar protein Siam Mutiara lebih tinggi daripada Siam Saba, akan tetapi kadar karbohidrat Siam Saba lebih tinggi dibandingkan dengan Siam Mutiara. Kadar karbohidrat Siam Mutiara yang rendah sesuai untuk orang yang diet karbohidrat terutama bagi penderita diabetes melitus. Keterbatasan pengetahuan

mengakibatkan kesalahan pemahaman sejauh ini, dimana semua jenis beras dianggap sebagai pangan yang dapat meningkatkan kadar gula darah dengan cepat dan tinggi. Berdasarkan pemahaman tersebut, penderita diabetes cenderung mengurangi bahkan menghindari konsumsi nasi, padahal kisaran Indeks Glikemik sangat luas (Dahlan, 2009).

Dalam 100 gram nasi yang diolah dari beras Siam Mutiara memiliki serat yang cukup tinggi yaitu rata-rata sebesar 3,14%, kadar karbohidat yang rendah dengan rata-rata sebesar 12,3% dan nilai indeks glikemiknya juga rendah yakni rata-rata sebesar 52,335. Sehingga nasi dari beras Siam Mutiara dapat digunakan sebagai pemilihan bahan makanan yang tepat jenis dalam menjalankan diet diabetes melitus. (Suryani Nany *et.al*, 2020).

Menurut Haryadi (2008), terdapat perlakuan pemberian air dan uap panas terhadap gabah sebelum gabah tersebut dikeringkan. Tujuannya untuk menghindari kehilangan dan kerusakan beras, baik ditinjau dari nilai gizi maupun rendemen yang dihasilkan yaitu beras pratanak (*parboiled rice*). Mengonsumsi beras pratanak baik untuk penderita diabetes mellitus lebih difokuskan pada porsi makanannya terutama karbohidrat. Beras pratanak memiliki indeks glikemik rendah.

2.3. Konsep Dasar Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu metode pengawetan alami dan paling tua yang dilakukan dengan cara mengeluarkan atau menghilangkan sejumlah air dari pangan basah dengan menggunakan energi panas. Pengeluaran air dari bahan dilakukan sampai kadar air keseimbangan dengan lingkungan tertentu dimana jamur, enzim, mikroorganisme, dan serangga yang dapat merusak menjadi tidak aktif serta mencegah berbagai potensi reaksi kimia dan biokimia penyebab penurunan mutu pangan. Dengan demikian pangan yang dikeringkan akan lebih stabil dan memiliki umur simpan lebih lama. Metode pengeringan juga bisa dipilih sebagai metode pengawetan yang tepat khususnya jika tidak tersedia ruang penyimpanan dingin atau terdapat kendala terbatasnya kapasitas penyimpanan. Hal ini karena proses pengeringan akan membuat bahan mengalami susut massa dan susut volume, dengan demikian produk kering hanya membutuhkan ruang penyimpanan yang relatif lebih kecil (Nurul dan Djaeni, 2021).

Proses dari padi menjadi beras melalui beberapa proses tahapan pascapanen dimulai dari kegiatan pemanenan, perontokan, pengeringan dan penggilingan. Setiap tahapan proses dilakukan dengan teknologi yang berbeda-beda. Semua hasil pertanian mengandung air yang ada dipermukaan maupun yang ada didalamnya begitupun pada gabah. Yang merupakan butir padi yang telah lepas dari tangkai (jerami) dan masih berkulit. Gabah memiliki dua komponen utama yaitu air dan bahan kering. Banyaknya jumlah air yang dikandung dalam gabah disebut kadar air dan dinyatakan dalam persen (%). Pengeringan dilakukan karena kadar air gabah panen pada umumnya masih tinggi yaitu berkisar antara 20%-26% tergantung pada cuaca saat pemanenan. Pengukuran kadar air pada gabah dilakukan menggunakan alat khusus penghitung kadar air gabah. Pengeringan gabah dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar air sehingga gabah dapat disimpan lama, daya kecambah dapat dipertahankan, mutu gabah dapat dijaga agar tetap baik (tidak menguning, tidak berkecambah dan tidak berjamur), memudahkan saat proses penggilingan dan untuk meningkatkan rendemen serta menghasilkan beras gilingan yang baik.

Pengeringan gabah menjadi salah satu kegiatan pascapanen yang sangat penting, dengan tujuan agar kadar air gabah aman dari kemungkinan berkembangbiaknya serangga dan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Proses pengeringan harus sesegera mungkin dimulai sejak saat dipanen. Karena apabila pengeringan tidak dapat dilangsungkan, maka gabah sebaiknya tidak ditumpuk tetapi disebar untuk menghindarkan dari kemungkinan terjadinya fermentasi. Pengeringan akan semakin cepat apabila ada pemanasan, perluasan permukaan gabah padi dan aliran udara. Adapun tujuan pengeringan disamping untuk menekan biaya transportasi juga untuk menurunkan kadar air dari 20%-26% menjadi 14%, agar dapat disimpan lebih lama serta menghasilkan beras berkualitas baik. Proses pengeringan gabah sebaiknya dilakukan secara merata, perlahan-lahan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Pengeringan yang kurang merata, akan menyebabkan timbulnya retak-retak pada gabah dan sebaliknya gabah yang terlalu kering akan mudah pecah saat proses penggilingan. Sedangkan pada kondisi terlalu basah sulit untuk digiling juga kurang baik ditinjau dari segi penyimpanannya karena akan dengan mudah terserang hama gudang, cendawan, dan jamur.

Metode pengeringan gabah ada dua yaitu pengering alami (tradisional) dan pengering buatan. Pengeringan alami yaitu penjemuran gabah di bawah

sinar matahari. Metode ini adalah metode yang paling sering diterapkan dikarenakan sederhana dan ekonomis. Namun ada beberapa kelemahan dari pengeringan ini antara lain ketergantungan terhadap cuaca, pemakaian lahan yang begitu luas, waktu pengeringan yang lama, kualitas produk yang tidak seragam serta mudahnya kontaminasi benda asing. Sehingga munculah pengering buatan yang menggunakan panas tambahan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pengeringan dengan penjemuran. Pengeringan buatan mempunyai kelebihan dibanding pengeringan alami yaitu hanya memberikan tambahan energi dalam bentuk panas ke produk untuk menurunkan kandungan air dari produk. Sumber panas dapat diperoleh secara alami dari panas sinar matahari atau dari sumber panas buatan (listrik, kompor, atau sumber lainnya). Untuk mempercepat proses pengeringan bahan-bahan pertanian dilakukan dengan cara udara pengering disirkulasikan secara kontinu melewati bahan yang dikeringkan.

Menurut Taufiq (2004) faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua yakni faktor yang pertama berhubungan dengan udara pengering yaitu suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering serta kelembaban udara. Faktor yang kedua berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan yaitu ukuran bahan, kadar air awal, dan tekanan parsial didalam bahan. Adapun beberapa parameter yang memengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan, antara lain:

2.3.1. Pengaruh Suhu Udara Pengering

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat. Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer (Rahmayanti, 2015).

Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan, makin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringan. Akan tetapi pengeringan

yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan. Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang. Disamping itu penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak daya fisiologik biji-bijian/benih (Rahmayanti, 2015).

Menurut Setiyo (2003), pengeringan bahan hasil pertanian menggunakan aliran udara pengering yang baik adalah antara 45 °C sampai 75 °C. Pengeringan pada suhu di bawah 45 °C mikroba dan jamur yang merusak produk masih hidup, sehingga daya awet dan mutu produk rendah. Namun pada suhu udara pengering di atas 75 °C menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak, karena perpindahan panas dan massa air yang cepat yang berdampak perubahan struktur sel.

2.3.2. Kelembaban Relatif (RH) 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 (Rahmayanti,2015).

Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Apabila kelembaban udara tinggi, maka perbedaan tekanan uap air di dalam dan di luar bahan menjadi kecil sehingga menghambat pemindahan uap air dari dalam bahan ke luar. Pengontrolan suhu serta waktu pengeringan dilakukan dengan mengatur kotak alat pengering dengan alat pemanas, seperti udara panas yang dialirkan ataupun alat pemanas lainnya. Suhu pengeringan akan mempengaruhi kelembaban udara di dalam alat pengering dan laju pengeringan untuk bahan tersebut. Pada kelembaban udara yang tinggi, laju penguapan air

bahan akan lebih lambat dibandingkan dengan pengeringan pada kelembaban yang rendah (Taufiq, 2004).

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara di sekitar bahan tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban pada temperatur tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara, serta tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan (Mangsur, 2018).

2.3.3. Kecepatan Aliran Udara Pengering

Kecepatan aliran udara pengering adalah salah satu dari beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses pengeringan secara mekanik. Dimana udara pengering juga berpengaruh pada kecepatan difusi panas ke dalam molekul bahan sehingga temperatur di dalam molekul bahan menjadi meningkat. Peningkatan tersebut menyebabkan tekanan uap air dalam molekul bertambah sehingga air yang terkandung dalam bahan mudah keluar ke permukaan bahan (Mahayana, 2012).

Laju aliran udara pengeringan berfungsi untuk membawa energi panas yang selanjutnya mentransferkannya ke bahan dan membawa uap air keluar ruang pengering. Laju pengeringan yang cepat dapat terjadi jika udara pengering memiliki kandungan panas yang lebih seragam dengan volume dan laju aliran udara yang lebih besar sehingga memiliki kekuatan yang lebih besar pula untuk menembus lapisan bahan. Untuk pengeringan lapisan tipis biji-bijian sereal umumnya menggunakan kecepatan antara 0,5-2,33 m/s (Widyotomo dan Mulato, 2005).

2.3.4. Kadar Air Bahan

Kualitas fisik bahan terutama ditentukan oleh kadar air dan kemurnian bahan. Kadar air bahan adalah jumlah kandungan air di dalam butiran bahan yang biasanya dinyatakan dalam satuan (%) dari berat basah (*wet basis*). Sedangkan

tingkat kemurnian bahan merupakan persentase berat bahan bernas terhadap berat keseluruhan campuran bahan. Makin banyak benda asing atau bahan hampa atau rusak di dalam campuran bahan maka tingkat kemurnian bahan makin menurun (Haryadi, 2008).

Selama pengeringan, bahan pangan kehilangan kadar air, adapun dua basis yang digunakan untuk menunjukkan kandungan air dalam bahan adalah kadar air basis basah (MCwb) dan kadar air basis kering (MCdb). Kadar air basis basah adalah jumlah air yang terdapat dalam suatu massa bahan basah. Sedangkan kadar air basis kering adalah jumlah air yang terdapat dalam suatu massa bahan padatan kering. Kadar air basis basah (MCwb) dan kadar air basis kering (MCdb) ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut (Singh dan Heldman, 2009):

$$MC_{wb} = \frac{\text{Massa air}}{\text{Massa air} + \text{Massa padatan}} \times 100\% \quad (1)$$

$$MC_{db} = \frac{\text{Massa air}}{\text{Massa padatan}} \times 100\% \quad (2)$$

Kadar air dalam bahan pangan dapat ditentukan dengan dua metode yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Metode penentuan kadar air cara langsung merupakan pengukuran langsung kandungan air bahan. Sedangkan cara tidak langsung yaitu menentukan kandungan air dengan mengukur tahanan atau tegangan listrik yang ditimbulkan oleh air bahan, atau dengan mengukur penyerapan gelombang mikro, sonik atau ultrasonik oleh air bahan, atau dengan mengukur sifat spektroskopi air bahan. Analisis kadar air cara langsung dibedakan ke dalam beberapa metode, yaitu: dengan metode pengeringan, desikasi, termogravimetri, destilasi, dan metode Karl Fischer. Untuk analisis kadar air bahan cara tidak langsung dapat digunakan metode-metode listrik-elektronika, penyerapan gelombang mikro, penyerapan gelombang sonik dan ultrasonik, dan metode spektroskopi.

2.3.5. Moisture Ratio (MR)

Moisture Ratio atau rasio kelembaban merupakan kelembaban spesifik yang mana dipengaruhi oleh sifat udara basah yang umumnya mengacu pada massa udara kering yang dikandung oleh udara. Jadi defenisi rasio kelembaban adalah rasio massa uap air dan massa udara kering yang dikandung oleh udara pada volume dan temperatur yang tertentu.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

Dimana MR merupakan *Moisture Ratio* (rasio kelembaban), M_t merupakan kadar air pada saat t (waktu selama pengeringan, menit), M_0 merupakan kadar air awal bahan, dan M_e merupakan kadar air yang diperoleh setelah berat bahan konstan. Nilai satuan M_t , M_0 , dan M_e merupakan persentase dari kadar air basis kering bahan (Garvan *et al.*, 2011).

2.3.6. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dapat digunakan untuk menggambarkan seberapa cepat proses pengeringan berlangsung. Selain itu, memahami laju pengeringan juga bisa digunakan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan dari kadar air tertentu hingga kadar air produk yang diinginkan. Secara umum, laju proses pengeringan dibagi menjadi dua periode, yaitu: periode laju konstan dan periode waktu menurun. Pada periode laju konstan kecepatan penguapan air dipengaruhi oleh variabel proses pengeringan/kondisi lingkungan: suhu, kelembapan udara, kecepatan udara pengering. Sedangkan pada periode laju menurun, kecepatan penguapan air tidak lagi dipengaruhi faktor eksternal, namun sangat dipengaruhi oleh sifat pangan: komposisi, kadar air, bentuk, ukuran, ketebalan, porositas, difusivitas, konduktifitas, dll.

Karena proses pengeringan dapat terjadi dengan berbagai parameter proses yang berubah dan karakteristik bahan yang akan dikeringkan juga berbeda-beda, maka setiap bahan yang dikeringkan akan memiliki pola kurva laju pengeringan yang berbeda-beda. Bisa jadi laju penguapan suatu pangan didominasi periode laju konstan, namun bisa jadi didominasi periode laju menurun. Bahkan periode laju menurun bisa terjadi lebih dari satu kali. Hal ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik pangan yang akan dikeringkan. Total waktu pengeringan bisa diperkirakan dengan menjumlahkan total waktu pengeringan, baik pada periode konstan maupun pada periode menurun. Laju penguapan air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Laju Penguapan Air} = \frac{w_t - w_{t-1}}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

Dimana w_t merupakan berat bahan pada waktu (t , jam) dan w_{t-1} merupakan berat awal bahan sebelum waktu t serta t_1 dan t_2 merupakan perubahan waktu setiap jam. Laju penguapan air adalah banyaknya air yang

diuapkan setiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu.

2.3.7. Difusivitas Air Efektif

Dalam Pengeringan, difusivitas digunakan untuk mengindikasikan aliran kandungan air dari bahan. Pada periode *falling rate*, pengurangan kandungan air dikontrol terutama oleh difusi molekular. Koefisien difusivitas efektif ditentukan dengan penyesuaian model matematika untuk difusi cairan sesuai Hukum Fick Kedua dengan mengasumsikan bentuk geometri berupa silinder, kandungan air hanya bermigrasi secara difusi, mengabaikan penyusutan volumetrik, temperatur konstan, dan waktu pengeringan yang lama (Abano and Sam-Amoah 2011; Info 2013).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \cdot V^2 \cdot M \quad (5)$$

$$MR = \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

Dimana $4/\pi^2$ adalah faktor bentuk dan bergantung pada geometri bahan pengering ($4/\pi^2$ untuk silinder dan $6/\pi^2$ untuk bola). Dengan bertambahnya waktu, hanya satu suku pertama yang dapat digunakan untuk memperkirakan laju pengeringan ($n = 0$). Untuk waktu pengeringan yang lama maka dapat disederhanakan menjadi

$$\ln MR = \ln \frac{4}{\pi^2} \left(-\frac{\pi^2 \cdot D_{eff} \cdot t}{4L^2}\right) \quad (7)$$

Dari Persamaan di atas, difusivitas efektif dapat dihitung dengan memplot $\ln (MR)$ terhadap waktu pengeringan (t); ini memberikan garis lurus, yang kemiringannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$k = \frac{\pi^2 \cdot D_{eff}}{4L^2} \quad (8)$$

Dimana $MR = \text{moisture ratio}$. (rasio kadar air), M = kadar air saat waktu t (%), M_o = kadar air awal (%), M_e = kadar air kesetimbangan (%), t = waktu pengeringan (jam), K = Konstanta Pengeringan, N = Parameter pangkat pengeringan, A, B = Parameter-parameter pengeringan, $D_{eff} = \text{Effective moisture diffusivity}$ (m^2/detik), L = setengah tebal produk (m), $n = 1, 2, 3, \dots, 5$, R^2 = koefisien determinasi (Aregbesola et al. 2015).

2.4. Alat Pengeringan Tipe *Batch*

Proses pengeringan secara konvensional memiliki kelemahan yang kemudian menjadikan bermunculan berbagai alat mekanis pengeringan buatan yang menggunakan tambahan panas untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pengeringan dengan penjemuran. Pengeringan secara mekanis menggunakan tambahan panas memberikan beberapa keuntungan diantaranya tidak tergantung cuaca, kapasitas pengering dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas, serta kondisi pengeringan dapat dikontrol (Taufiq, 2004).

Salah satu alat pengering buatan yang banyak dikembangkan adalah alat pengering dengan tipe *Batch dryer*. Prinsip kerja alat pengering *Batch Dryer* adalah udara pengering dari ruang pemanas dengan bantuan Blower bergerak menuju ruang pengering melalui lubang - lubang yang terdapat pada saringan yang mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepaskan sebagian panasnya sehingga terjadi proses penguapan air dari bahan. Di dalam penggunaan alat pengering ini perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, dan tebal tumpukan bahan yang dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat tercapai (Tanggasari, 2014).



Gambar 4. Alat Pengering Tipe *Batch Dryer*

2.5. Model Pengeringan Lapisan Tipis

Pemodelan pengeringan terus berkembang dengan melibatkan proses-proses yang kompleks meliputi perpindahan massa, energi dan momentum. Pemodelan pengeringan dimulai dari sesuatu yang sederhana hingga yang kompleks yang semuanya dapat diterapkan sesuai dengan kondisi dan situasinya. Optimisasi proses dilakukan untuk mendapatkan kondisi-kondisi proses yang menghasilkan efisiensi pengeringan yang lebih baik dengan parameter-parameter proses yang dapat ditentukan dengan pengkorelasian model empiris terhadap data-data eksperimen yang dilakukan dengan metode-metode tertentu tergantung dari kompleks tidaknya persamaan yang dikorelasikan (Istadi dkk., 2002).

Proses pengeringan lapisan tipis adalah proses dimana uap air dihilangkan dari media yang berpori dengan proses penguapan, dimana udara pengeringan berlebih dilewatkan melalui lapisan tipis bahan sampai mencapai kadar air kesetimbangan. Proses untuk menghilangkan uap air dari produk pertanian tergantung pada jenis pengeringan yang dilakukan, suhu, kecepatan aliran udara dan kelembaban relatif serta kematangan produk (Yadollahinia *et al.*, 2008). Sedangkan menurut Henderson & Perry (1976). pengeringan lapisan tipis merupakan proses pengeringan dimana semua bahan yang terdapat dalam lapisan menerima langsung aliran udara dengan suhu dan kelembaban relatif yang mendekati konstan, dimana pada saat itu kadar air dan suhu bahan keduanya seragam menjelaskan hal yang sama bahwa pengeringan lapisan tipis merupakan suatu metode pengeringan dimana bahan dihamparkan dengan rata selanjutnya udara panas masuk melalui seluruh permukaan bahan yang dikeringkan.

Pada pengeringan lapisan tipis melalui lapisan biji-bijian yang memiliki kedalaman kernel tunggal, kondisi udara (tekanan, aliran, suhu dan kelembaban) tetap konstan selama waktu pengeringan, dengan berat sampel diambil secara berkala untuk menentukan kadar air. Terkadang, uji laboratorium lapisan tipis juga mengukur kondisi dari udara, suhu dan kelembaban. Hal ini digunakan untuk memvalidasi persamaan neraca panas dan massa. Pengeringan lapisan tipis adalah uji laboratorium dasar pengeringan untuk biji-bijian. Terutama digunakan untuk mendapatkan nilai konstanta pengeringan dan persamaan empiris proses *rewetting* (pembasahan kembali). Menurut Chakraverty, (1994),

dalam Sharon *et.al* (2016), ketebalan lapisan hingga 20 cm dianggap sebagai lapisan tipis.

Beberapa model matematika yang biasanya digunakan dalam pengeringan lapisan tipis bahan pangan hasil pertanian, antara lain:

Tabel 4. Model Matematika Pengeringan Lapisan Tipis

Nama Model	Model Matematika
Newton	$M_r = \exp(-kt)$
Henderson and Pabis	$M_r = a \exp(-kt)$
Page	$M_r = \exp(-kt^n)$
Logarithmic	$M_r = a \exp(-kt) + c$
Wang and Singh	$M_r = 1 + at + bt^2$
Two-terms	$M_r = a \exp(-k_1t) + b \exp(-k_2t)$
Diffusion Approach	$M_r = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$
Verma <i>et al</i>	$M_r = a \exp(-k_1t) + (1-a) \exp(-k_2t)$
Modified Henderson and Pabis	$M_r = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$
Midilli <i>et al</i>	$M_r = a \exp(-kt^n) + bt$
Aghbashlo <i>et al</i>	$M_r = \exp(-k_1t/1 + k_2t)$
Modified Page	$M_r = \exp[-(kt)^n]$
Two-terms Exponential	$M_r = a \exp(-kt) + (i - a) \exp(-kbt)$
Hii <i>et al</i>	$M_r = a \exp(-kt^n) + c \exp(-gt^n)$
Thompson	$M_r = A + Bt + Ct^2$
Fick's second law	$\delta M/\delta t = D[\delta^2 M/\delta r^2 + (2/r)(\delta M/\delta r)]$
Single-term	$M_r = A \exp(-kt)$
Three-terms exponential	$M_r = a \exp(-kt) + b \exp(-k_1t) + c \exp(-k_2t)$

Sumber : Meisami, *et al.*, 2010

2.6. Model Pengeringan Lapisan Tipis Bahan Pertanian

Model matematika dapat menjelaskan tentang mekanisme pengeringan yang menyediakan informasi mengenai temperatur yang dibutuhkan serta kelembabannya. Parameter-parameter model yang dapat ditentukan adalah difusivitas air efektif, konduktifitas panas efektif, dan konstanta pengeringan. Parameter tersebut pada model ini dapat berupa persamaan empiris ataupun konstanta yang dapat ditentukan melalui optimasi proses ataupun penentuan secara khusus sehingga diperoleh nilai-nilainya (Istadi, dkk., 2002). Model pengeringan lapisan tipis untuk bulir padi yang paling umum digunakan adalah *Exponential*, *Page*, dan *Approximate form of diffusion*. Oleh karena itu, model

berikut dipilih untuk penelitian ini agar sesuai dengan data pengeringan yang diamati:

1. *Exponential*

Model *Exponential* yang digunakan adalah model Newton. Model Newton merupakan sebuah model matematika pengeringan lapisan tipis yang juga disebut Model Lewis. Lewis mendeskripsikan bahwa perpindahan air dari makanan dan bahan pangan dapat ditunjukkan dengan analogi aliran panas dari tubuh ketika tubuh direndam dalam cairan dingin (Kashaninejad *et al.*, 2007).

$$MR_{\text{Newton}} = \exp(-kt) \quad (5)$$

Dimana MR_{Newton} merupakan rasio kelembaban (*moisture ratio*) dari Model Newton, k ialah konstanta pengeringan dan t merupakan waktu pengeringan (jam).

2. *Page*

Persamaan empiris yang paling umum digunakan untuk menggambarkan pengeringan lapisan tipis sereal adalah Model Page. Model Page merupakan model yang dimodifikasi dari Model Lewis. Page menyarankan model ini dengan tujuan untuk mengoreksi kekurangan-kekurangan dari Model Lewis. Model Page telah menghasilkan simulasi yang sesuai untuk menjelaskan pengeringan produk pertanian yang banyak dan juga lebih mudah digunakan dibandingkan dengan persamaan lainnya dimana perpindahan uap air secara difusi yang lebih sulit secara teoritis serta yang memerlukan waktu komputasi dalam proses pemasangan data (Kashaninejad *et al.*, 2007).

$$MR_{\text{Page}} = \exp(-kt^n) \quad (6)$$

Dimana MR_{Page} merupakan rasio kelembaban (*moisture ratio*) dari Model Page, k merupakan konstanta pengeringan, n merupakan konstanta pengeringan, nilai n bervariasi tergantung pada materi yang digunakan dan t merupakan waktu pengeringan (jam).

3. *Approximate form of diffusion*

Persamaan *Approximate form of diffusion* untuk pengeringan lapisan tipis yang sering digunakan adalah Model Henderson dan Pabis. Ada berbagai model pendekatan yang telah digunakan oleh para peneliti dalam pemodelan pengeringan terkait karakteristik produk makanan dan bahan pertanian. Bentuk paling sederhana dari berbagai model pendekatan tersebut direpresentasikan sebagai Model Henderson dan Pabis sebagai bentuk sederhana dari

serangkaian bentuk penyelesaian umum hukum Fick II (Kashaninejad *et al.*, 2007).

$$MR_{\text{Henderson \& Pabis}} = a \exp(-kt) \quad (7)$$

Dimana $MR_{\text{Henderson \& Pabis}}$ merupakan rasio kelembaban (*moisture ratio*) dari Model Henderson dan Pabis, a dan k merupakan konstanta pengeringan serta t merupakan waktu pengeringan (jam).

Menurut kesesuaian antara data eksperimen dengan *thin layer model*/prediksi model dievaluasi berdasarkan nilai dari *Coefficient of Determinant* (R^2), penurunan nilai *chi square* (χ^2) dan *root mean square error* (RMSE). Model yang diuji dianggap sempurna jika nilai $R^2 = 1$, dengan kata lain R^2 merupakan petunjuk validasi data dimana $0,8 < R^2 < 1$ dan mempunyai nilai χ^2 dan RMSE paling rendah. Nilai χ^2 dan RMSE dapat dihitung dengan rumus, sebagai berikut:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pred},i})^2}{N - Z} \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MR_{\text{exp},i} - MR_{\text{pred},i})^2}{N}} \quad (9)$$

Dimana $MR_{\text{exp},i}$ adalah *moisture ratio* dari data eksperimen, $MR_{\text{pred},i}$ adalah *moisture ratio* prediksi dari data model matematika pengeringan lapisan tipis yang digunakan, N adalah jumlah data pengamatan dan Z adalah jumlah konstanta yang ada pada model matematika pengeringan yang digunakan.