



Tesis - TF185471

**SISTEM PEMERINGKATAN KUALITAS BERAS  
BERBASIS TEKNIK SPEKTROSKOPI BIMODAL:  
*FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN  
LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY  
(LIBS)***

**WILDA PRIHASTY  
NRP. 02311850010008**

Dosen Pembimbing  
Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020





Tesis - TF185471

**SISTEM PEMERINGKATAN KUALITAS BERAS  
BERBASIS TEKNIK SPEKTROSKOPI BIMODAL:  
*FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN  
LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY  
(LIBS)***

WILDA PRIHASTY  
NRP. 02311850010008

Dosen Pembimbing  
Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.

Departemen Teknik Fisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020



## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (MT)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**WILDA PRIHASTY**

**NRP. 02311850010008**

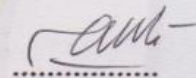
Tanggal Ujian : 6 Januari 2020

Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui oleh :

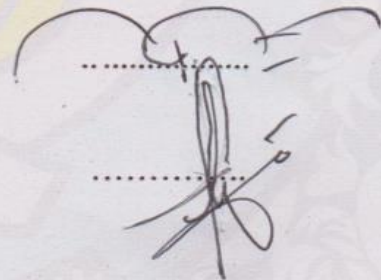
**Pembimbing:**

1. Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.  
NIP. 19671117 199702 1 001



**Penguji:**

1. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19780902 200312 1 002
2. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.  
NIP. 19500402 197901 1 001



Kepala Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**

NIP: 19711113 199512 1 002

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**SISTEM PEMERINGKATAN KUALITAS BERAS  
BERBASIS TEKNIK SPEKTROSKOPI BIMODAL: *FOURIER  
TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN LASER INDUCED BREAKDOWN  
SPECTROSCOPY (LIBS)***

**Nama Mahasiswa : Wilda Prihasty**  
**NRP : 02311850010008**  
**Program Studi : Pascasarjana Teknik Fisika**  
**Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.**

**ABSTRAK**

Beras merupakan makanan pokok dan menjadi sumber utama karbohidrat bagi masyarakat Indonesia. Indonesia berada pada posisi ketiga dari negara penghasil beras terbesar di dunia. Jenis dan kualitas beras yang dihasilkan pun beragam. Berdasarkan SNI 6128:2015, mutu beras diklasifikasikan berdasarkan bentuk, warna, derajat sosoh dan kadar air dari bulir beras. Disisi lain, beras dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tubuh, sehingga perlu untuk mengetahui kandungan nutrisi dari beras tersebut. Komposisi terbesar dari beras adalah pati, yang mendominasi hingga 85%. Pati terdiri dari 2 karbohidrat polimer yang disebut amilosa dan amilopektin. Kandungan lain yang dimiliki oleh beras adalah zat antioksidan yang dapat mencegah sejumlah penyakit, seperti ; kanker, serangan jantung, penyumbatan pembuluh darah serta melindungi sistem saraf pusat. Molekul yang memiliki peran sebagai antioksidan pada beras adalah fenolik, flavonoid dan antosianin. Guna memenuhi nutrisi dalam tubuh penting untuk mengetahui jenis beras yang memiliki kandungan nutrisi terbaik. Metode yang paling sering digunakan untuk mengetahui kandungan nutrisi pada beras saat ini adalah metode analisis kimia. Penggunaan metode tersebut memerlukan waktu yang cukup lama serta preparasi sampel yang cukup sulit. Oleh sebab itu, metode pengukuran berbasis spektroskopi yang tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit adalah solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut. Pada penelitian ini, dilakukan sebuah penelitian pendahuluan untuk membangun metoda prediksi yang akurat atas kandungan amilosa, fenolik dan flavonoid, serta elemen yang terkandung pada beras. Metode analisa kimia digunakan untuk mengetahui kadar amilosa, fenolik dan flavonoid pada beras dan sebagai validasi dari sistem prediksi. Sistem prediksi dilakukan menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS) untuk mengetahui kadar amilosa, fenolik, dan flavonoid dari beras berdasarkan spektrum *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang tervalidasi dengan pengukuran kadar sampel larutan standar. Sehingga, diharapkan nantinya dapat

digunakan untuk mengukur kadar amilosa, fenolik dan flavonoid hanya berdasarkan spektrum FTIR dari beras, tanpa perlu dilakukan preparasi sampel yang rumit. Sementara itu, *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) digunakan untuk mengetahui elemen yang terkandung pada beras. Pada penelitian ini juga dilakukan pengelompokan dan klasifikasi kualitas beras menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan sistem prediksi kandungan amilosa, fenolik dan flavonoid dengan nilai koefisien determinasi secara berturut-turut adalah 0,95 ; 0,86 ; 0,95 serta nilai RMSE secara berturut-turut adalah 1,4 ; 0,72 ; 0,44. Berdasarkan spektrum LIBS yang didapatkan dari 13 jenis beras, elemen yang terkandung pada beras adalah Mg, Fe, Na, K, Ca, C, H dan O. Hasil pengelompokan berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS yang didapatkan, kualitas jenis beras terklasifikasi menjadi 3, yaitu beras kualitas tinggi, beras premium dan beras medium.

**Kata Kunci : Kualitas Beras, Sistem Pemeringkatan, *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS), *Partial Least Square* (PLS), *Principal Component Analysis* (PCA).**



***RICE GRAIN QUALITY GRADING SYSTEM BASED ON BIMODAL SPECTROSCOPY TECHNIQUE: FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) DAN LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)***

**Name** : Wilda Prihasty  
**NRP** : 02311850010008  
**Study Program** : Pascasarjana Teknik Fisika  
**Supervisor** : Dr.rer.nat. Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.

**ABSTRACT**

Rice is a staple food and the main source of carbohydrates for Indonesian people. Indonesia is in the third position of the world's largest rice producer. The type and quality of rice produced is also varied. Based on SNI 6128:2015, the quality of rice is classified by form, color and moisture content from rice grain. On the other hand, rice is consumed to fulfill the nutritional needs of the body, so it is necessary to know the nutrient content of the rice. The largest composition of rice is starch, which dominates up to 85%. Starch consists of 2 carbohydrate polymers called amylose and amylopectin. Other content belonging to rice is an antioxidant substance that can prevent a number of diseases, such as cancer, heart disease, obstruction of blood vessels and protecting the central nervous system. Molecules that have a role as antioxidants in rice are phenolic, flavonoids and anthocyanins. Therefore, to fulfill nutrients in the body is important to know the type of rice that has the best nutrient content. The most commonly used method to find out nutrient content in rice is a chemical analysis based method. The use of these method requires a considerable time and sample preparation that is quite difficult. Therefore, spectroscopic-based measuring methods that do not require complicated sample preparation are the solution of these problems. In this study, a preliminary research is conducted to develop an accurate prediction method of amylose, phenolic and flavonoid content, also elements contained in rice. Methods of chemical analysis are used to determine the levels of amylose, phenolic and flavonoids in rice which are then used as a validation from prediction system. The predictive system is carried out using the Partial Least Square (PLS) method to determine the levels of amylose, phenolic, and flavonoids from rice based on the Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrum that validated with standard solution measurement. Therefore, it is expected that later it can be used to measure the levels of amylose, phenolic and flavonoids only based on the FTIR spectrum of rice, without complicated sample preparation. Meanwhile, Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) is used to figure out the elements contained in the rice. In this research also carried out clustering and classification of rice quality using Principal Component Analysis (PCA) method based on the

Spectrum FTIR and LIBS. The results of this research, obtained a prediction system to determine levels of amylose, phenolic and flavonoids with the value of coefficient of determination 0.95; 0.86; 0.95 respectively and the RMSE value 1.4; 0.72; 0.44 respectively. Based on the spectrum of LIBS obtained from 13 types of rice, the elements contained in the rice are Mg, Fe, Na, K, Ca, C, H and O. Results of clustering based on the FTIR spectrum and LIBS obtained, the quality of the type of rice classified into 3, namely High quality rice, premium rice and medium rice.

**Keywords : Rice Grain Quality, Grading System, Fourier Transform Infrared (FTIR), Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS), Partial Least Square (PLS), Principal Component Analysis (PCA).**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tesis yang berjudul “Sistem Pemeringkatan Kualitas Beras Berbasis Teknik Spektroskopi Bimodal: *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS)”. Pada kesempatan ini, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Suyanto, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
  2. Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam proses pengerjaan tesis.
  3. Segenap Bapak/Ibu dosen, khususnya pengampu bidang minat rekayasa fotonika di Departemen Teknik Fisika-ITS yang telah banyak memberikan ilmu penulis selama diperkuliahkan.
  4. Suami, kedua orang tua, kedua mertua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, bantuan dan motivasi.
  5. Pascasarjana Teknik Fisika ITS angkatan 2018 yang saling memberikan semangat, doa seta selalu menghibur.
  6. Sahabat-sahabat penulis yang telah mendoakan untuk kelancaran tugas akhir.
- Dan pihak lain yang telah membantu penulis menyelesaikan tesis ini.

Penulis mengucapkan mohon maaf atas ketidaksempurnaan dalam penulisan laporan tesis ini. Semoga laporan tesis ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 10 Januari 2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1. Spektroskopi Sebagai Metode Analisa Kandungan dan Kualitas Bahan Makanan .....	7
2.2. Beras .....	8
2.3. Penentuan Kadar Amilosa dan Kapasitas Antioksidan pada Beras Menggunakan Spektroskopi .....	9
2.4. Spektroskopi .....	10
2.5. LIBS ( <i>Laser Induced Breakdown Spectroscopy</i> ).....	11
2.6. Spektroskopi FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ) .....	12
2.7. Amilosa.....	13
BAB III METODE PENELITIAN .....	17
3.1. Prosedur Penelitian.....	17
3.1.1. Studi Literatur .....	18
3.1.2. Persiapan Alat dan Bahan.....	18
3.1.3. Ekstraksi Sampel.....	18
3.1.4. Pembuatan Kurva Standar .....	19
3.1.5. Uji Absorbansi Ekstrak Sampel .....	20
3.1.6. Pengambilan Data FTIR Sampel.....	21
3.1.7. Pemodelan Prediksi Menggunakan <i>Partial Least Square</i> (PLS).....	21
3.1.8. Validasi.....	21
3.1.9. Pengambilan Data Spektrum LIBS .....	22

3.1.10.	Analisa Elemen pada Beras .....	22
3.1.11.	Pengelompokan Data Spektrum FTIR dan LIBS Menggunakan <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	22
3.1.12.	Analisa Kualitas Beras .....	23
3.2.	Tempat Penelitian.....	23
3.3.	Jadwal Penelitian.....	23
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		25
4.1.	Pengukuran Kadar Amilosa, Fenolik dan Flavonoid. ....	25
4.1.1.	Amilosa.....	25
4.1.2.	Fenolik .....	27
4.1.3.	Flavonoid .....	29
4.2.	Data FTIR Beras .....	32
4.2.1.	Identifikasi Senyawa Amilosa dari Spektrum FTIR .....	33
4.2.2.	Identifikasi Senyawa Fenolik dari Spektrum FTIR .....	35
4.2.3.	Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Spektrum FTIR.....	35
4.3.	Prediksi Kadar Amilosa, Fenolik dan Flavonoid Menggunakan Analisa Statistik <i>Partial Least Square</i> .....	36
4.3.1.	Hasil Prediksi Kadar Amilosa.....	37
4.3.2.	Hasil Prediksi Kadar Fenolik.....	38
4.3.3.	Hasil Prediksi Kadar Flavonoid .....	40
4.3.4.	Penelitian Terdahulu Terkait Pengukuran Kadar Nutrisi dari Beras.....	41
4.4.	Data LIBS beras .....	42
4.5.	Analisa Elemen pada Beras .....	43
4.6.	Pengelompokan Jenis Beras.....	45
4.7.	Penelitian Terdahulu Terkait Pengelompokan Jenis Beras .....	53
4.8.	Analisa Peningkatan Kualitas Beras .....	55
BAB V PENUTUP .....		59
5.1.	Kesimpulan .....	59
5.2.	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA .....		61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> Mekanisme proses absorpsi dan emisi (Methods, 1856).....	11
<b>Gambar 2. 2.</b> Skema LIBS .....	12
<b>Gambar 2. 3.</b> Skema FTIR.....	13
<b>Gambar 2. 4.</b> Struktur kimia amilosa .....	13
<b>Gambar 2. 5.</b> Spektrum penyerapan a). amilosa maizena murni, b). amilosa kentang, c) amilosa sintetis (Knutson, 2000) .....	14
<b>Gambar 3. 1.</b> Diagram alir penelitian .....	17
<b>Gambar 3. 2.</b> Set up pengujian absorbansi ekstrak sampel.....	21
<b>Gambar 3. 3.</b> Komponen dan penyusunan set up LIBS .....	22
<b>Gambar 4. 1</b> Spektrum absorbansi amilosa berbagai jenis beras .....	25
<b>Gambar 4. 2.</b> a). Spektrum amilosa murni b). Kurva standar amilosa .....	26
<b>Gambar 4. 3.</b> Spektrum absorbansi fenolik berbagai jenis beras .....	28
<b>Gambar 4. 4.</b> a). Spektrum fenolik murni b). Kurva standar fenolik .....	28
<b>Gambar 4. 5.</b> Spektrum absorbansi flavonoid berbagai jenis beras .....	30
<b>Gambar 4. 6.</b> a). Spektrum flavonoid murni b). Kurva standar flavonoid.....	31
<b>Gambar 4. 7.</b> Dokumentasi pengambilan data FTIR.....	32
<b>Gambar 4. 8.</b> Spektrum FTIR masing-masing beras.....	33
<b>Gambar 4. 9.</b> Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang 9000 nm - 11000 nm .....	34
<b>Gambar 4. 10.</b> Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang 2700 nm – 3400 nm .....	35
<b>Gambar 4. 11.</b> Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang 5500 nm – 7700 nm .....	36
<b>Gambar 4. 12.</b> Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar amilosa .....	38
<b>Gambar 4. 13.</b> Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar fenolik .....	39
<b>Gambar 4. 14.</b> Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar flavonoid .....	40
<b>Gambar 4. 15.</b> a. alat pembuat palet, b. beras yang telah dibuat menjadi palet beras .....	42
<b>Gambar 4. 16.</b> Spektrum LIBS beras .....	43
<b>Gambar 4. 17.</b> Hasil pengelompokan spektrum FTIR.....	46
<b>Gambar 4. 18.</b> Hasil pengelompokan spektrum LIBS.....	48

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan Penelitian .....	23
<b>Tabel 4. 1.</b> Tabel kadar amilosa masing-masing jenis beras .....	26
<b>Tabel 4. 2.</b> Tabel kadar fenolik total masing-masing jenis beras.....	29
<b>Tabel 4. 3.</b> Tabel kadar flavonoid total masing-masing jenis beras.....	31
<b>Tabel 4. 4.</b> Panjang gelombang indikator keberadaan senyawa amilosa .....	34
<b>Tabel 4. 5.</b> Panjang gelombang indikator keberadaan senyawa amilosa .....	36
<b>Tabel 4. 6.</b> Tabel kadar amilosa dari pengukuran dan prediksi .....	37
<b>Tabel 4. 7.</b> Tabel kadar fenolik dari pengukuran dan prediksi .....	38
<b>Tabel 4. 8</b> Tabel kadar flavonoid dari pengukuran dan prediksi .....	40
<b>Tabel 4. 9.</b> Tabel Penelitian Terdahulu Terkait Pengukuran Kadar Nutrisi Beras	41
<b>Tabel 4. 10.</b> Tabel Elemen yang Terdapat pada Beras berdasarkan Spektrum LIBS Hasil Pengukuran .....	43
<b>Tabel 4. 11.</b> Tabel elemen terkandung di setiap jenis beras dan nilai intensitasnya .....	44
<b>Tabel 4. 12.</b> Kelompok jenis beras berdasarkan spektrum FTIR.....	47
<b>Tabel 4. 13.</b> Pengelompokan jenis beras berdasarkan spektrum LIBS .....	49
<b>Tabel 4. 14.</b> Kualifikasi elemen pada tiap jenis beras .....	51
<b>Tabel 4. 15.</b> Tabel konversi kualifikasi berdasarkan intensitas .....	51
<b>Tabel 4. 16.</b> Tabel Penelitian Terdahulu Terkait Pengelompokan Jenis Beras .....	53
<b>Tabel 4. 17.</b> Pemeringkatan Kualitas Beras Berdasarkan Spektrum LIBS .....	56
<b>Tabel 4. 18.</b> Pemeringkatan kualitas beras .....	57

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Beras merupakan makanan pokok dan menjadi sumber utama karbohidrat bagi masyarakat Indonesia. Konsumsi beras perkapita dalam satu minggu mencapai 1,571 kg (Publikasi Statistik Indonesia, 2018). Angka tersebut merupakan angka tertinggi jika dibandingkan dengan konsumsi bahan pangan pokok lainnya. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh FAO, Indonesia berada pada posisi ketiga dari negara penghasil beras terbesar di dunia. Jenis dan kualitas beras yang dihasilkan beragam. Berdasarkan jenisnya, terdapat beberapa macam jenis beras yang dihasilkan di Indonesia, yaitu: pandan wangi yang memiliki ciri khusus bau yang harum, setra ramos, rojolele, IR 42, beras C4, batang lembang, mentik wangi susu, beras merah, beras hitam dan beras ketan.

Berdasarkan SNI 6128:2015, terdapat 4 macam klasifikasi mutu beras, yaitu: premium, medium 1, medium 2 dan medium 3 (Nasional, Ics, & Nasional, 2015). Mutu beras diklasifikasikan berdasarkan kondisi fisik dari beras, sehingga mutu beras dapat dilihat secara kasat mata dari segi warna, ukuran, bentuk, serta menggunakan indra penciuman untuk mengetahui bau dari beras tersebut.

Seiring perkembangan teknologi, telah dikembangkan suatu metode penentuan mutu beras dari segi visual. Metode tersebut merupakan metode berbasis pengolahan citra. Pada tahun 2015, Lu Wang dkk menggunakan metode *hyperspectral imaging* untuk membedakan varietas beras. Varietas beras diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan bentuk dari beras (Wang et al., 2015). Warna juga merupakan salah satu parameter yang dapat mengidentifikasi jenis dan kualitas dari beras. Pada tahun 2017, Benjamaporn, dkk mengidentifikasi jenis dan kualitas beras dari segi warna dan morfologi beras. Citra dari sampel beras diambil menggunakan kamera kemudian dilakukan pemrosesan dari citra tersebut menggunakan software pada komputer. Penelitian tersebut dapat mengidentifikasi apakah beras dalam keadaan baik atau telah terkontaminasi dengan jamur (Lurstwut & Pornpanomchai, 2017). Di tahun yang sama, Sudhanva, dkk juga melakukan penelitian mengenai penentuan varietas pada

berdasarkan luas dan panjang dari butiran beras. Pemrosesan citra juga digunakan pada penelitian ini serta menggunakan metode pengelompokan untuk pengolahan data citra yang diperoleh. Hasil yang diperoleh cukup baik namun perlu peningkatan khususnya pada varietas padi dengan ukuran panjang dan luas yang hampir sama (Bhat, Panat, & N, 2017).

Di sisi lain, beras dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia. Beras mengandung serat, mineral, karbohidrat, protein, serta vitamin B. Kandungan nutrisi beras bisa berkurang akibat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: proses penanaman, penggilingan, penyimpanan, pengeringan hingga proses memasak (G, B, & N., 2002). Melihat pentingnya nutrisi beras bagi tubuh, maka dalam pemilihan beras tidak hanya melihat dari segi kualitas morfologi beras. Penting untuk mengetahui kandungan nutrisi yang terkandung dalam beras untuk menyesuaikan kebutuhan nutrisi pada tubuh. Pada kasus penyakit diabetes, penderita diabetes harus lebih berhati-hati dalam memilih beras. Penderita diabetes harus memperhatikan indeks glikemik, kadar polifenol serta kadar amilosa dari beras yang dikonsumsi (Septianingrum, Liyanan, & Kusbiantoro, 2017).

Teknik dan metode untuk mengetahui kandungan nutrisi pada beras telah banyak dikembangkan. Teknik dan metode yang paling sering digunakan dan termasuk dalam metode konvensional adalah teknik dan metode berbasis kimia dengan menggunakan zat, proses dan analisa kimia. Nuzul, dkk melakukan penelitian mengenai penentuan kadar glukosa menggunakan metode Luff-Schoorl dan indeks glikemik. Metode Luff-Schoorl merupakan metode berbasis kimia disertai preparasi sampel secara kimiawi (Diyah et al., 2019). Shinta, dkk mengidentifikasi kadar amilosa pada beberapa varietas padi menggunakan metode *Iodine Bonding* yang memanfaatkan kemampuan molekul pati untuk berikatan dengan senyawa iodine (Ardhiyanti, Nugraha, & Indrasari, n.d.). Terdapat metode berbasis kimia lainnya, yaitu *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) yang merupakan suatu teknik pada analisis kimia yang digunakan untuk memisahkan, mengidentifikasi dan kuantifikasi senyawa. HPLC juga banyak digunakan dalam mengidentifikasi kandungan nutrisi pada beras. (L. Yang et al., 2013), (Vichapong, Sookserm, Srijsdaruk, Swatsitang, & Srijaranai, 2010)

memanfaatkan metode HPLC untuk menentukan kadar senyawa fenolik pada beras, dimana senyawa fenolik berperan sebagai anti-oksidan dan kadar antosianin pada beras merah (Lee, 2010).

Metode lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kualitas beras adalah metode berbasis optik dan fotonik, salah satunya yaitu Spektrometri. Spektrometri merupakan studi mengenai investigasi dan pengukuran spektrum yang dihasilkan ketika gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan material (Meer, 2018). Panjang gelombang elektromagnetik yang banyak digunakan adalah pada panjang gelombang tampak dan inframerah karena beberapa nutrisi dalam beras menyerap pada panjang gelombang tersebut.

Penentuan kadar amilosa pada beras menggunakan metode spektrometri telah dilakukan oleh Pedro Sampaio, dkk pada panjang gelombang 720 nm. Kadar amilosa yang didapatkan kemudian digunakan untuk menentukan varietas dari beras (Sampaio et al., 2018). Matsuo dkk juga mengukur kadar glukosa pada beberapa jenis beras di Jepang menggunakan Spektroskopi panjang gelombang Infra merah pada rentang 850 nm – 1084 nm (Matsuo, Kawamura, Kato, Diaz, & Koseki, 2018). Selain kadar amilosa, kadar total fenolik, flavonoid dan anti oksidan yang dimiliki oleh beras juga dapat menjadi suatu tolak ukur kualitas beras. Fenolik, flavonoid dan anti oksidan bermanfaat bagi tubuh untuk menghalangi patogen, mencegah penyakit kardiovaskular, diabetes, kanker, anti-inflamasi dan stroke (Ozcan, Akpınar-Bayazit, Yılmaz-Ersan, & Delikanlı, 2014).

Gelombang elektromagnetik Inframerah dekat dapat dimanfaatkan untuk menganalisa kadar fenolik, flavonoid dan anti oksidan pada beberapa bahan makanan. Aygul Can dkk, mengukur kadar fenolik, flavonoid dan anti oksidan pada daun tanaman zaitun (Can et al., 2018), Tahir, dkk mengukur anti oksidan pada madu sunda (Tahir, Xiaobo, Tinting, Jiyong, & Mariod, 2016), Verena Wiedemair, dkk menginvestigasi kapasitas anti oksidan dari biji-bijian (Wiedemair, Ramoner, & Huck, 2019) serta penelitian terbaru oleh Michela Alfieri, dkk mengenai prediksi komposisi polifenol dan kapasitas antioksidan pada biji sorgum (Alfieri et al., 2019). Jauh pada tahun sebelumnya, Caiya Zhang memprediksi kadar fenolik, flavonoid dan anti oksidan pada beras menggunakan

teknik spektroskopi inframerah dekat (Caiya Zhang, Shen, Chen, Xiao, & Bao, 2008).

Penentuan kadar nutrisi dari beras menggunakan metode analisa kimia yang telah disebutkan diatas, kini sudah menjadi metode yang kurang relevan untuk digunakan lagi. Metode analisa kimia tersebut membutuhkan waktu yang lama, biaya yang cukup banyak, preparasi sampel yang sulit, serta hanya dapat dilakukan oleh orang yang ahli dibidang tersebut. Saat ini, metode yang dibutuhkan oleh masyarakat adalah metode yang cepat, praktis, mudah serta dapat dioperasikan oleh siapa saja. Maka dari itu, perlu diciptakan suatu alat yang cepat, akurat dan dapat dioperasikan oleh siapa saja untuk mendapatkan nilai kadar nutrisi dari suatu beras.

Selain mendapatkan nilai kadar nutrisi dari beras, klasifikasi kualitas beras berdasarkan segi fisik maupun kandungan dari beras juga diperlukan. Sistem pengelompokkan dan klasifikasi kualitas beras secara otomatis akan sangat bermanfaat bagi beberapa pihak, yaitu pihak dari Kementrian Pertanian maupun pihak pengepul beras.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian tesis ini merupakan sebuah penelitian awalan untuk memecahkan sebuah permasalahan mengenai penentuan kadar kandungan nutrisi dari beras serta pengelompokkan dan klasifikasi kualitas beras secara cepat, akurat dan mudah. Pada penelitian ini, dilakukan perancangan sistem penentuan kadar kandungan nutrisi beras, yaitu amilosa, fenolik dan flavonoid, serta pengelompokkan dan pemeringkatan kualitas beras berbasis metode spektroskopi bimodal: *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS).

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, berikut merupakan perumusan masalah dalam penelitian ini:

- a. Bagaimana mendapatkan prediksi kadar amilosa, kadar fenolik dan kadar flavonoid berdasarkan spektrum spektroskopi FTIR?
- b. Bagaimana mendapatkan elemen penyusun beras berdasarkan spektrum LIBS?

- c. Bagaimana mendapatkan kelompok jenis beras berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS?
- d. Bagaimana menentukan kualitas jenis beras?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan prediksi kadar amilosa, kadar fenolik dan kadar flavonoid berdasarkan spektrum spektroskopi FTIR.
- b. Mendapatkan elemen penyusun beras berdasarkan spektrum LIBS.
- c. Mendapatkan kelompok jenis beras berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS.
- d. Menentukan kualitas jenis beras.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

- a. Panjang gelombang yang digunakan untuk spektroskopi LIBS berada pada rentang 200 nm – 1000 nm.
- b. Panjang gelombang yang digunakan untuk spektroskopi FTIR berada pada rentang 2500 nm – 16666 nm.
- c. Jenis beras yang digunakan adalah beras merah, beras hitam, mentik wangi, bengawan, membramo, IR 42, IR 62, IR 64, C 4, Ciherang, Karawang, Ketan dan Medium.
- d. Validasi berupa hasil penentuan kadar amilosa, kadar fenolik dan kadar flavonoid menggunakan metode kimiawi yang telah standar.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian penentuan kadar amilosa, fenolik serta flavonoid ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat pengkonsumsi beras. Penelitian ini sebagai langkah awal agar bisa diciptakan suatu alat penentuan kualitas beras.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Spektroskopi Sebagai Metode Analisa Kandungan dan Kualitas Bahan Makanan**

Makanan merupakan suatu bahan yang kompleks karena memiliki kandungan air, lemak, protein dan karbohidrat yang bercampur menjadi satu dengan sejumlah komponen minoritas lainnya. Karakteristik makanan ditentukan oleh struktur molekul dan interaksi intra-, intermolekular pada sistem makanan tersebut. Bentuk, warna, rasa dan tekstur merupakan aspek kualitas makanan yang dapat dirasakan oleh indera. Namun, kualitas makanan juga meliputi faktor kimia, biologi, dan mikrobial (McGorin, 2006).

Dalam sejarah, metode spektroskopi telah sukses dalam mengevaluasi kualitas produk pertanian, terutama makanan. Metode ini sangat direkomendasikan sebagai metode analisa makanan karena membutuhkan preparasi sampel sederhana, cepat dan memiliki potensial untuk melakukan beberapa pengujian sekaligus pada satu sampel. Berbagai jenis spektroskopi yang dapat digunakan adalah *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), *infrared* (IR), *near-infrared* (NIR), *mid-infrared* (MIR), *UV-Visible* (UV-Vis), *fluorescence*, dan Raman spektroskopi (Nawrocka & Lamorska, 2013). Spektrum inframerah yang didapatkan dari sayuran maupun buah sangat kompleks karena disetiap kelompok molekul memiliki kontribusi pada spektral tersebut. Spektrum yang didapatkan kemungkinan sulit karena terjadi tumpang tindih dan pencampuran dari proses vibrasi molekul. Pada tahap awal, metode spektroskopi inframerah dikombinasikan dengan metode *Gas Chromatography* (GC) agar dapat menganalisa substansi dari sayuran dan buah-buahan (Schulz & Baranska, 2009).

Beberapa penelitian mengenai kualitas bahan makanan menggunakan metode spektroskopi telah dilakukan. Kualitas biji kopi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR) spektroskopi (Sunoj, Igathinathane, & Visvanathan, 2016), kualitas internal buah pir menggunakan spektroskopi inframerah (Yulin Shen, Tian, Li, Wu, & Li, 2017), pembedaan rasa manis dan tidak manis dari nektar menggunakan spektroskopi UV-Vis (Cortés,

Cubero, Aleixos, Blasco, & Talens, 2017), penentuan kadar protein pada produk campuran protein serbuk menggunakan spektroskopi inframerah dekat (Ingle et al., 2016) dan sejumlah penelitian lainnya.

## **2.2. Beras**

Beras merupakan salah satu sumber bahan makanan nabati yang paling banyak dikonsumsi oleh manusia. Lebih dari 50% penduduk di dunia menggantungkan sumber karbohidrat utama pada beras. Kandungan terbesar dari beras adalah pati yang mendominasi hingga 85%. Pati tersusun atas 2 polimer karbohidrat, yaitu amilosa (struktur tidak bercabang) dan amilopektin (struktur bercabang). Nutrisi lain yang dimiliki oleh beras adalah protein, mineral, lemak dan air (G et al., 2002).

Manfaat lain yang dimiliki oleh beras adalah kandungan antioksidan didalamnya. Antioksidan dapat mencegah sejumlah penyakit (Sugiat, 2010). Antioksidan alami yang terkandung pada tanaman yaitu senyawa polifenol, karotenoid dan vitamin (Gordon & Roedig-Penman, 2010). Flavonoid dan fenol merupakan kelompok dari polifenol yang mempunyai kemampuan untuk menangkap radikal bebas dan menghambat oksidasi lipid. Aktivitas antioksidan dari kelompok fenol dan flavonoid bergantung pada jumlah gugus hidroksi pada struktur molekulnya (Zuraida, Sulistiyani, Sajuthi, & Suparto, 2017).

Berdasarkan warna beras, di Indonesia dikenal beberapa jenis beras seperti beras putih, beras hitam, beras ketan dan beras merah. Beras putih berwarna putih karena hanya memiliki sedikit aleuron dan kandungan amilosa umumnya sekitar 20%. Beras merah berwarna merah karena aleuronnya memproduksi antosianin yang menyebabkan warna merah atau ungu. Warna hitam dari beras hitam disebabkan oleh aleuron dan endospermia yang memproduksi antosianin dengan intensitas yang sangat tinggi. Sedangkan beras ketan, hampir seluruh patinya berupa amilopektin (Nasional et al., 2015).

Mutu beras adalah sekumpulan sifat fisik, kimia, fisiologisnya, organoleptik dan flavor yang ada pada beras atau nasinya. Sifat fisikokimia beras ditentukan oleh sifat fisikokimia pati. Sifat-sifat pati seperti suhu gelatinisasi, kadar amilosa, dan konsistensi gel merupakan sifat-sifat fisikokimia yang penting

pada beras. Ketika membeli beras (sosoh), konsumen biasanya lebih memilih beras berwarna putih bersih mengkilap, memiliki persentase beras kepala/utuh yang tinggi, serta tidak mengandung gabah atau benda asing. Beras berwarna putih mengkilap karena telah melewati proses penyosohan yang menghilangkan lapisan kulit ari (bran layers) pada butir beras. Sebagian konsumen beras menyukai beras dengan tekstur nasi pulen, dan sebagian yang lainnya menyukai tekstur nasi pera. Sebagai contoh, masyarakat di Pulau Jawa lebih menyukai beras dengan tekstur nasi pulen dibandingkan dengan yang pera, sedangkan masyarakat di Sumatera Barat lebih menyukai beras dengan tekstur nasi pera dibandingkan dengan yang pulen. Tesktur nasi ini berkorelasi (berhubungan) erat dengan kadar amilosa beras (Jimenez et al., 2019).

### **2.3. Penentuan Kadar Amilosa dan Kapasitas Antioksidan pada Beras Menggunakan Spektroskopi**

Spektroskopi pada panjang gelombang inframerah dekat merupakan salah satu metode non-destruktif yang dapat digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari biji-bijian. M Matsuo dkk mengukur kadar amilosa dari 1069 sampel beras jepang yang telah digiling. Sampel tersebut merupakan sampel yang dikumpulkan dari 14 jenis beras di Jepang. Sebagai referensi, absobansi amilosa-iodine diukur pada panjang gelombang 620 nm dan dikuantifikasi berdasarkan kurva standar. Pengukuran menggunakan spektrometer inframerah dekat dilakukan dengan mengukur data spektrum pada panjang gelombang 850 nm - 1048 nm dengan interval 2 nm. Model standar menggunakan analisa regresi *Partial Least Square* (PLS). Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,72 (Matsuo et al., 2018). Optimisasi penentuan kadar amilosa dari beras telah dilakukan oleh Pedro Sousa Sampaio, dkk dengan menggunakan algoritma PLS sehingga mendapat nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,94. Terdapat perbedaan dengan penelitian Matsuo, yaitu referensi kadar amilosa diukur pada panjang gelombang 720 nm (Sampaio et al., 2018). Selanjutnya, penelitian kadar amilosa pada beras dilakukan oleh Rosario Jimenez, dkk. Penelitian tersebut mengenai pengembangan metode untuk estimasi kadar protein total dari tepung beras coklat secara non-destruktif dan menggunakan

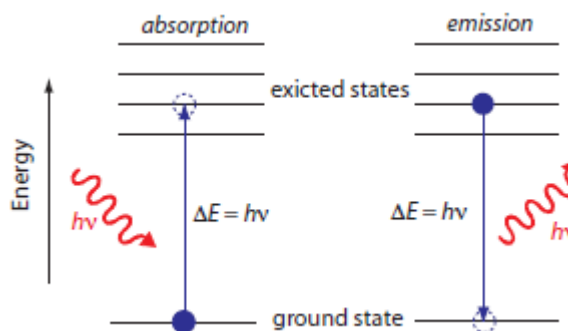
pendekatan spektroskopi. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya, Rosario Jimenez, dkk menggunakan analisa kimia sebagai metode referensi dan membangun kurva standar untuk penentuan kadar protein pada beras. Analisa kimia yang digunakan pada penelitian tersebut adalah metode Kjeldahl, dimana menggunakan sejumlah bahan kimia untuk mengekstraksi protein dari beras. Penentuan kadar protein pada beras hasil prediksi dan hasil metode Kjeldahl memiliki nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0.951 hingga 0.97 (Jimenez et al., 2019).

Penentuan kapasitas antioksidan pada beras diwakili oleh kadar fenolik dan flavonoid. Caiya Zhang, dkk melakukan penelitian mengenai prediksi kadar total fenolik, flavonoid serta kapasitas antioksidan. Panjang gelombang yang digunakan pada rentang 1100 hingga 2498 nm dengan kenaikan 2 nm. Model standar yang digunakan adalah metode *Principal Component Analysis* (PCA), *Partial Least Squares* (PLS) dan *modified Partial Least Squares* (mPLS). Penelitian tersebut dapat memprediksi kadar fenolik dan kapasitas anti-oksidas dengan cukup baik, namun tidak berhasil pada prediksi kadar flavonoid (Caiya Zhang et al., 2008). Penelitian selanjutnya, oleh Ampawan Jantasee, dkk dengan menganalisa kadar fenolik, flavonoid dan antosianin (fitokimia). Analisis kimia dilakukan sebagai referensi pengukuran dan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR). Pengukuran dilakukan untuk beras dan beras yang telah dimasak (nasi). Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah beras yang berwarna gelap memiliki kapasitas anti-oksidas yang lebih tinggi, serta adanya korelasi dari kapasitas anti-oksidas dan kadar fitokimia (Jantasee, Thumanu, Muangsan, Leeanansaksiri, & Maensiri, 2014).

#### **2.4. Spektroskopi**

Spektroskopi merupakan suatu studi mengenai interaksi radiasi gelombang elektromagnetik dengan material. Spektroskopi dapat dibagi menjadi 2 kelas berdasarkan tekniknya. Pertama, terjadi perpindahan energi diantara foton dan sampel dimana proses yang terjadi adalah absorpsi dan emisi. Ketika sampel menyerap radiasi elektromagnetik, sejumlah foton yang melewati sampel menjadi

berkurang. Berkurangnya foton pada proses tersebut dapat diukur dan disebut dengan absorpsi. Ketika atom/molekul berada pada tingkat energi eksitasi dan berpindah menuju tingkat energi terbawahnya, energi akan dilepaskan menjadi foton.



**Gambar 2. 1.** Mekanisme proses absorpsi dan emisi (Methods, 1856)

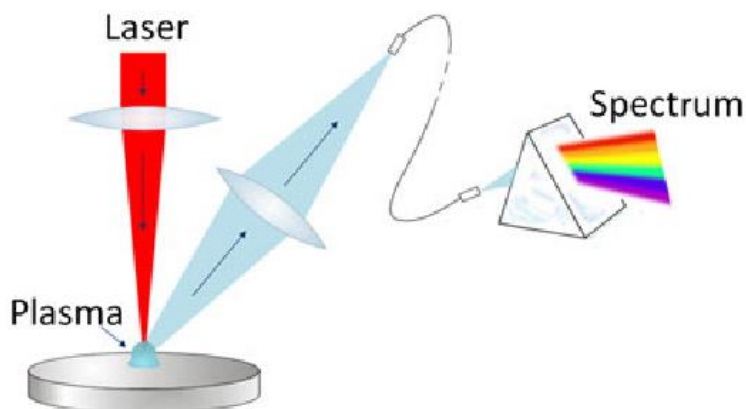
Kedua, akibat adanya interaksi radiasi gelombang elektromagnetik dengan material, terjadi perubahan amplitudo, sudut fasa, polarisasi atau arah perambatan dari gelombang elektromagnetik. Proses tersebut dinamakan refraksi, refleksi, hamburan, difraksi dan dispersi. Komponen yang dibutuhkan spektroskopi adalah sumber cahaya, penyeleksi sumber cahaya dan detektor (Methods, 1856).

### 2.5. LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*)

LIBS merupakan teknik spektroskopi emisi atom yang menggunakan energi tinggi pulsa laser untuk memantik eksitasi atom. Interaksi antara pulsa laser yang terfokuskan dan sampel menghasilkan plasma yang terdiri dari materi terionisasi. Cahaya emisi plasma dapat menghasilkan “*spectral signature*” dari komposisi kimia dari beberapa macam jenis material padat, gas dan cair. LIBS dapat digunakan untuk menganalisa kimia secara mudah, cepat dan memiliki presisi serta biaya yang masuk akal.

Komponen utama dari LIBS adalah laser dengan pulsa energi tinggi yang di teruskan ke sampel. Energi pulsa laser menginduksi plasma. Parameter utama yang berhubungan dengan laser adalah waktu, energi, panjang gelombang dan jumlah pulsa. (Anabitarte & Cobo, 2012)

Gambar 2.2 merupakan skema secara umum dari LIBS. Ketika cahaya laser meng-ablasi sampel, sehingga terbentuk plasma. Plasma tersebutlah yang kemudian diproses melalui spektrometer.



**Gambar 2. 2.** Skema LIBS

## 2.6. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

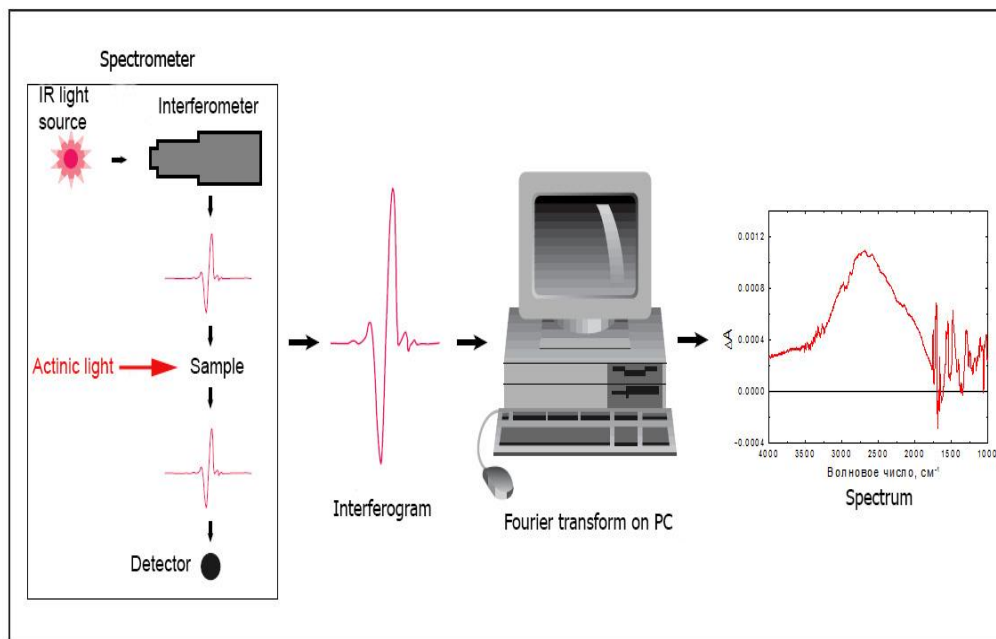
*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* adalah teknik analitik yang digunakan untuk mengidentifikasi material organik. Teknik ini mengukur absorpsi radiasi inframerah oleh sampel pada setiap panjang gelombang. Pita absorpsi inframerah mengidentifikasi komponen dan struktur molekul.

Ketika material ddradiasi oleh radiasi inframerah, radiasi inframerah yang terabsorb mengeksitasi molekul menuju tingkatan vibrasi yang tertinggi. Panjang gelombang cahaya yang terserap oleh molekul tertentu merupakan fungsi perbedaan energi terhadap tingkatan eksitasi vibrasi. Panjang gelombang yang terserap oleh sampel adalah karakteristik dari struktur molar sampel tersebut.

Spektrometer FTIR menggunakan interferometer untuk memodulasi panjang gelombang dari sumber inframerah. Detektor mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau terpantulkan sebagai fungsi panjang gelombang. Sinyal yang didapatkan merupakan sebuah interferogram, yang kemudian harus dianalisa dengan komputer menggunakan transformasi Fourier untuk mendapatkan spektrum tunggal. Spektra FTIR biasanya dipresentasikan dalam bentuk grafik intensitas dan panjang gelombang. Intensitas dapat diplot dalam bentuk persen cahaya yang ditransmisikan atau diserap pada tiap panjang gelombang.

Untuk mengidentifikasi material, spektra FTIR yang didapatkan dibandingkan dengan spektra yang telah diketahui atau dengan standar spektra

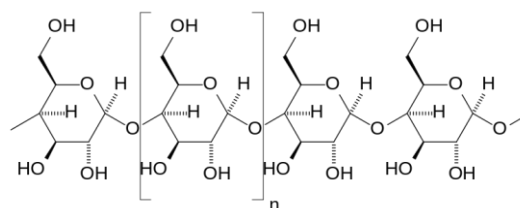
yang diperoleh dari database. Untuk pengukuran kuantitatif, dapat dilakukan dengan menggunakan standar kurva dari spektra yang telah diketahui konsentrasinya. (“FOURIER TRANSFORM-INFRARED SPECTROSCOPY,” 2014)



**Gambar 2. 3.** Skema FTIR

## 2.7. Amilosa

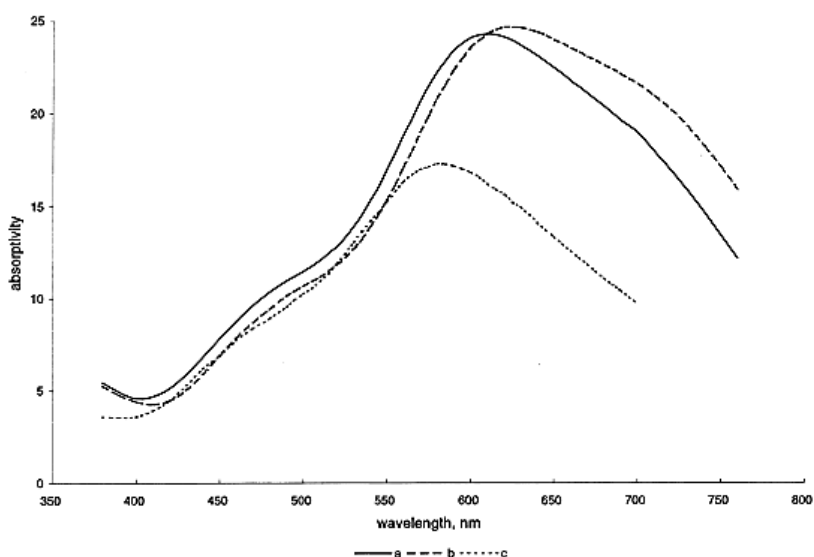
Amilosa merupakan polisakarida, polimer yang tersusun atas glukosa sebagai monomernya. Tiap-tiap monomer terhubung dengan ikatan  $\alpha$ -1, 4-glikosidik. Amilosa merupakan polimer tidak bercabang yang bersama-sama dengan amilopektin yang menjadi komponen penyusun pati.



**Gambar 2. 4.** Struktur kimia amilosa

Amilosa memiliki spektrum penyerapan pada panjang gelombang yang berbeda, bergantung dari sumber amilosa. Amilosa sintesis memiliki spektrum dengan puncak absorbansi pada panjang gelombang 580 nm, amilosa maizena

murni pada 610 nm dan amilosa dari kentang 625 nm. Gambar 2.3 merupakan spektrum penyerapan dari amilosa (Knutson, 2000).



**Gambar 2. 5.** Spektrum penyerapan a). amilosa maizena murni, b). amilosa kentang, c) amilosa sintetis (Knutson, 2000)

## 2.6. Anti-Oksidan

Anti-oksidan didefinisikan sebagai molekul organik yang dapat meningkatkan kesehatan dengan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang diakibatkan oleh radikal bebas dan oksigen reaktif yang mungkin membahayakan bagi metabolisme. Anti-oksidan beraksi dengan cara menunda, mencegah atau menghilangkan terjadinya oksidasi yang berbahaya pada molekul (Gordon & Roedig-Penman, 2010).

Molekul yang memiliki peran sebagai antioksidan pada beras adalah asam fenolik, flavonoid dan antosianin. Fenolik dapat menstabilkan elektron tak berpasangan. Aktivitas antioksidan bergantung pada jumlah dan posisi kelompok hidroksil pada fenolik. Sebanyak 12 fenolik biasanya ditemukan pada beras, dengan rentang rata-rata 7,3-8,7 mg/100 g pada endosperm, 177,6-319,8 mg/100g pada bekatul, 20,8-78,3 mg/100g biji utuh dan 477,6 mg pada sekam, tergantung dari warna beras. Fenolik memiliki puncak absorbansi pada 280 nm dan 320 nm.

Flavonoid memiliki puncak absorbansi pada 370 nm. Flavonoid terdiri atas kerangka 15-karbon yang disusun pada 2 cincin aromatik (cincin A dan B) yang tersambung oleh 3 rantai karbon (struktur C6-C3-C6) (Goufo & Trindade, 2014).



## 2.7. *Partial Least Square*

Analisis *Partial Least Square* (PLS) merupakan teknik statistik multivarian yang menunjukkan perbandingan antara beberapa variabel respon dan beberapa variabel penjelas. PLS merupakan salah satu dari sekian metode statistika berbasis kovarian yang menggunakan pemodelan persamaan terstruktur. PLS didesain untuk menyelesaikan regresi ketika sampel memiliki sedikit data, tidak lengkap dan multikolinearitas. Tujuan dari PLS adalah untuk memprediksi Y dari X dan mendeskripsikan struktur yang dimiliki oleh kedua variabel tersebut (Pirouz, 2010).

Matematika dasar yang mendasari PLS pada notasi matriks adalah :

$$N = W'Y \dots (2.1)$$

$$Y = PN + E \dots (2.2)$$

Substitusi persamaan (2.1) ke (2.2)

$$Y = PW'Y + E \dots (2.3)$$

$$Y = PW'Y + (1 - PW')Y \dots (2.4)$$

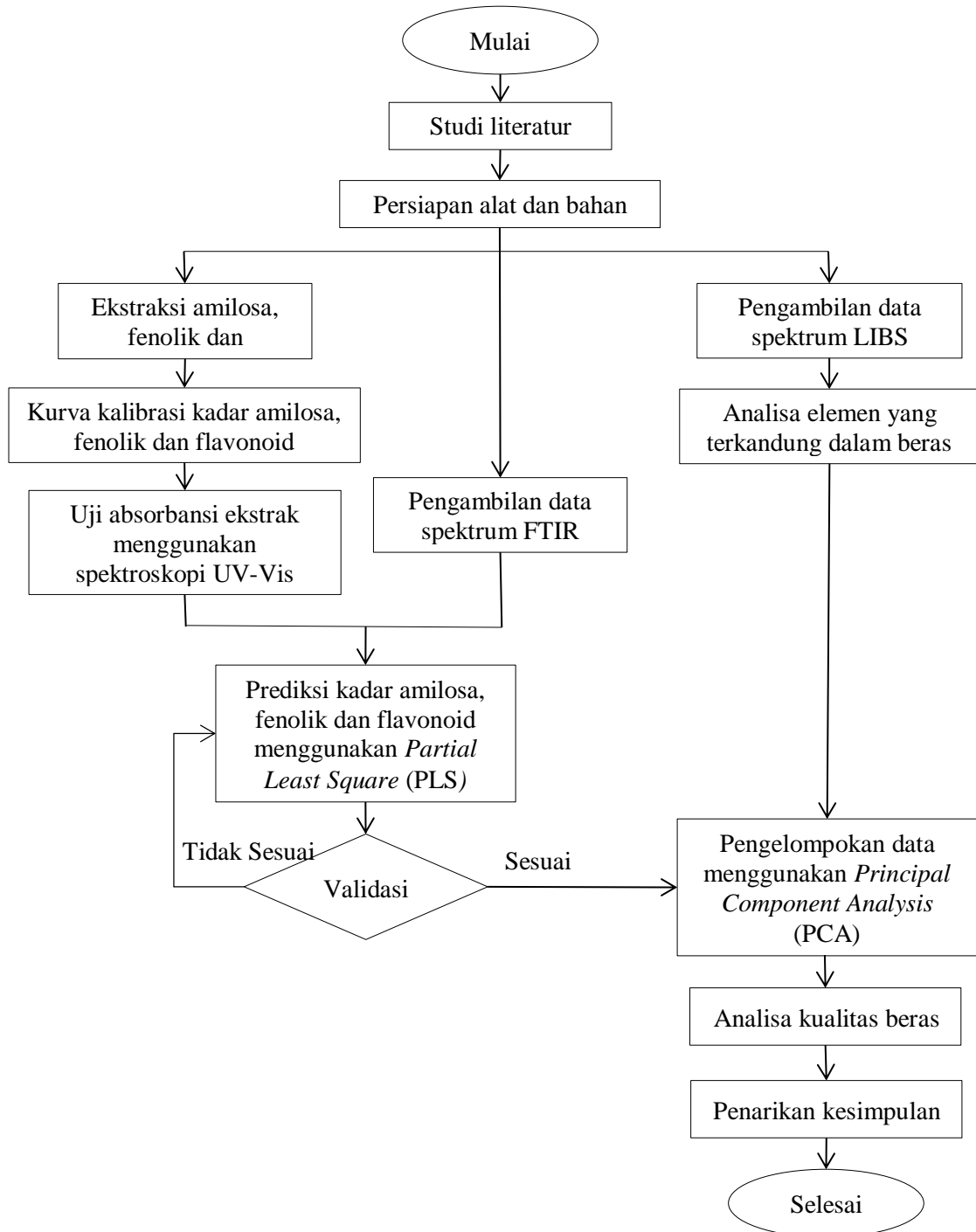
Dimana :  
N = komponen utama  
Y = nilai yang diamati  
W = nilai komposisi pembobot  
P = nilai beban komponen utama  
E = variansi residu

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan dari awal hingga akhir untuk tercapainya tujuan dari penelitian ini.



Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yang akan dijelaskan sebagai berikut :

### **3.1.1. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan tahapan awal untuk menunjang terselesainya penelitian ini. Literatur yang dapat digunakan antara lain buku, jurnal penelitian, artikel ilmiah dan laporan tesis maupun disertasi. Kegiatan yang dilakukan dalam studi literatur yaitu pengayaan materi yang berkaitan dengan topik spektroskopi yang digunakan untuk menganalisa kualitas pada beras. Teori yang dipelajari antara lain spektroskopi, FTIR, LIBS serta analisa statistik untuk pemodelan kurva prediksi dan pengelompokan.

### **3.1.2. Persiapan Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrometer UV-Vis, LIBS, FTIR serta alat penunjang penelitian lainnya. Bahan yang digunakan adalah sampel beras yang dijual dipasaran dengan jenis yang berbeda serta bahan kimia yang digunakan untuk ekstraksi dan analisa kimia. Jenis beras yang digunakan adalah Mentik Wangi, Bengawan, Membramo, IR-64, IR-62, IR-42, C-4, Ciherang, Karawang, Medium, Ketan, Beras Merah dan Beras Hitam. Pemilihan jenis beras berdasarkan beras yang paling banyak dikonsumsi dan digemari masyarakat Indonesia. Berdasarkan teksturnya, beras dapat digolongkan menjadi pulen dan pera. Jenis beras pulen antara lain ; Mentik Wangi, IR-64, IR-62, C-4, Membramo, Ciherang dan Bengawan. Sedangkan jenis beras pera antara lain ; IR-42, Karawang, Medium, Beras Merah dan Beras Hitam. Kadar amilosa mempengaruhi tekstur beras setelah menjadi nasi. Beras yang memiliki kadar amilosa tinggi, memiliki tekstur nasi pera, sedangkan beras dengan kadar amilosa rendah memiliki tekstur pulen. Setelah jenis beras dikumpulkan, dilakukan penggilingan beras hingga berbentuk bubuk menggunakan alat giling kopi.

### **3.1.3. Ekstraksi Sampel**

#### **3.1.3.1. Amilosa**

Metode ekstraksi amilosa yang telah standar telah dilakukan menggunakan metode Juliano (1971). Sampel beras yang telah di giling ditimbang hingga 100 mg ( $\pm 0.5$  mg). Sampel beras direndam selama 12 jam pada 9 mL 1 M NaOH. Air deionisasi dicampurkan hingga mencapai volume 100 mL dan diaduk

selama menit. Sebanyak 0,5 mL larutan amilosa diambil dan dicampur dengan 0,1 mL 1 M asam asetat dan 0,2 mL larutan iodine (campuran dari 0,2 g iodine dan 0,2 g potassium iodida pada 100 mL cairan) dan ditambahkan air deionisasi hingga mencapai 10 mL. Larutan diaduk selama 20 menit (Juliano, 1971), (Ambardekar, Siebenmorgen, & Pereira, 2011). Air deionisasi digunakan karena pada air sudah tidak mengandung ion, sehingga tidak ada pengaruh ion terhadap hasil pengukuran.

### **3.1.3.2. Fenolik**

Beras yang telah digiling ditimbang sebanyak 1 gram kemudian diekstrak dengan 25 mL methanol yang mengandung HCL sebanyak 1% selama 24 jam apada suhu 24°C. Prosedur ini diulangi sebanyak 2 kali dan disentrifugasi selama 15 menit. Hasil ekstraksi kemudian disimpan pada suhu 4 °C (Yun Shen, Jin, Xiao, Lu, & Bao, 2009). Hasil ekstraksi sebanyak 1 mL dicampur dengan 0,5 mL 0,5 N(mol/l) reagen Folin-Ciocalteu kemudian dinetralisir dengan sodium karbonat (75g/L). Hasil ekstraksi diinkubasi selama 2 jam pada suhu 23°C (Yun Shen et al., 2009).

### **3.1.3.3. Flavonoid**

Hasil ekstraksi methanol sebanyak 0,5 mL dimasukkan kedalam tabung yang berisi 2 mL air terdestilasi dan dicampur dengan 0,15 mL 5% NaNO<sub>2</sub>. Setelah 5 menit, ditambahkan 0,15 mL 10% AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O. Campuran didiamkan selama 5 menit, kemudian ditambahkan 1 mL 1 M NaOH. Larutan didiamkan selama 15 menit (Yun Shen et al., 2009).

### **3.1.4. Pembuatan Kurva Standar**

Kurva standar dari amilosa, fenolik dan flavonoid dibuat untuk menentukan hubungan antara nilai absorbansi dan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid, serta untuk mendapatkan persamaan regresi. Sehingga kadar amilosa, fenolik dan flavonoid dari masing-masing sampel dapat diketahui berdasarkan nilai absorbansinya menggunakan persamaan regresi yang didapatkan.

Penentuan kurva standar amilosa menggunakan amilosa murni. Sebanyak 40 mg gram amilosa murni dilarutkan dalam 1 mL methanol 98% dan 9 mL NaOH 1 M. larutan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang. Larutan diencerkan menggunakan aquabides sehingga didapatn variasi konsentrasi 5% -

30% dengan kenaikan 2,5%. Kemudian, masing-masing larutan dengan variasi konsentrasi diambil sebanyak 0,5 mL dan dicampur dengan 0,1 mL asam asetat , 0,2 mL larutan iodine dan ditambahkan aquabides hingga 10 mL. Larutan dibiarkan selama 20 menit pada suhu kamar.

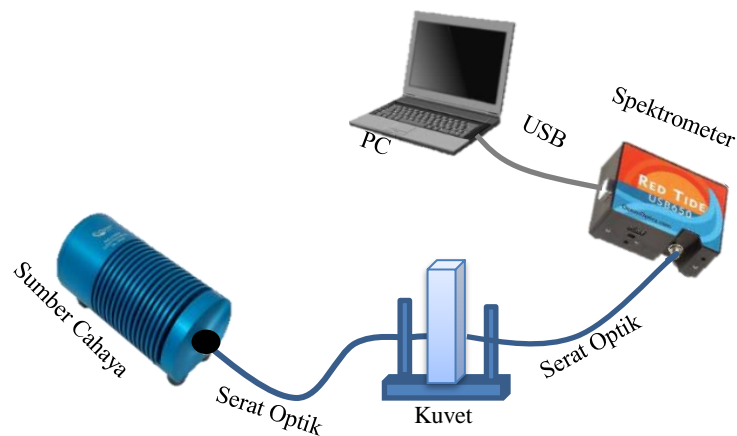
Penentuan kurva standar fenolik menggunakan fenolik murni yaitu asam galat. Sebanyak 50 mg asam galat dilarutkan dalam 1 mL ethanol 95%, kemudian ditambahkan aquabides hingga 50 mL. Variasi konsentrasi larutan asam galat dibuat dengan mengencerkan dengan aquabides sehingga didapatkan variasi konsentrasi 5% - 50% dengan kenaikan 5%. Masing-masing larutan dengan variasi konsentrasi diambil sebanyak 1 mL , ditambahkan 0,5 mL Reagen Folin-Ciocalteau 0,5 N dan didiamkan selama 2 jam pada suhu 23°C.

Penentuan kurva standar flavonoid menggunakan flavonoid murni, yaitu kuarsetin. Sebanyak 5 mg kuarsetin dilarutkan pada 1 mL ethanol 95% dan diencerkan menggunakan aquabides sehingga didapatkan variasi konsentrasi 5%-50% dengan kenaikan 5 %. Sebanyak 0,5 mL dari larutan dengan variasi konsentrasi diambil dan dicampurkan dengan 5% NaNO<sub>2</sub>, dibiarkan pada suhu ruang selama 5 menit. Kemudian, ditambahkan AlCl<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O 10% sebanyak 0,15 mL, didiamkan 5 menit pada suhu ruang. Kemudian, ditambahkan NaOH 1 M sebanyak 1 mL dan didiamkan selama 15 menit pada suhu ruang.

### **3.1.5. Uji Absorbansi Ekstrak Sampel**

Analisa kuantitatif dilakukan dengan mengukur absorbansi dari setiap ekstrak yang telah didapatkan pada proses ekstraksi. Absorbansi dari ekstrak dan kurva standar amilosa diukur pada panjang gelombang 670 nm karena pada panjang gelombang 670 nm tidak ada pengaruh serapan dari amilopektin. Absorbansi dari ekstrak dan kurva standar fenolik diukur pada panjang gelombang 390 nm. Absorbansi ekstrak dan kurva standar flavonoid diukur pada panjang gelombang 350 nm.

Set up absorbansi terdiri dari sumber cahaya, serat optik, kuvet, spektrometer, PC serta software SpectraSuite untuk mengolah data yang didapat dari spektrometer. Rentang panjang gelombang pengukuran yang digunakan adalah pada panjang gelombang 200 nm – 1100 nm.



**Gambar 3. 2.** Set up pengujian absorbansi ekstrak sampel

### 3.1.6. Pengambilan Data FTIR Sampel

Setiap sampel beras yang digunakan digiling menggunakan alat penggiling hingga beras menjadi bubuk. Hasil gilingan beras kemudian disimpan dan diberi penamaan masing-masing jenis beras. Data NIR dari beras yang digiling diambil menggunakan spektrometer FTIR *Bruker Alpha II* pada panjang gelombang  $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$  atau  $2500\text{ nm} - 16666\text{ nm}$  dan resolusi  $2\text{ cm}^{-1}$ . beras yang telah digiling diletakkan pada tempat sampel, kemudian dilakukan pengukuran Transmittansi.

### 3.1.7. Pemodelan Prediksi Menggunakan *Partial Least Square* (PLS)

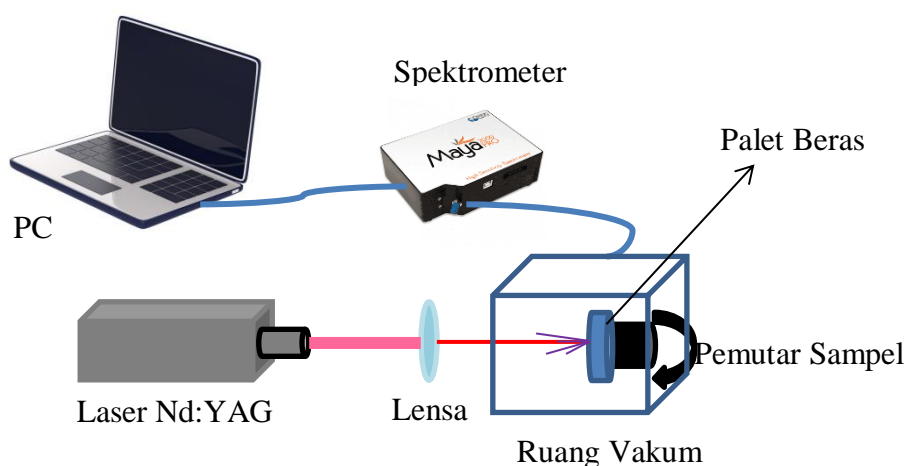
*Partial Least Square* (PLS) digunakan sebagai salah satu metode dari pendekatan statistik untuk mendapatkan pemodelan prediksi. Penentuan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya digunakan sebagai validasi pemodelan. Pemodelan dibangun untuk menentukan korelasi antara kadar amilosa, fenolik, flavonoid yang didapatkan dengan spektrum FTIR setiap sampel referensi. Pemodelan selanjutnya digunakan untuk memprediksi kadar amilosa, fenolik dan flavonoid pada beras berdasarkan spektrum FTIR dari beras. Software yang digunakan adalah OriginPro 2015.

### 3.1.8. Validasi

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil prediksi kadar amilosa, fenolik dan flavonoid sampel uji dengan nilai hasil pengukuran analisa kimia. Parameter nilai  $R^2$  dan RMSE yang didapatkan kemudin menjadi tolak ukur keberhasilan analisa statistik tersebut..

### 3.1.9. Pengambilan Data Spektrum LIBS

Beras yang telah ditumbuk kemudian dibuat palet dengan menggunakan alat pembuatan palet dengan memberi tekanan sebesar 15 Torr selama 20 menit. Palet dari masing-masing jenis beras kemudian disimpan dan diberi penamaan masing-masing jenis. Pengambilan data spektrum LIBS dilakukan pada beberapa titik disetiap sampelnya, yang kemudian dirata-rata sehingga didapatkan satu spektrum LIBS. Laser yang digunakan pada LIBS adalah laser Nd:YAG dengan panjang gelombang 1064 nm. Berikut merupakan komponen dan penyusunan set-up untuk pengambilan data LIBS



**Gambar 3. 3.** Komponen dan penyusunan set up LIBS

### 3.1.10. Analisa Elemen pada Beras

Elemen pada beras dianalisa berdasarkan spektrum LIBS. Beberapa elemen yang dapat terlihat adalah Ca, Fe, K, C, Cd, Ti, Ma, Si, Li, Ba, Sr, Cr, Na, Al. Sehingga, selain dapat diketahui adanya elemen yang menguntungkan bagi tubuh, juga dapat diketahui pula adanya kandungan cemaran pada beras, contohnya Kromium (Cr), Kadmium (Cd) serta Timbal (Pb). Dengan adanya cemaran kadmium dan timbal pada beras, maka beras tersebut tidak layak dan tidak aman untuk dikonsumsi. Kelayakan beras menjadi salah satu parameter dari kualitas beras tersebut.

### 3.1.11. Pengelompokan Data Spektrum FTIR dan LIBS Menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA)

Data spektrum FTIR dan LIBS yang didapatkan dari masing-masing jenis beras diolah menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA).



Metode PCA dapat mengelompokkan data yang memiliki kemiripan karakteristik tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai analisa kualitas beras berdasarkan pengelompokkannya. Software yang digunakan untuk metode PCA ini adalah OriginPro.

### 3.1.12. Analisa Kualitas Beras

Kualitas beras diklasifikasikan berdasarkan kandungan amilosa, fenolik dan flavonoid serta elemen yang terkandung pada beras. Serta berdasarkan hasil pengelompokan dari spektrum FTIR dan LIBS.

### 3.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Fotonika, Departemen Teknik Fisika, ITS dan Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

### 3.3. Jadwal Penelitian

Dalam merencanakan sebuah penelitian, diperlukan juga jadwal penelitian sebagai acuan waktu. Adapun jadwal penelitian ini, ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Studi literatur	■	■	■	■	■	■
2.	Ekstraksi dan pengujian absorbansi	■	■				
3.	Pengambilan data FTIR		■	■			
4.	Analisa statistik <i>Partial Least Square</i>	■	■	■	■	■	
5.	Prediksi sampel uji				■	■	
6.	Validasi				■	■	
7.	Pengambilan data LIBS			■	■	■	
8.	Analisa elemen pada beras				■	■	
9.	Pengolahan dan Analisa Data				■	■	
10.	Penyusunan Laporan	■	■	■	■	■	■

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

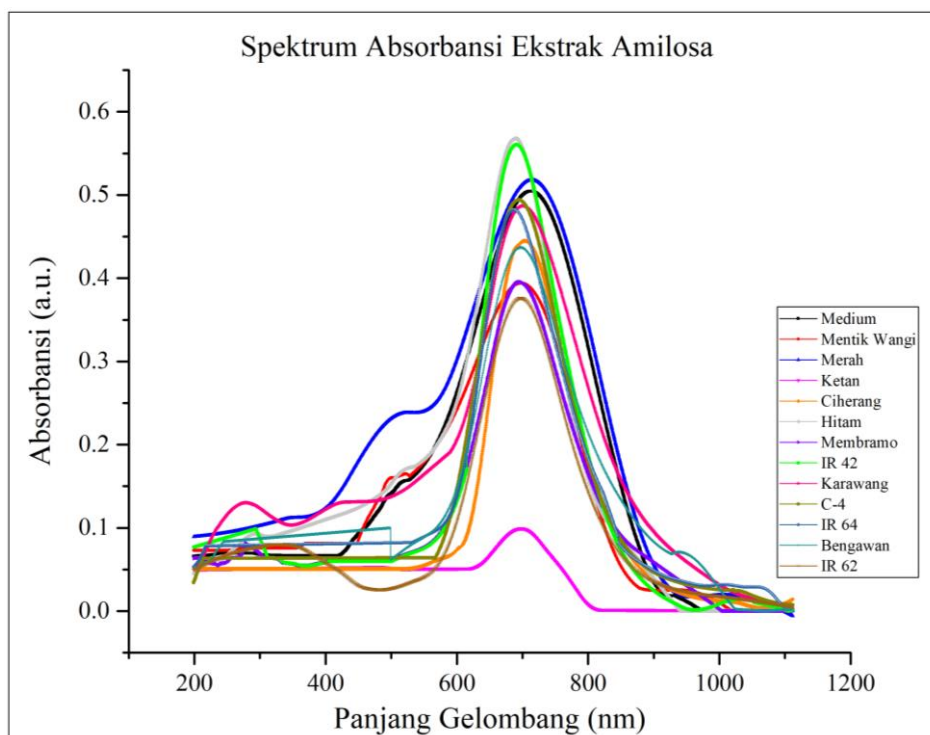
## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengukuran Kadar Amilosa, Fenolik dan Flavonoid.

Pengukuran kadar amilosa, fenolik dan flavonoid dilakukan dengan pendekatan analisa kimia seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

#### 4.1.1. Amilosa

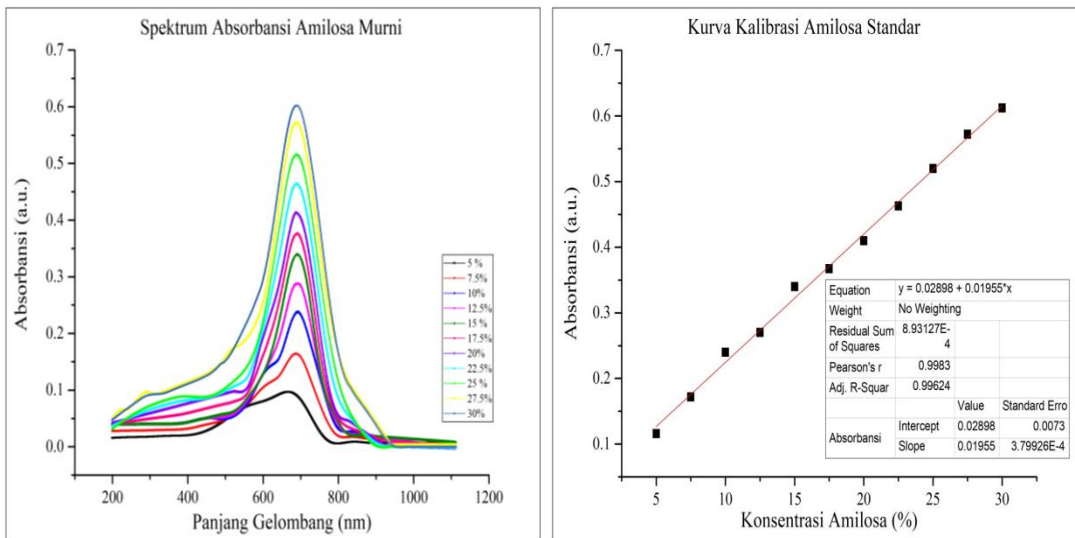
Berikut merupakan spektrum absorbansi yang didapatkan dari ekstrak amilosa dari masing-masing jenis beras.



**Gambar 4. 1** Spektrum absorbansi amilosa berbagai jenis beras

Dari spektrum yang didapatkan, puncak absorbansi terletak pada panjang gelombang antara 670 nm – 690 nm. Spektrum yang didapatkan sesuai dengan penelitian sebelumnya, yakni ekstraksi amilosadengan menggunakan iodine (Knutson, 2000).

Nilai puncak absorbansi dari masing-masing jenis beras, kemudian digunakan untuk menghitung kadar amilosa berdasarkan kurva standar. Kurva standar dibangun menggunakan larutan standar amilosa yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



a.

b.

**Gambar 4. 2.** a). Spektrum amilosa murni b). Kurva standar amilosa

Persamaan kurva standar yang didapatkan adalah  $y = 0,02898 + 0.01955x$ . Dari persamaan tersebut kemudian didapatkan kadar amilosa dari masing-masing jenis beras yang ditunjukkan oleh tabel 4.1. Dari 13 jenis beras, kadar amilosa dari 6 jenis beras diantaranya telah diketahui dari penelitian yang dilakukan oleh Balai Besar Penelitian Padi (Suprihatno, Satoto, Setyono, & Lesmana, 2009).

**Tabel 4. 1.** Tabel kadar amilosa masing-masing jenis beras

Jenis Beras	Kadar Amilosa Pengukuran (%)	Kadar Amilosa Referensi (%)
Hitam	28.76	-
IR 42	27.64	27
Merah	27.39	-
Medium	26.52	-
Karawang	25.70	-
IR 64	23.56	23
Ciherang	22.54	23
Bengawan	21.52	22
Membramo	20.97	19
C-4	20.91	-
Mentik Wangi	20.50	20.64

**Tabel 4.1.** (Lanjutan)

IR 62	20.45	-
Ketan	1.64	-

Berdasarkan kadar amilosa yang terkandung dalam beras, beras dapat digolongkan menjadi 4 macam. Beras dengan amilosa tinggi (25%-33%), amilosa sedang (20%-25%), amilosa rendah (9%-20%) dan amilosa sangat rendah (> 9%). Berdasarkan kadar amilosa yang telah didapatkan, beras yang tergolong amilosa tinggi antara lain ; IR 42, Medium, Merah, Hitam, dan Karawang. Beras yang tergolong amilosa sedang adalah C 4, IR 64, Bengawan, Mentik Wangi, Ciharang, Membramo dan IR 62. Sedangkan beras yang tergolong amilosa sangat rendah adalah beras ketan.

Kadar amilosa dari beras menunjukkan tekstur dari beras ketika telah dimasak menjadi nasi. Beras dengan kadar amilosa tinggi memiliki tekstur beras pera, sedangkan beras dengan kadar amilosa rendah memiliki tekstur pulen.

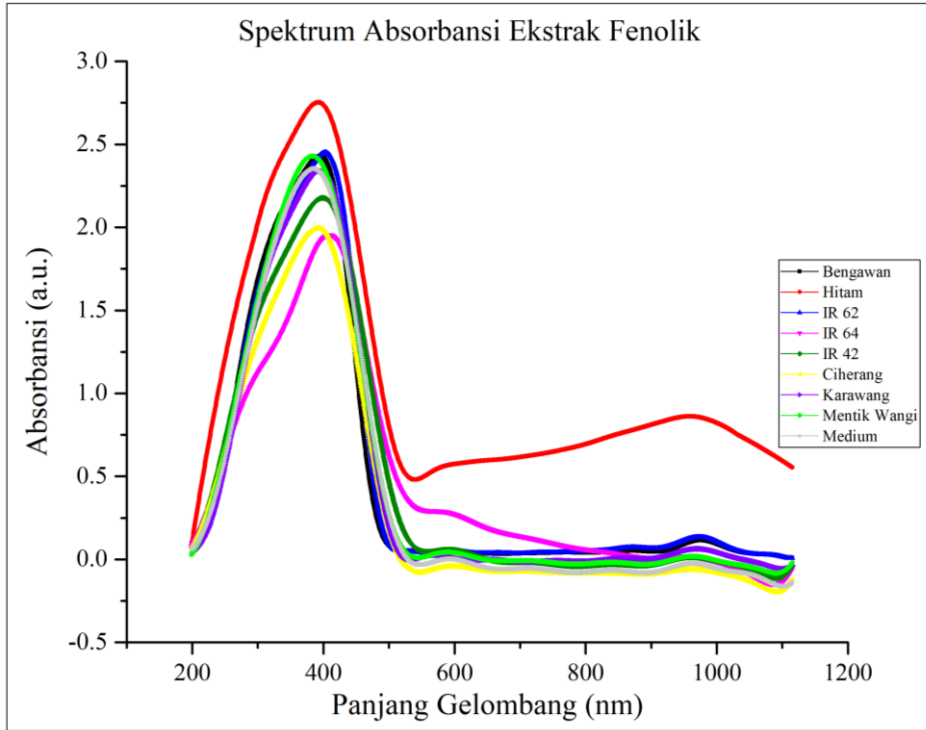
Selain itu, kadar amilosa juga menjadi tolak ukur penentuan jenis beras yang baik dikonsumsi. Penderita diabetes disarankan mengkonsumsi beras dengan kadar amilosa yang tinggi. Karena beras dengan kadar amilosa tinggi memiliki indeks glikemik (IG) yang rendah. Beras dengan kadar amilosa tinggi, mampu memperbaiki sensitivitas insulin, menurunkan penyerapan laju glukosa serta berperan dalam pengendalian kadar glukosa dalam darah .

#### **4.1.2. Fenolik**

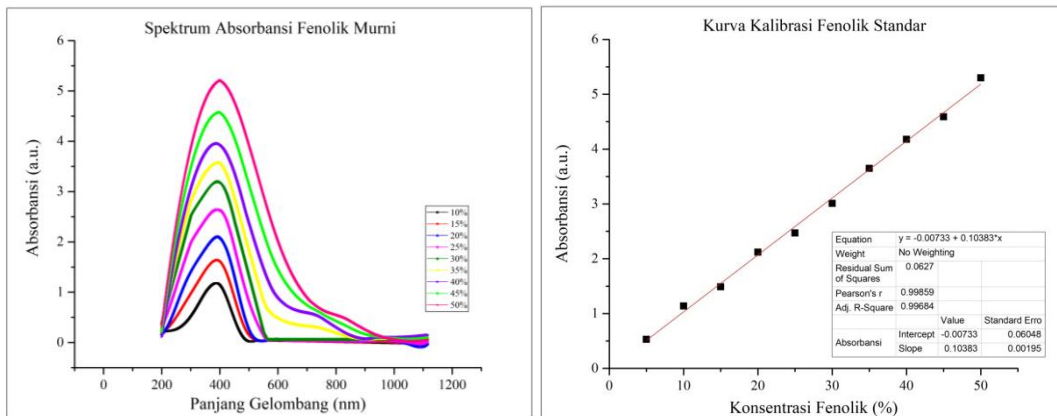
Berikut merupakan spektrum absorbansi dari ekstrak fenolik masing-masing jenis beras yang telah didapatkan.

Berdasarkan gambar 4.3., puncak absorbansi dari fenolik terdapat pada panjang gelombang 390 nm. Nilai absorbansi yang didapatkan, kemudian digunakan untuk perhitungan kadar fenolik dari beras. perhitungan kadar fenolik berdasarkan kurna standar dari fenolik murni. Fenolik murni yang digunakan adalah asam galat. Asam galat merupakan senyawa asam fenolik yang banyak ditemukan pada daun anggur. Larutan standar asam galat dihasilkan dengan melarutkan 50 mg asam galat kedalam 1 mL Ethanol dan ditambahkan aquabdes hingga menjadi 50 mL. Kemudian, larutan asam galat tersebut diencerkan kembali menggunakan aquabides sehingga didapatkan variasi konsentrasi 5% - 50%

dengan kenaikan 5%. Kemudian, dilakukan pengukuran absorbansi disetiap variasi konsentrasinya. Gambar 4.4. merupakan kurva standar dari fenolik murni.



**Gambar 4. 3.** Spektrum absorbansi fenolik berbagai jenis beras



a.

b.

**Gambar 4. 4.** a). Spektrum fenolik murni b). Kurva standar fenolik

Persamaan kurva standar yang didapatkan adalah  $y = -0.00733 + 0.10383x$ , dimana y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi fenolik. Kurva standar yang didapatkan memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.99.

Dari nilai absorbansi dan persamaan kurva standar yang didapatkan kemudian didapatkan hasil perhitungan kadar fenolik dari berbagai jenis beras. Satuan yang digunakan adalah g GAE/ mg berat kering. GAE adalah *Gallic Acid Equivalent* Hal ini dikarenakan, kadar fenolik yng didapatkan setara dengan asam galat per berat kering sampel.

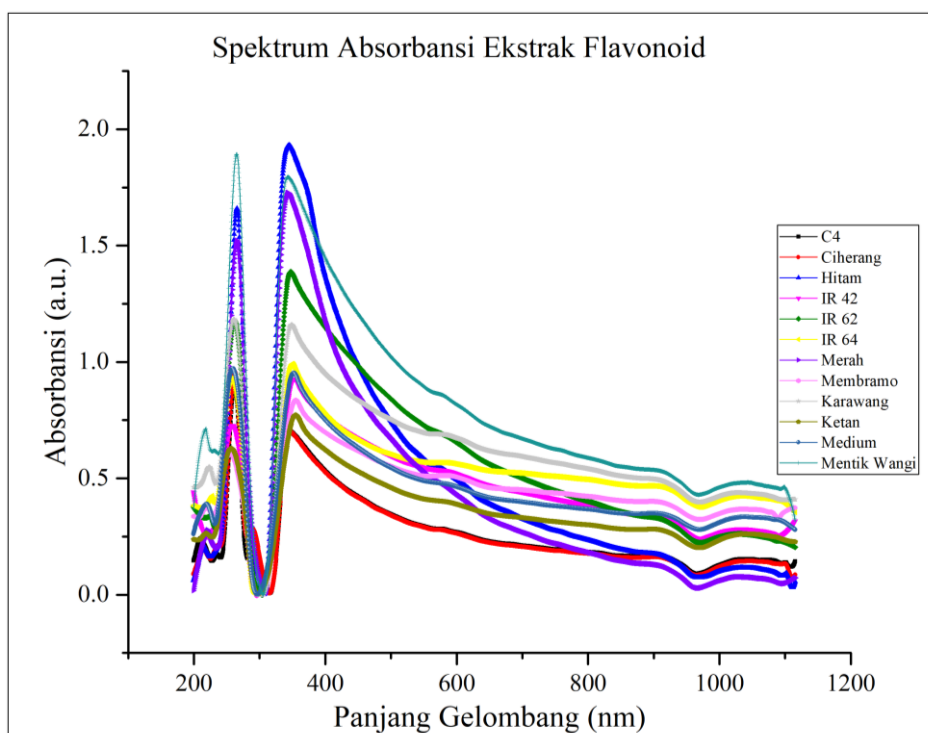
**Tabel 4. 2.** Tabel kadar fenolik total masing-masing jenis beras

<b>Jenis Beras</b>	<b>Kadar Fenolik Total (mg GAE/g)</b>
Beras Hitam	31.50
Beras Merah	30.17
Ciherang	28.17
IR- 62	27.82
Membramo	27.76
IR-64	27.58
C-4	27.37
Mentik Wangi	27.33
Bengawan	26.38
Medium	24.67
IR - 42	24.56
Karawang	24.47
Ketan	23.69

Kadar fenolik total merupakan salah satu senyawa penyumbang antioksidan. Berdasarkan hasil yang didapatkan, beras merah dan beras hitam memiliki kadar fenolik total yang paling tinggi. Sedangkan yang paling rendah dimiliki oleh beras ketan.

#### **4.1.3. Flavonoid**

Berikut merupakan spektrum absorbansi dari ekstrak flavonoid masing-masing jenis beras.

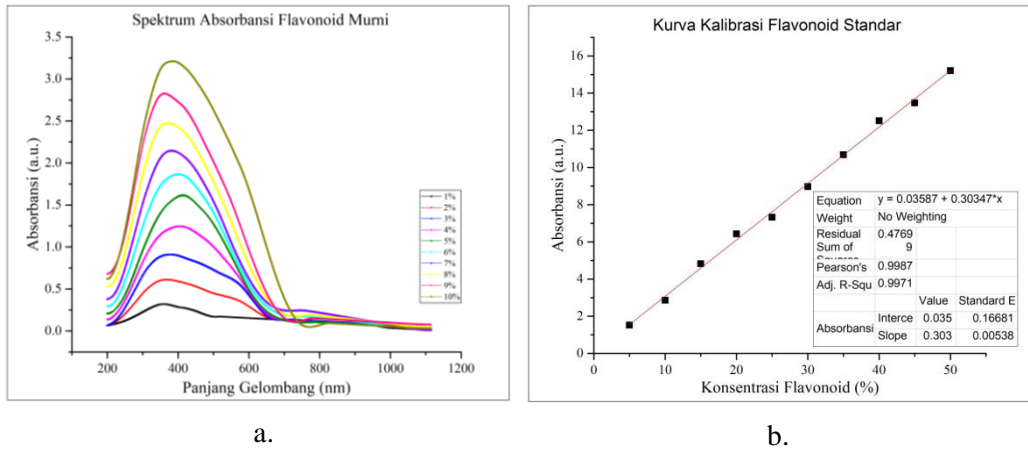


**Gambar 4. 5.** Spektrum absorbansi flavonoid berbagai jenis beras

Dari gambar 4.5, spektrum absorbansi flavonoid pada masing-masing jenis beras memiliki 2 puncak panjang gelombang. Puncak panjang gelombang terbagi menjadi 2 yaitu pita A dan pita B. Sama halnya pada penelitian sebelumnya. Dimitros dkk menyebutkan bahwa pita A terletak pada daerah 350 nm, sedangkan pita B terletak pada daerah 250 nm – 290 nm. Pada pita B, terdapat pengaruh adanya fenolik. Maka pita B kurang baik jika digunakan untuk pengukuran kadar flavonoid (Tsimogiannis, Samiotaki, Panayotou, & Oreopoulou, 2007) . Sehingga, pada pengukuran flavonoid ini digunakan puncak absorbansi pada pita A.

Pengukuran kadar flavonoid berdasarkan nilai absorbansi pada panjang gelombang 350 nm dan kurva standar flavonoid standar. Kurva standar flavonoid standar dibuat dengan melarutkan 5 mg Kuersetin pada 1 mL methanol. Kemudian larutan tersebut diencerkan kembali sehingga didapatkan variasi konsentrasi 5%-50% dengan kenaikan 5%. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi di setiap jenis beras. Gambar 4.6 merupakan kurva standar flavonoid standar.





**Gambar 4. 6.** a). Spektrum flavonoid murni b). Kurva standar flavonoid

Setelah didapatkan kurva standar standar flavonoid dan absorbansi maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan kadar flavonoid total dari masing-masing jenis beras. persamaan yang didapatkan dari kurva standar flavonoid adalah  $y = 0,03587+0,30347x$ . dimana Y adalah nilai absorbansi dan x adalah kadar flavonoid total. Satuan yang digunakan adalah mg QE/g berat kering. QE adalah *Quercetin Equivalent* yang artinya kadar falvonoid pada pengukuran ini setara dengan kadar kuersetin. Kuersetin adalah flavonoid yang baanyak ditemukan dialam, yaitu pada buah dan sayuran. Berikut merupakan hasil pengukuran kadar falvonoid total pada masing-masing jenis beras.

**Tabel 4. 3.** Tabel kadar flavonoid total masing-masing jenis beras

Jenis Beras	Kadar Flavonoid Total (mg QE/g)
Merah	6.45
Hitam	6.22
Mentik Wangi	6.06
Membramo	5.47
IR 62	5.34
Bengawan	4.87
IR 64	4.47
C4	4.20
Ciherang	4.08

**Tabel 4.3.** (Lanjutan)

IR 42	3.85
Karawang	3.63
Ketan	3.58
Medium	3.04

Kadar flavonoid total tertinggi dimiliki oleh beras merah dan beras hitam. Sedangkan kadar flavonoid paling rendah dimiliki oleh beras medium.

Senyawa fenolik dan flavonoid merupakan senyawa yang tergolong dalam kelompok antioksidan. Antioksidan sangat penting bagi tubuh. Antioksidan dapat mencegah adanya kerusakan sel, pertumbuhan sel yang abnormal dan mencegah timbulnya penyakit. Berdasarkan hasil pengukuran, beras merah dan beras hitam memiliki kadar fenolik dan flavonoid yang tinggi. Sehingga kedua beras tersebut memiliki aktivitas antioksidan yang baik pula. Sedangkan paling rendah dimiliki oleh beras medium. Dalam upaya pencegahan radikal bebas dalam tubuh, beras merah dan beras hitam adalah pilihan yang paling tepat untuk dikonsumsi.

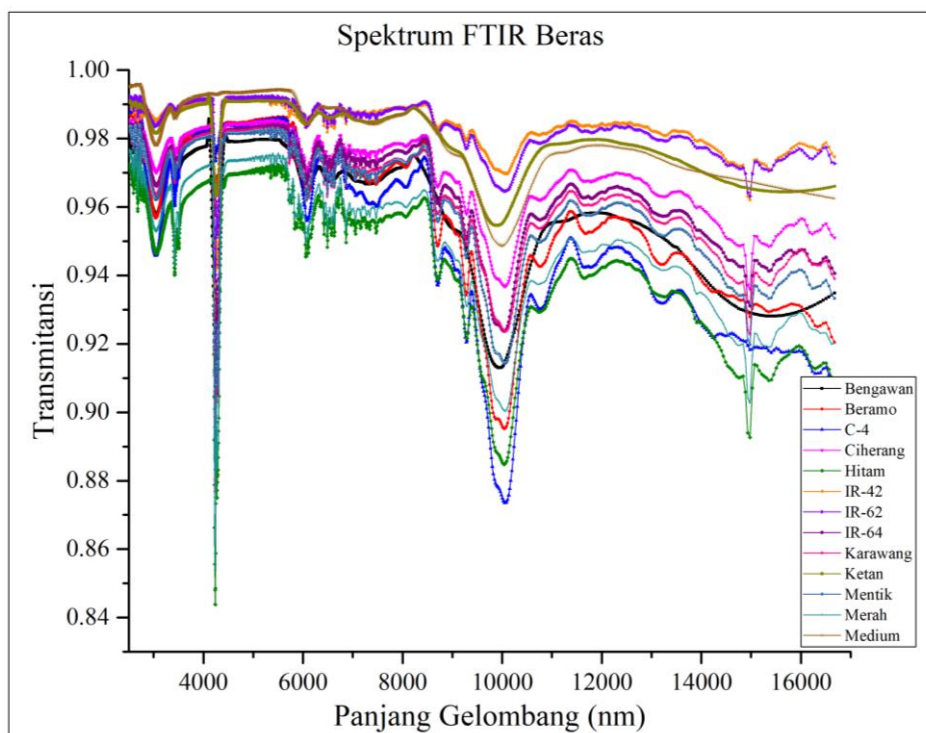
#### **4.2. Data FTIR Beras**

Sampel beras yang telah digiling kemudian diukur menggunakan spektrometer FTIR Bruker ALPHA II. Gambar 4.7 merupakan dokumentasi saat dilakukan pengukuran sampel beras menggunakan spektrometer FTIR Bruker ALPHA II.



**Gambar 4. 7.** Dokumentasi pengambilan data FTIR

Data spektrum FTIR didapatkan dari masing-masing jenis beras. Pengukuran FTIR dilakukan 5 kali pada masing-masing jenis beras. Dari ke-5 data dari masing-masing jenis beras tersebut, kemudian dirata-rata sehingga didapatkan 1 spektrum FTIR. Gambar 4.8. merupakan spektrum FTIR rata-rata dari masing-masing beras.



**Gambar 4. 8.** Spektrum FTIR masing-masing beras.

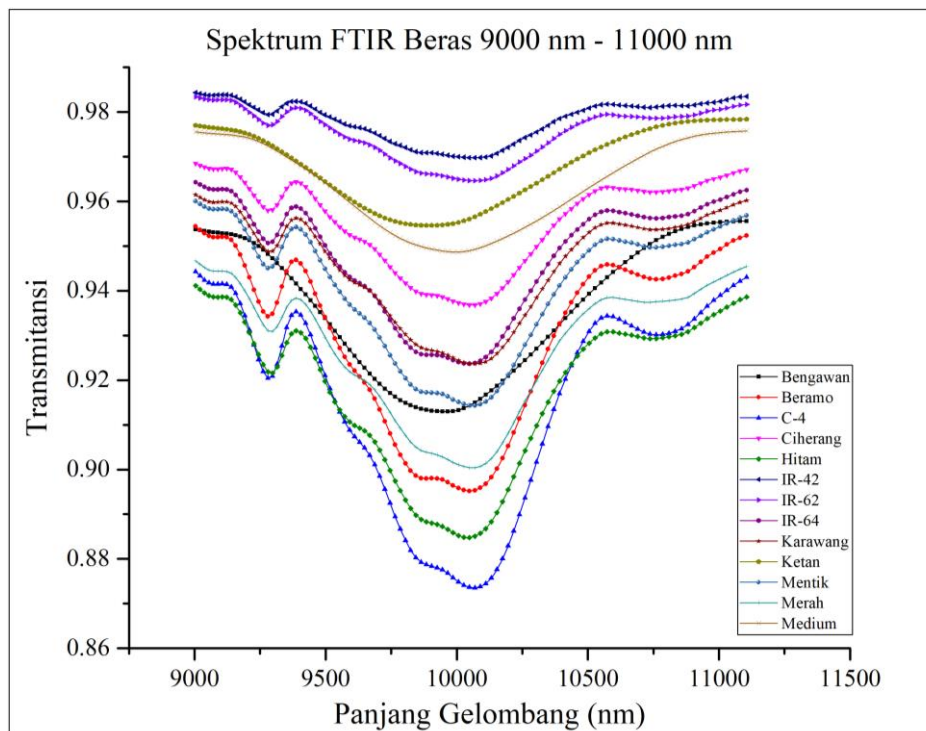
Secara keseluruhan, bentuk spektrum FTIR yang dimiliki tiap beras memiliki pola sejenis, namun terdapat perbedaan nilai transmitansi. Perbedaan nilai transmitansi pada setiap jenis beras terlihat pada panjang gelombang 9000 nm – 11000 nm, 4000 nm – 4444 nm, 3300 nm - 3600 nm dan 2800 nm - 3125 nm. Beberapa jenis beras tidak memiliki serapan yang sama. Sebagai contoh, pada rentang 4000 nm – 4444 nm, beras medium tidak memiliki serapan.

Setiap pola yang dimiliki oleh beras tersebut dapat mengidentifikasi adanya penyerapan suatu senyawa tertentu.

#### **4.2.1. Identifikasi Senyawa Amilosa dari Spektrum FTIR**

Penelitian sebelumnya mengatakan bahwa adanya senyawa amilosa pada beras dapat diidentifikasi berdasarkan spektrum FTIR. Adanya penyerapan

pada panjang gelombang  $1076\text{ cm}^{-1}$  dan  $995\text{ cm}^{-1}$  atau  $9293\text{ nm}$  dan  $10050\text{ nm}$  mengindikasikan adanya amilosa pada sampel (Bağcıoğlu, Zimmermann, & Kohler, 2015). Gambar 4.9. merupakan spektrum FTIR yang didapatkan dari masing-masing jenis beras dengan rentang panjang gelombang  $9000\text{ nm} - 11000\text{ nm}$ .



**Gambar 4. 9.** Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang  $9000\text{ nm} - 11000\text{ nm}$

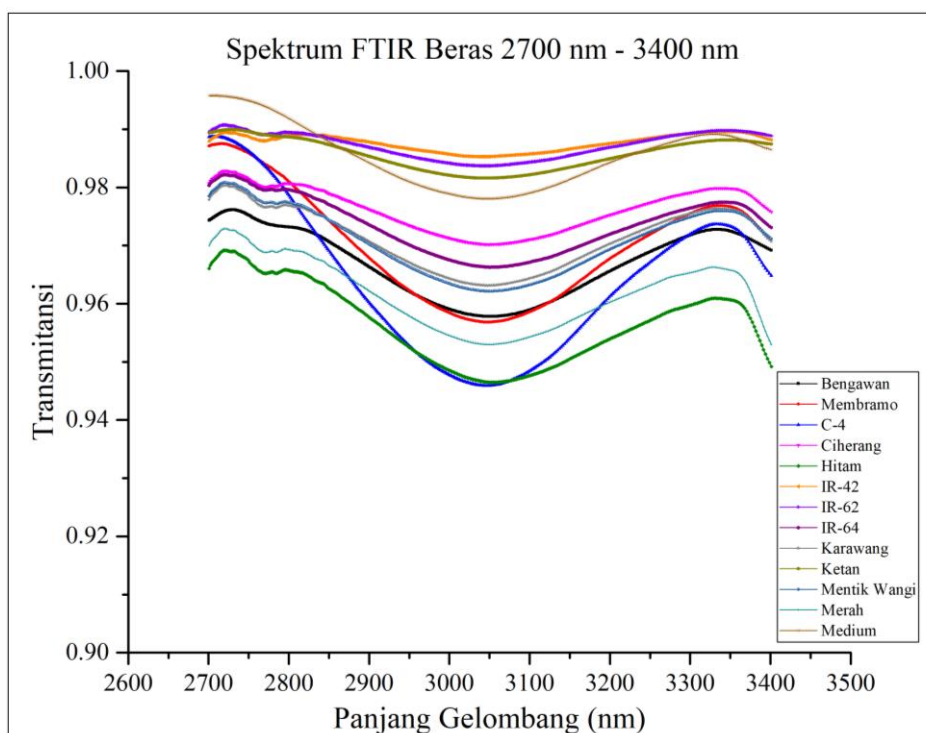
Gambar 4.9. menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang  $9000\text{ nm} - 11000\text{ nm}$ . Secara spesifik pada panjang gelombang  $9925\text{ nm}$  dan  $9302\text{ nm}$ . Hal ini dapat mengindikasikan adanya senyawa amilosa pada sampel beras. Perbedaan nilai transmittansi yang dimiliki oleh beras mengindikasikan adanya perbedaan kadar amilosa yang terkandung dari masing-masing beras.

**Tabel 4. 4.** Panjang gelombang indikator keberadaan senyawa amilosa

Panjang Gelombang Indikator Senyawa Amilosa ( Referensi )	Panjang Gelombang Indikator Senyawa Amilosa ( Pengukuran )
9293 nm	9302 nm
10050 nm	9925 nm

#### 4.2.2. Identifikasi Senyawa Fenolik dari Spektrum FTIR

Senyawa fenolik pada sampel beras diindikasikan dengan adanya serapan pada panjang gelombang rentang 2700 nm – 3400 nm dari spektrum FTIR (Fujii, Iwasaki, Yoshida, Ebata, & Mikami, 1997). Gambar 4.10 menunjukkan spektrum FTIR hasil pengukuran dari beras pada rentang panjang gelombang 2700 nm – 3400 nm.



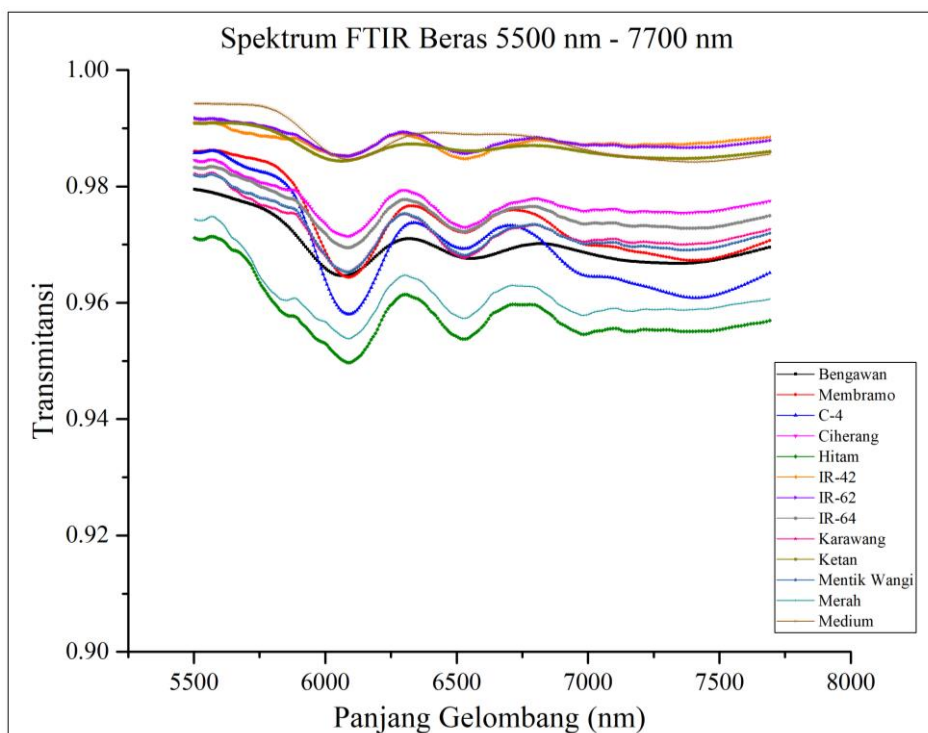
**Gambar 4. 10.** Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang 2700 nm – 3400 nm

Gambar 4.10 menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang rentang 2700 nm – 3400 nm. Sehingga, dapat dikatakan bahwa sampel beras yang terukur mengandung senyawa fenolik dengan kadar tertentu. Setiap jenis beras memiliki nilai transmitansi yang berbeda, sehingga kadar fenolik yang terkandung pada setiap jenis beras akan memiliki perbedaan pula.

#### 4.2.3. Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Spektrum FTIR

Berdasarkan penelitian sebelumnya, keberadaan senyawa flavonoid dapat diketahui dari spektrum FTIR yang dihasilkan. Senyawa flavonoid menyerap pada panjang gelombang 6215 nm dan 6583 nm (Silva, Feliciano, Boas, & Bronze, 2014). Gambar 4.11 dibawah ini menunjukkan spektrum FTIR pada panjang gelombang rentang 5500 nm – 7700 nm .

Terdapat serapan pada rentang panjang gelombang 5500 nm – 7700 nm walaupun dengan nilai yang tidak terlalu besar. Ditunjukkan pada gambar 4.11. bahwa senyawa flavonoid pada beberapa jenis beras memiliki serapan yang kecil.



**Gambar 4. 11.** Spektrum FTIR beras pada panjang gelombang 5500 nm – 7700 nm

Penyerapan maksimal direntang panjang gelombang 5500 nm – 7700 nm secara spesifik ditunjukkan pada tabel 4.5.

**Tabel 4. 5.** Panjang gelombang indikator keberadaan senyawa amilosa

Panjang Gelombang Indikator Senyawa Flavonoid ( Referensi )	Panjang Gelombang Indikator Senyawa Flavonoid ( Pengukuran )
6215 nm	6119 nm
6583 nm	6531 nm

#### 4.3. Prediksi Kadar Amilosa, Fenolik dan Flavonoid Menggunakan Analisa Statistik *Partial Least Square*

Dari analisa data dan pembahasan yang telah dituliskan pada sub bab 4.2. spektrum FTIR dari setiap jenis beras mengindikasikan adanya senyawa amilosa, fenolik dan flavonoid. Untuk mendapatkan nilai kadar senyawa amilosa,

fenolik dan flavonoid perlu dilakukan korelasi antara spektrum FTIR dari masing-masing jenis beras terhadap kadar amilosa, fenolik dan flavonoid tersebut.

Pada penelitian ini, digunakan metode *Partial Least Square* untuk mencari pemodelan yang mengkorelasikan antara spektrum FTIR dengan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid. Pemodelan didapatkan dengan mengkorelasikan data FTIR di setiap rentang panjang gelombang yang mengindikasikan adanya amilosa, fenolik dan flavonoid dengan data kadar amilosa, fenolik dan flavonoid yang telah diketahui. Data Spektrum FTIR diinputkan sebagai variabel independen, sedangkan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid diinputkan sebagai data dependen. Rentang data spektrum FTIR yang digunakan untuk kadar amilosa 9000 nm – 11000 nm, kadar fenolik 2700 nm – 3400 nm dan kadar flavonoid 5500 nm – 7700 nm.

Setelah pemodelan didapatkan, pemodelan digunakan sebagai prediksi untuk mengetahui kadar amilosa, fenolik dan flavonoid. Hasil prediksi didapatkan dengan menginputkan variabel independen, yaitu data spektrum FTIR yang ingin diketahui kadar amilosa, fenolik atau flavonoid nya. Kadar amilosa, fenolik dan flavonoid hasil prediksi, kemudian dibandingkan dengan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid hasil pengukuran yang telah dituliskan pada sub bab 4.1. Berikut merupakan hasil prediksi kadar amilosa fenolik dan flavonoid menggunakan metode *Partial Least Square*.

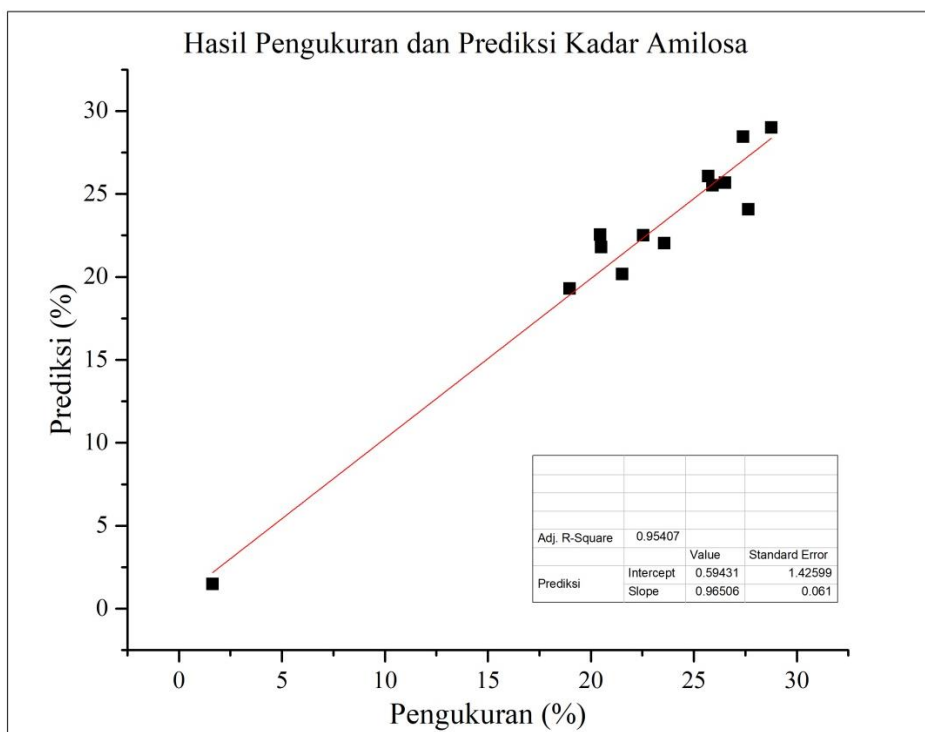
#### 4.3.1. Hasil Prediksi Kadar Amilosa

**Tabel 4. 6.** Tabel kadar amilosa dari pengukuran dan prediksi

Jenis Beras	Aktual (%)	Prediksi (%)
IR 64	23.56	22.67
Ciherang	22.54	23.31
Bengawan	21.52	20.13
Mentik Wangi	20.50	19.23
IR 62	20.45	23.176
Ketan	1.64	2.63
Membramo	20.97	21.37

**Tabel 4.6.** (Lanjutan)

C-4	20.91	19.26
Beras Hitam	28.76	29.99
IR 42	27.64	26.16
Karawang	25.73	26.03
Beras Merah	27.39	27.63
Medium	26.52	25.99



**Gambar 4. 12.** Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar amilosa

Hasil prediksi kadar amilosa memiliki nilai RMSE sebesar 1,25 dan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 0,95. Error terbesar terjadi pada prediksi kadar amilosa jenis beras IR 42.

#### 4.3.2. Hasil Prediksi Kadar Fenolik

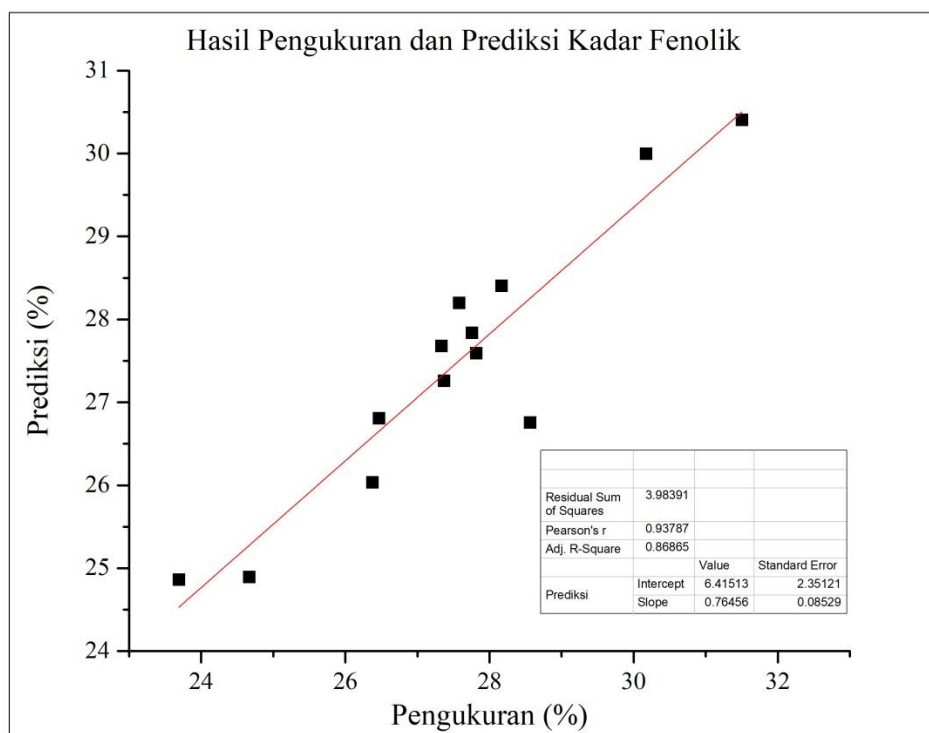
**Tabel 4. 7.** Tabel kadar fenolik dari pengukuran dan prediksi

Jenis Beras	Aktual (mg GAE/g)	Prediksi (mg GAE/g)
Bengawan	26.37	26.27
Membramo	27.75	27.36



**Tabel 4.7.** (Lanjutan)

C-4	27.37	27.67
Ciherang	28.17	28.35
Beras Hitam	31.50	30.60
IR 42	27.37	26.72
IR 62	27.82	27.75
IR 64	27.58	27.60
Karawang	26.46	27.18
Ketan	23.69	24.10
Mentik Wangi	27.33	28.04
Beras Merah	30.17	29.87
Medium	24.67	24.39



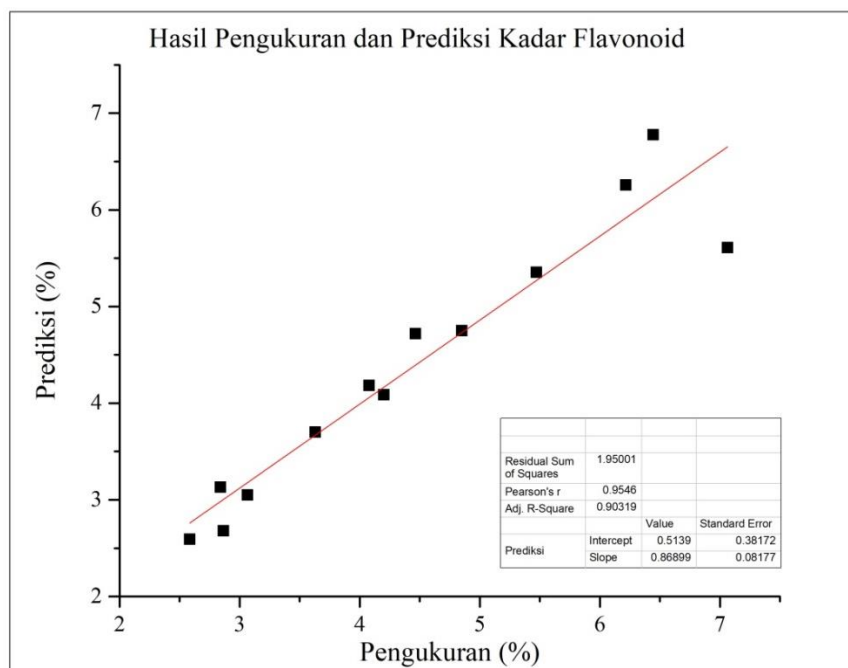
**Gambar 4. 13.** Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar fenolik

Hasil prediksi kadar fenolik memiliki nilai RMSE sebesar 0,72 dan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 0,86. Error terbesar terjadi pada prediksi kadar amilosa jenis beras IR 42.

### 4.3.3. Hasil Prediksi Kadar Flavonoid

Tabel 4. 8 Tabel kadar flavonoid dari pengukuran dan prediksi

Jenis Beras	Aktual	Prediksi
Bengawan	4.87	4.82
Membramo	5.47	5.19
C-4	4.2	3.91
Ciherang	4.08	4.24
Beras Hitam	6.21	6.77
IR 42	3.85	4.46
IR 62	5.34	4.09
IR 64	4.47	4.25
Karawang	3.63	4.44
Ketan	3.58	3.62
Mentik Wangi	7.06	6.18
Beras Merah	6.44	6.60
Medium	2.86	3.58



Gambar 4. 14. Grafik hasil pengukuran dan prediksi kadar flavonoid

Hasil prediksi kadar flavonoid memiliki nilai RMSE sebesar 0,44 dan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 0,95. Error terbesar terjadi pada prediksi kadar amilosa jenis beras IR 42.

#### 4.3.4. Penelitian Terdahulu Terkait Pengukuran Kadar Nutrisi dari Beras

Penelitian mengenai pengukuran kadar nutrisi pada bahan makanan menggunakan metode spektroskopi khususnya spektroskopi FTIR telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Berikut merupakan perbandingan hasil penelitian yang telah didapatkan.

**Tabel 4. 9.** Tabel Penelitian Terdahulu Terkait Pengukuran Kadar Nutrisi Beras

Judul Penelitian	Hasil Pengukuran	Referensi
<i>The Aplication of FTIR Spectroscopy for Quality Control of Flours Obtained from Polish Producer</i>	Hasil penelitian didapatkan nilai prediksi kadar protein dan kadar lemak menggunakan teknik spektroskopi FTIR dengan koefisien determinasi 0,97 dan 0,96.	(Sujka, N, N, Reder, & Ciemniowska-, 2017)
<i>Optimization of rice amylose determination by NIR spectroscopy using PLS chemometrics algorithms</i>	Hasil penelitian didapatkan nilai prediksi kadar amilosa menggunakan teknik spektroskopi inframerah dekat dengan nilai koefisien determinasi sebear 0,94	(Sampaio et al., 2018)
<i>Rapid Detection Sensor for Rice Grain Moisture Based on NIR Spectroscopy</i>	Hasil penelitian didapatkan prediksi kadar kelembaban pada beras menggunakan teknik spektroskopi inframerah dekat dengan nilai koefisisen determinasi sebesar 0,936.	(Lin et al., 2019)
<i>Method Development of Near-Infrared Spectroscopy Approaches for Nondestructive and Rapid Estimation of Total Protein in Brown Rice Flour</i>	Hasil penelitian didapatkan prediksi kadar protein pada beras menggunakan metode spektroskopi inframerah dekat dengan nilai koefisien determinasi sebear 0,919-0,977.	(Jimenez et al., 2019)
Sistem Peningkatan Kualitas Beras Berbasis Spektroskopi Bimodal: FTIR dan LIBS	Hasil penelitian didapatkan prediksi kadar amilosa, fenolik dan flavonoid dengan nilai koefisien determinasi 0,95 ; 0,86 dan 0,95	Penelitian ini

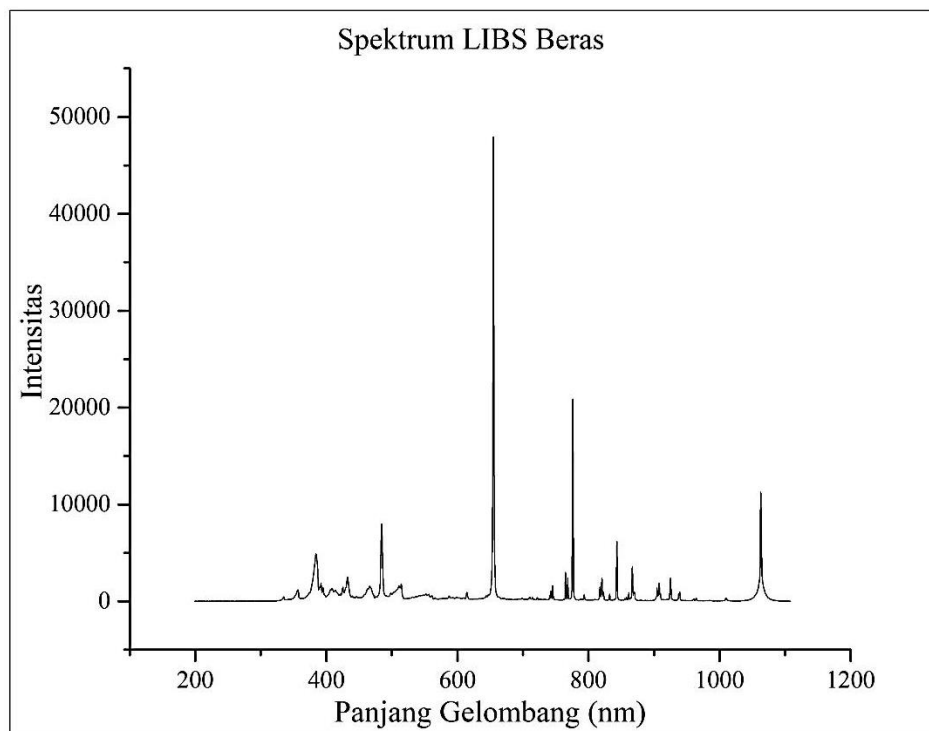
#### 4.4. Data LIBS beras

Pengambilan data LIBS menggunakan laser Nd:YAG dengan panjang gelombang 1064 nm sebagai sumber cahayanya. Sampel beras yang telah menjadi serbuk dibuat palet dengan menggunakan alat pembuat palet dengan memberi tekanan sebesar 15 Torr selama 25 menit.



**Gambar 4. 15.** a. alat pembuat palet, b. beras yang telah dibuat menjadi palet beras

Setelah menjadi palet, dilakukan pengambilan data LIBS palet beras dari masing-masing jenis beras. Pengambilan data LIBS dilakukan pada 10 titik yang berbeda, kemudian data LIBS dari 10 titik tersebut dirata-rata sehingga didapatkan 1 spektrum LIBS. Gambar 4.16. merupakan salah satu contoh data LIBS dari beras.



**Gambar 4. 16.** Spektrum LIBS beras

Spektrum beras dari 13 jenis beras, secara keseluruhan memiliki puncak intensitas pada panjang gelombang yang sama. Yang berbeda adalah intensitas dari spektrum LIBS. Adanya puncak intensitas pada panjang gelombang mengindikasikan adanya elemen tertentu, sedangkan nilai intensitas pada puncak intensitas menunjukkan konsentrasi dari elemen tersebut (Wahid, Yahaya, & Munajat, 2014).

#### 4.5. Analisa Elemen pada Beras

Berdasarkan spektrum LIBS dari masing-masing jenis beras, maka didapatkan beberapa panjang gelombang dengan intensitas maksimum. Berikut merupakan tabel analisa elemen yang diindikasikan oleh adanya puncak intensitas pada panjang gelombang tertentu.

**Tabel 4. 10.** Tabel Elemen yang Terdapat pada Beras berdasarkan Spektrum LIBS Hasil Pengukuran

Panjang Gelombang	Elemen	Referensi
324	Cu	(Liu et al., 2018)
402	Pb	(P. Yang et al., 2019)

**Tabel 4.10.** (Lanjutan)

422	Ca	(Wahid et al., 2014)
588	Na	(Chu Zhang, Shen, Liu, & He, 2018)
654	Fe	(Der, Kabir, Ullah, Khan, & Abedi, 2013)
819.5	Na	(Kim, Kwak, Choi, & Park, 2012)
844	Fe	(Chu Zhang et al., 2018)

Berikut merupakan tabel pegamatan elemen yang terkandung dari setiap jenis beras serta nilai intensitasnya berdasarkan spektrum LIBS hasil pengukuran.

**Tabel 4. 11.** Tabel elemen terkandung di setiap jenis beras dan nilai intensitasnya

Panjang Gelombang/ Elemen		Bengawan	C4	Ciherang	Hitam	IR42	IR62
383.87	Mg	558	773	681	2458	163	600
392.1	H	-	-	-	1876	-	-
405.81	K	2633	2185	2117	1230	577	810
424.97	Ca	2524	2258	2173	13554	1688	-
433.16	C	1918	1594	1497	1386	1435	-
439.98	O	1219	1219	982	904	-	-
463.13	Na	2697.	2442.	2261	2038	1134	1629
484.4	H	2138	2138	1751	2322	1331	2334
587.62	Na	-	-	-	-	-	2030
654.59	Fe	21212	18891	17433	20610	13360	37255
722.23	O	1011	1006	917	7845	917.5	-
776.19	O	8007	6967	6597	6004	5336	15524
817.24	Na	-	-	-	-	-	1640
820.25	O	-	-	-	-	-	-
843.45	Fe	2544	2247	2097	1730	2420	5072
866.57	Ca	135	-	-	689	355	3528
904.9	C	-	-	-	542	-	1506
907.87	C	-	-	-	776	-	-
925.24	O	730.5	689	611	-	1076	2461
937.5	C	-	-	-	1322	-	1060

**Tabel 4.11.** Tabel elemen terkandung di setiap jenis beras dan nilai intensitasnya

Panjang Gelombang/ Elemen		IR64	Karawang	Ketan	Mentik	Membramo	Mediun	Merah
383.87	Mg	263	579	527	547	591	948	2679
392.1	H	-	-	-	2199	-	-	1911

**Tabel 4.11.** (Lanjutan)

405.81	K	605	2161	3292	3430	2420	332	1527
424.97	Ca	1620	2888.33	5558	5552	1705	458	14333
433.16	C	1131	819	1115 9	2759	1889	284	2463
439.98	O	-	1284	2124	-	1030	-	-
463.13	Na	1239	2323	3122	3230.5	1036	439	2876
484.4	H	1145	2213	2618	-	1584	-	7977
587.62	Na	-	-	-	1252	-	-	-
654.59	Fe	1238 0	21081	4518 0	22437	16672	4443	47932
722.23	O	432	919	1707	1139	-	270	-
776.19	O	5485	6108	2850 7	9265	6674	1688	20883
817.24	Na	-	-	-	-	-	-	-
820.25	O	-	-	2389	-	-	-	2375
843.45	Fe	2657	2404	8910	2918	2161	547	6164
866.57	Ca	183	-	-	-	-	-	3605
904.9	C	-	-	-	-	-	-	-
907.87	C	-	-	-	-	-	-	-
925.24	O	675	545	3080	2304	876	180	2400
937.5	C	-	-	-	-	-	-	1342

Analisa elemen pada tiap puncak panjang gelombang dilakukan dengan membandingkan data spektrum LIBS yang didapatkan dengan database *Spectra Atomic Database NIST*. Berdasarkan tabel 4.10., secara keseluruhan beras tidak ada mengandung senyawa timbal yang sering ditemukan di beras. Elemen mayoritas yang dimiliki oleh beras adalah Magnesium, Zat Besi, Natrium, Kalium dan Kalsium.

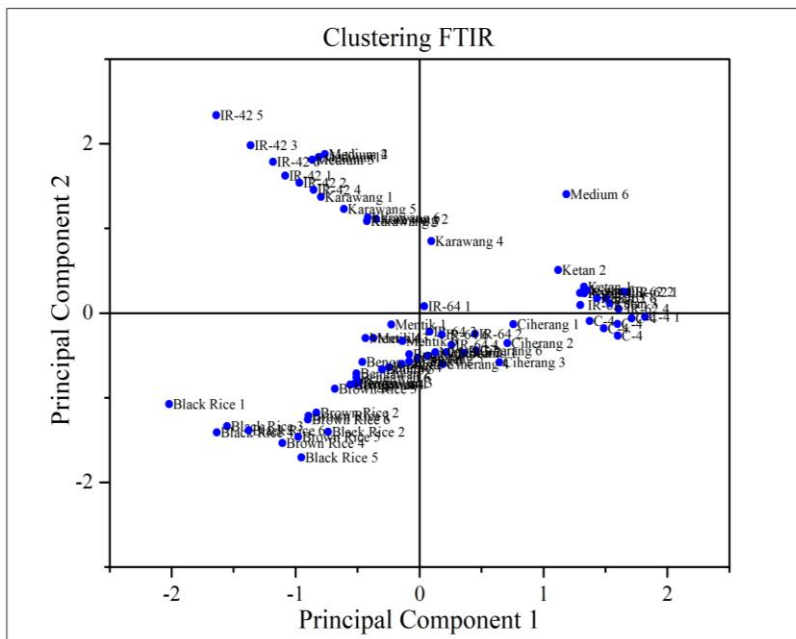
#### 4.6. Pengelompokan Jenis Beras

Pada penelitian ini, dilakukan pengelompokan terhadap beberapa jenis beras berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS. Pengelompokan dilakukan untuk menganalisa jenis beras yang memiliki kemiripan karakteristik yang kemudian digunakan untuk menganalisa kualitas beras tersebut.

Pengelompokan dilakukan dengan menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA). PCA dilakukan pada software Origin Pro, dengan menginputkan data spektrum FTIR dan LIBS pada rentang 200 nm – 1100 nm.

Metode *Principle Component Analysis* (PCA) dapat membagi jenis beras menjadi kelompok-kelompok baru, dimana dalam satu kelompok tersebut terdapat beberapa jenis beras yang memiliki karakteristik yang sama. Karakteristik beras tersebut direpresentasikan oleh spektrum FTIR dan spektrum LIBS nya. PCA merupakan suatu teknik untuk mengurangi dimensi dari sekumpulan data yang terdiri dari banyak variabel yang saling berhubungan tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. Penyederhanaan PCA dilakukan dengan cara mentransformasi linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan variansi maksimum.

Sebuah spektrum FTIR dan LIBS merupakan kumpulan data intensitas transmisi dan emisi pada tiap panjang gelombang, dimana intensitas transmisi dan emisi tersebut memberikan informasi. Metode PCA digunakan untuk mengolah informasi yang terdapat pada sebuah spektrum dengan hanya mengambil informasi yang signifikan dari spektrum tersebut sehingga informasi didapatkan dari data spektrum yang lebih sederhana.



**Gambar 4. 17.** Hasil pengelompokan berdasarkan spektrum FTIR

Jumlah data spektrum FTIR pada masing-masing jenis beras adalah 6 data spektrum dan jumlah data spektrum LIBS pada masing-masing jenis beras adalah 3 data spektrum. Setiap data spektrum diberi penamaan jenis beras masing-masing. Berikut merupakan hasil pengelompokan yang didapatkan.



Gambar 4.17. merupakan hasil pengelompokan berdasarkan spektrum FTIR. Berdasarkan hasil pengelompokan spektrum FTIR yang didapatkan, jenis beras dapat diclusterkan menjadi 4 kelompok. Kemudian dilakukan analisa dari setiap kelompok yang terbentuk.

**Tabel 4. 12.** Kelompok jenis beras berdasarkan spektrum FTIR

<b>Jenis Beras</b>	<b>Kelompok</b>
Beras Hitam	Kelompok 1
Beras Merah	
Mentik Wangi	Kelompok 2
Membramo	
Ciherang	
Bengawan	
IR-64	
Ketan	Kelompok 3
IR-62	
C-4	
IR-42	Kelompok 4
Medium	
Karawang	

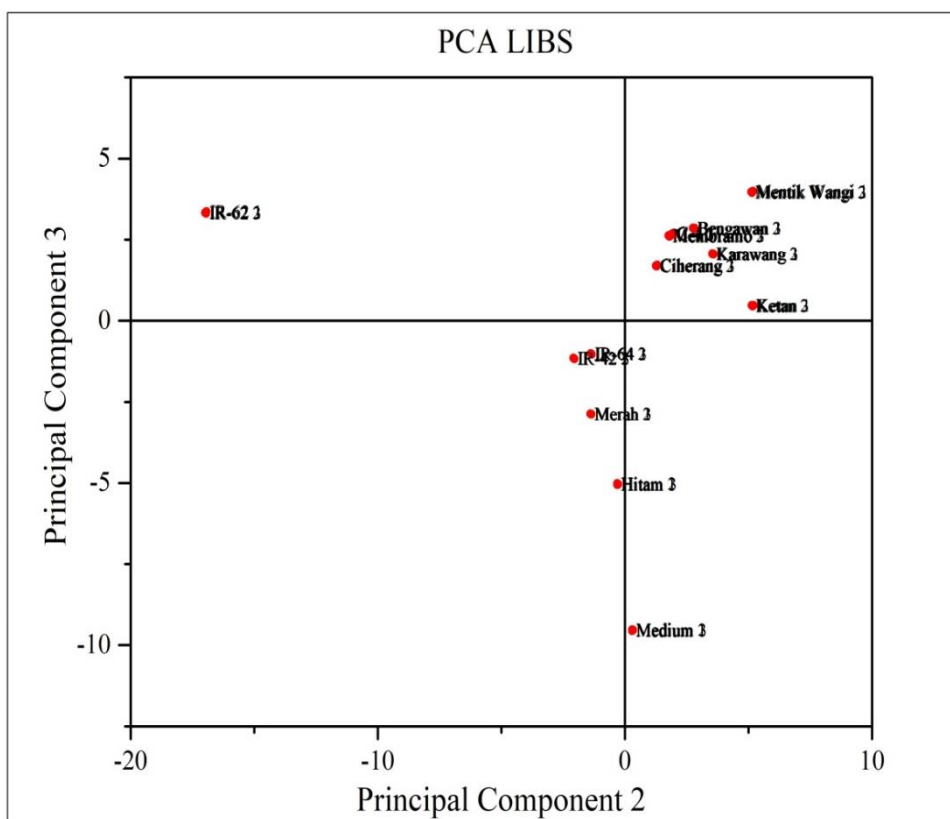
Spektrum FTIR dapat mengindikasikan keberadaan senyawa yang terkandung dalam beras. Maka dari itu, pengelompokan yang dihasilkan berdasarkan spektrum FTIR merupakan pengelompokan berdasarkan senyawa yang terkandung dalam beras. Pengelompokan jenis beras yang terbentuk, terjadi akibat adanya kemiripan senyawa yang terkandung pada masing-masing beras yang saling berdekatan. Pada penelitian ini, kadar senyawa yang telah diketahui adalah amilosa, fenolik dan flavonoid. Maka, dilakukan analisa kelompok yang didapatkan berdasarkan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid.

Kelompok 1 merupakan jenis beras yang memiliki kadar amilosa, fenolik dan flavonoid yang tinggi. Kelompok 2 merupakan jenis beras yang memiliki kadar amilosa rendah, fenolik tinggi dan flavonoid juga tinggi. Kelompok 4 merupakan jenis beras yang memiliki kadar amilosa tinggi, namun

kadar fenolik dan flavonoid rendah. Sedangkan kelompok 3 memiliki kadar amilosa rendah, serta kadar fenolik dan flavonoid rendah dan tinggi.

Pengelompokan ini menghasilkan kelompok jenis beras yang memiliki kemiripan karakteristik. Maka dari itu terbentuk kelompok-kelompok yang memiliki kadar yang hampir sama. Dengan memiliki kadar yang sama pada tiap kelompok, maka tiap kelompok tersebut memiliki kualitas yang sama.

Kelompok 1 merupakan beras dengan kualitas tinggi. Kelompok 2 dan 3 merupakan beras putih yang memiliki kualitas premium dan paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Kelompok 4 merupakan beras putih dengan kualitas rendah atau jenis beras medium.



**Gambar 4. 18.** Hasil pengelompokan berdasarkan spektrum LIBS

Gambar 4.18. merupakan hasil pengelompokan berdasarkan spektrum LIBS. Pengelompokan yang didapatkan berdasarkan spektrum LIBS, menghasilkan 6 kelompok.

**Tabel 4. 13.** Pengelompokan jenis beras berdasarkan spektrum LIBS

<b>Jenis Beras</b>	<b>Kelompok</b>
Mentik Wangi	Kelompok 1
Membramo	
Ketan	
Karawang	
Ciherang	
Bengawan	
C-4	
IR-42	Kelompok 2
IR-64	
IR-62	Kelompok 3
Beras Merah	Kelompok 4
Beras Hitam	Kelompok 5
Medium	Kelompok 6

Pengelompokan yang didapatkan berdasarkan spektrum LIBS, terdapat 6 buah kelompok. Kelompok 1 terdiri dari 7 jenis beras, yaitu ; Bengawan, C-4, Ciherang, Karawang, Ketan, Mentik dan Membramo. Kelompok 2 terdiri dari 2 jenis beras, yaitu IR-42 dan IR-64. Kelompok 3 terdiri dari 1 jenis beras, yaitu IR-62. Kelompok 4 terdiri dari 1 jenis beras, yaitu Beras Merah. Kelompok 5 terdiri dari 1 jenis beras, yaitu Beras Hitam. Serta kelompok 6 terdiri dari 1 jenis beras, yaitu Beras Medium.

Dalam penelitian ini, LIBS digunakan untuk menganalisa elemen yang terkandung dalam beras. Spektrum LIBS yang dihasilkan memiliki puncak pada panjang gelombang tertentu yang menunjukkan keberadaan suatu senyawa. Nilai intensitas yang dimiliki setiap puncak pada panjang gelombang tertentu berkorelasi terhadap kadar elemen tersebut. Semakin tinggi nilai intensitas, maka semakin tinggi kadar elemen tersebut.

Pada penelitian ini, referensi yang digunakan untuk menganalisa elemen pada panjang gelombang tertentu adalah data base Atomic Spectra LIBS dari NIST (National Institute of Standards and Technology)(A, A, & Yu, n.d.).

Hasil pengelompokan yang didapatkan, jenis beras terkelompokkan berdasarkan karakteristik spektrum LIBS dari masing-masing jenis beras. Sehingga, beras yang terkelompok pada setiap kelompoknya cenderung memiliki kedekatan atau kemiripan elemen yang terkandung.

Kelompok 1 yang terdiri dari 7 jenis beras, merupakan kelompok yang terdiri dari jenis beras yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia. Pada kelompok 1 ini, setiap jenis beras memiliki kandungan elemen yang sama dan nilai intensitas yang berdekatan. Elemen yang terkandung pada jenis beras kelompok 1 adalah Kalium, Kalsium, Karbon, Oksigen, Natrium, Hidrogen, Magnesium dan Zat Besi. Kalium yang terkandung pada beras pada kelompok 1 ini tergolong cukup rendah jika dibandingkan kalium yang dimiliki beras pada kelompok lainnya. Intensitas kalium pada beras kelompok 1 berada pada rentang 2161- 3430.

Kelompok 2 yang terdiri dari 2 jenis beras, yaitu IR 42 dan IR 64. Elemen yang terkandung pada kelompok 2 tidak jauh berbeda dengan elemen yang terkandung pada beras kelompok 1. Beras pada kelompok 2 mengandung elemen Magnesium, Kalium, Kalsium, Karbon, Natrium, Zat Besi, Oksigen dan Hidrogen. Namun, intensitas masing-masing elemen pada kelompok 2 ini cenderung lebih rendah dibandingkan dengan elemen beras pada kelompok 1.

Kelompok 3 terdiri dari hanya 1 jenis beras, yaitu jenis beras IR-62 memiliki perbedaan elemen terkandung pada beras yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan kelompok lainnya. Jenis beras IR-62 memiliki 3 puncak panjang gelombang yang mengindikasikan adanya elemen Natrium. Sedangkan jenis beras pada kelompok lainnya hanya memiliki 1 puncak panjang gelombang yang mengindikasikan adanya natrium. Secara keseluruhan elemen lain yang terkandung juga sama dengan kelompok sebelumnya, namun memiliki perbedaan intensitas.

Kelompok 4 terdiri dari hanya 1 jenis beras, yaitu beras merah secara keseluruhan tidak memiliki perbedaan elemen yang terkandung beras dengan kelompok lainnya. Namun, beras merah memiliki puncak panjang gelombang yang mengindikasikan elemen Karbon, Hidrogen dan Oksigen lebih banyak daripada kelompok lainnya. Begitu pula pada kelompok 5, yang terdiri hanya 1

jenis beras, yaitu beras hitam. Beras hitam memiliki kesamaan dengan beras merah, memiliki jumlah puncak panjang gelombang yang mengindikasikan adanya karbon, hidrogen dan oksigen lebih banyak ketimbang kelompok lainnya. Perbedaan beras merah dan beras hitam adalah jumlah elemen karbon yang terkandung. Beras hitam memiliki 4 puncak panjang gelombang yang mengindikasikan adanya karbon, sedangkan beras merah memiliki 3 puncak panjang gelombang yang mengindikasikan adanya karbon.

Kelompok yang terakhir adalah kelompok 6 yang hanya terdiri dari 1 jenis beras, yaitu beras medium. Secara keseluruhan, beras medium memiliki kandungan elemen yang sama dengan jenis beras lainnya, yaitu ; Magnesium, Hidrogen, Kalium, Kalsium, Zat Besi, Natrium dan Oksigen. Namun, intensitas yang dimiliki setiap puncak panjang gelombang cenderung rendah jika dibandingkan dengan intensitas puncak panjang gelombang pada kelompok lainnya.

Tabel 4.13 merupakan tabel kualifikasi kadar elemen beras yang terkandung pada tiap kelompok.

**Tabel 4. 14.** Kualifikasi elemen pada tiap jenis beras

Kelompok	Mg	Fe	K	Ca	Na	C	H	O
1	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2	Red	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow
3	Yellow	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green
4	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green
5	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
6	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Berikut merupakan konversi nilai intensitas menjadi klasifikasi berdasarkan intensitas dari setiap elemen. Kadar yang diklasifikasikan tinggi diberi warna hijau, sedang diberi warna kuning dan rendah diberi warna merah.

**Tabel 4. 15.** Tabel konversi kualifikasi berdasarkan intensitas

Klasifikasi	Mg	Fe	K	Ca	Na	C	H	O
<b>Rendah</b>	0-500	0 - 10000	0 – 1000	0 - 1600	0 – 1000	0 – 500	1000 – 1400	0 – 1000

**Tabel 4.15.** (Lanjutan)

<b>Sedang</b>	501- 1300	10000- 20000	1001- 2000	1601 – 2000	1001 – 1400	501 – 1500	1401 - 1600	1001- 2000
<b>Tinggi</b>	1300- 2600	20001- 40000	2001 - 4000	2001 - 2500	1401- 2400	1501 - 2500	1601- 2000	2001- 4000

Magnesium adalah salah satu mineral penting yang memiliki segudang manfaat bagi tubuh. Manfaat magnesium anatara lain; untuk menguatkan tulang, membantu penyerapan kalsium, mencegah diabetes, menjaga kesehatan otot dan mengurangi risiko penyakit jantung. Kelompok 4 dan 5 memiliki kandungan magnesium yang paling tinggi, sedangkan kelompok 2 memiliki kandungan magnesium paling rendah.

Dalam tubuh manusia, zat besi memiliki fungsi yang sangat penting, yaitu untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh. Jenis beras yang memiliki zat besi tinggi dimiliki oleh kelompok 1,3,4 dan 5. Sedangkan kandungan zat besi terendah dimiliki oleh jenis beras pada kelompok 6.

Kalium juga bermanfaat bagi tubuh dan memiliki beberapa manfaat, yaitu ; menurunkan tekanan darah, menjaga kesehatan jantung dan pembuluh darah, memelihara fungsi saraf dan mencegah kram otot. Jenis beras yang memiliki kandungan kalium paling tinggi adalah jenis beras padaa kelompok 1. Sedangkan jenis beras yang memiliki kandungan kalium rendah adalah jenis beras pada kelompok 2, 3 dan 6.

Kalsium yang sudah diserap dari makanan dapat dimanfaatkan oleh tubuh untuk menjalankan fungsi-fungsi penting. Dari keseluruhan kalsium yang diserap, 99% disimpan di tulang dan gigi. Sisanya yang 1% dibutuhkan dalam membantu menjalankan beberapa fungsi penting metabolisme tubuh agar bekerja secara optimal. Jenis beras yang memiliki kandungan kalsium paling tinggi adalah kelompok 4 dan 5. Sedangkan kadar kalsium paling rendah dimiliki oleh jenis beras pada kelompok 2 dan 6.

Natrium memiliki manfaat bagi tubuh yaitu untuk menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh. Namun, natrium juga memiliki batas maksimal dalam tubuh. Kandungan natrium yang paling tinggi dimiliki oleh

jenis beras pada kelompok 3,4 dan5. Sedangkan paling rendah dimiliki oleh jenis beras pada kelompok 6.

Berdasarkan elemen yang terkandung pada beras dan bermanfaat bagi tubuh, antara lain adalah Magnesium (Mg), Kalium (K), Kalsium (Ca), Zat Besi (Fe) dan Natrium (Na) beras dapat digolongkan menjadi 3 tingkatan kualitas. Kualitas tinggi, premium dan rendah. Beras kualitas tinggi adalah beras yang memiliki kandungan nutrisi tinggi. Beras kualitas premium adalah beras yang memiliki kandungan nutrisi sedang. Beras kualitas rendah adalah beras yang memiliki kandungan nutrisi rendah.

Berdasarkan penelitian ini, jenis beras yang tergolong dalam beras kualitas tinggi adalah jenis beras yang tergolong pada kelompok 4 dan 5, yaitu beras hitam dan beras merah. Jenis beras yang tergolong dalam beras kualitas premium adalah jenis beras yang tergolong pada kelompok 1 dan 3, yaitu jenis beras Bengawan, C-4, Ciherang, Karawang, Ketan, Mentik Wangi, Membramo dan IR 62. Jenis beras yaang tergolong dalam beras kualitas rendah adalah jenis beras yang tergolong pada kelompok 2 dan 6, yaitu jenis beras IR 64, IR 42 dan beras medium.

#### 4.7. Penelitian Terdahulu Terkait Pengelompokan Jenis Beras

Penelitian mengenai pengelompokan jenis beras telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti. Terdapat berbagai macam aspek yang digunakan untuk pengelompokan jenis beras tersebut. Pengelompokan jenis beras dilakukan dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Berikut merupakan tabel yang berisi jejak penelitian sebelumnya.

Tabel 4. 16. Tabel Penelitian Terdahulu Terkait Pengelompokan Jenis Beras

Judul Penelitian	Aspek yang Digunakan untuk Pengelompokan Jenis Beras	Referensi
<i>Classification of Rice Varieties Using Near-Infrared Spectroscopy</i>	Penelitian dilakukan dengan mengklasifikasikan jenis beras berdasarkan spektrum inframerah dekat yang dimiliki oleh masing-masing jenis beras.	(Priya, Kumaravelu, Gopal, & Stanley, 2015)

**Tabel 4.16.** (Lanjutan)

<i>Monitoring of Paddy Rice Varieties Based on the Combination of the Laser-Induced Fluorescence and Multivariate Analysis</i>	Pada penelitian ini, dilakukan pengelompokan jenis beras berdasarkan spektrum fluoresens yang dimiliki oleh masing-masing jenis beras.	(J. Yang et al., 2017)
<i>Fast Detection of Copper Content in Rice by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy with Uni- and Multivariate Analysis</i>	Pada penelitian ini, dilakukan pengelompokan jenis beras yang mengandung elemen copper, sehingga dapat dilakukan pendeteksian dengan cepat.	(Liu et al., 2018)
<i>Identification of Rice Varieties and Determination of Their Geographical Origin in China using Raman Spectroscopy</i>	Pada penelitian ini, dilakukan pengelompokan jenis beras berdasarkan daerah asalnya. Pengelompokan dilakukan dengan menggunakan spektrum LIBS dari masing-masing jenis beras.	(Zhu et al., 2018)
Sistem Pemeringkatan Beras Berbasis Teknik Spektroskopi Bimodal: FTIR dan LIBS	Pada penelitian ini, dilakukan pengelompokan jenis beras berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS yang dimiliki oleh masing-masing jenis beras. Pada penelitian ini, pengelompokan dilakukan untuk mengelompokkan jenis beras berdasarkan kualitasnya.	Penelitian ini



#### **4.8. Analisa Pemingkatan Kualitas Beras**

Pada penelitian ini, analisa pemingkatan kualitas 13 jenis beras yang ada di Indonesia didasarkan oleh kadar senyawa amilosa, fenolik dan flavonoid serta dari elemen yang terkandung pada masing-masing beras. Analisa pemingkatan kualitas jenis beras dilakukan dengan menggunakan metode pengelompokan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS.

Pengelompokan peringkat kualitas dari 13 jenis beras berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS, dilakukan berdasarkan kadar kandungan amilosa, fenolik, flavonoid, serta kadar elemen yang terkandung pada beras.

Pemingkatan kualitas 13 jenis beras berdasarkan spektrum FTIR, dilakukan dengan cara memeringkatkan dan mengelompokkan kadar amilosa, fenolik dan flavonoid menjadi 3 kelompok, yaitu tinggi, premium dan medium/sedang. Nilai kadar amilosa, fenolik dan flavonoid dapat dilihat pada Tabel 4.1., Tabel 4.2. dan Tabel 4.3.. Berdasarkan kadar amilosa, beras dikelompokkan menjadi kelompok kualitas tinggi apabila memiliki kadar amilosa diatas 25%, kelompok kualitas premium apabila memiliki kadar amilosa diantara 20% dan 25% serta kelompok kualitas medium/ rendah apabila memiliki kadar amilosa dibawah 20%. Berdasarkan kadar fenolik yang terkandung dalam beras, beras dikelompokkan menjadi kelompok kualitas tinggi apabila beras memiliki kadar fenolik diatas 30 mg GAE/g, kelompok kualitas premium apabila memiliki kadar fenolik diantara 25 mg GAE/g dan 30 mg GAE/g, serta kelompok kualitas medium/rendah apabila memiliki kadar fenolik dibawah 25 mg GAE/g. Berdasarkan kadar flavonoid yang terkandung dalam beras, beras dikelompokkan menjadi kelompok kualitas tinggi apabila memiliki kadar flavonoid lebih dari 5,5 mg QE/g, kelompok kualitas premium apabila memiliki kadar flavonoid antara 4 mg QE/g dan 5,5 mg QE/g, serta kelompok kualitas medium/rendah apabila memiliki kadar flavonoid dibawah 4 mg QE/g. Berdasarkan rantang kadar fenolik dan flavonoid yang telah disebutkan, maka beras diperingkatkan dan digolongkan seperti yang tertulis pada Tabel 4.14.

Pemingkatan kualitas 13 jenis beras berdasarkan spektrum LIBS dilakukan berdasarkan pengelompokan yang telah tertulis pada Tabel 4.13..

Berdasarkan Tabel 4.13., telah dilakukan pengelompokan dan pemeringkatan pada setiap elemen, menjadi 3 kelompok peringkat, yaitu tinggi, premium dan medium/rendah. Kemudian untuk menentukan peringkat kelompok yang terdiri dari peringkat masing-masing elemen, dilakukan perhitungan komulatif. Elemen yang memiliki peringkat tinggi diberi nilai 3, peringkat sedang diberi nilai 2 dan peringkat rendah diberi nilai 1. Kemudian dilakukan rata-rata perhitungan dan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 4. 17.** Pemeringkatan Kualitas Beras Berdasarkan Spektrum LIBS

<b>Kelompok</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Na</b>	<b>Nilai</b>	<b>Peringkat</b>
1	2	3	3	2	3	2.5	Premium
2	1	2	1	1	2	1.4	Medium
3	2	3	1	2	3	2.2	Premium
4	3	3	2	3	3	2.8	Tinggi
5	3	3	2	3	3	2.8	Tinggi
6	2	1	1	1	1	1.2	Medium

Berdasarkan Tabel 4.15., pemeringkatan kualitas beras telah didapatkan. Jenis beras yang terkelompok pada kelompok 1 hingga 6 telah dituliskan pada tabel 4.12.. Beras yang terkelompok pada peringkat kualitas tinggi adalah jenis beras merah dan beras hitam. Jenis beras yang terkelompok pada peringkat kualitas premium antara lain ; mentik wangi, membramo, ketan, karawang, ciherang, bengawan, C-4 dan IR-62. Jenis beras yang terkelompok pada peringkat kualitas medium antara lain IR-42, IR-64 dan Medium.

Pemeringkatan kualitas dari 13 jenis beras dikelompokkan menjadi 3 peringkat dari paling tinggi ke paling rendah, yaitu: kualitas beras tinggi, premium dan rendah/medium. Tabel 4.14 merupakan hasil pengelompokan menggunakan metode PCA berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS.

**Tabel 4. 18.** Pemeringkatan kualitas beras

<b>Kualitas</b>	<b>Pengelompokan Berdasarkan Spektrum FTIR</b>	<b>Pengelompokan Berdasarkan Spektrum LIBS</b>
<b>Tinggi</b>	Beras Merah	Beras Merah
	Beras Hitam	Beras Hitam
<b>Premium</b>	Mentik Wangi	Mentik Wangi
	Membramo	Membramo
	Ciherang	Ciherang
	Bengawan	Bengawan
	IR-64	Karawang
	Ketan	Ketan
	IR-62	IR-62
<b>Medium</b>	C-4	C-4
	IR-42	IR-42
	Karawang	IR-64
	Medium	Medium

Klasifikasi kualitas beras yang didapatkan berdasarkan spektrum LIBS dan FTIR telah didapatkan. Terdapat sedikit perbedaan dari hasil klasifikasi kualitas beras. Berdasarkan spektrum FTIR, beras jenis karawang masuk dalam klasifikasi beras medium dan beras jenis IR-64 masuk dalam klasifikasi Premium. Namun, berdasarkan spektrum LIBS, beras jenis IR-64 masuk dalam klasifikasi beras medium dan jenis beras karawang masuk dalam klasifikasi premium. Jika dibandingkan dengan SNI 6128:2015, dimana klasifikasi kualitas beras didasarkan atas penampilan fisik dari beras, beras diklasifikasikan menjadi beras premium apabila memiliki warna bulir beras putih, mayoritas bulir beras dalam keadaan utuh serta memiliki bau wangi. Berdasarkan SNI 6128:2015, jenis beras IR-64 merupakan jenis beras yang termasuk kelompok beras dengan kualitas premium, sedangkan jenis beras IR-42 merupakan jenis beras yang termasuk kelompok beras dengan kualitas medium.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat, berikut adalah kesimpulan sementara yang dapat diambil :

- a. Peningkatan kualitas beras berbasis spektroskopi FTIR dan LIBS dari 13 jenis sampel beras telah dilakukan.
- b. Spektrum FTIR yang telah didapatkan dapat mengindikasikan adanya kadar amilosa pada panjang gelombang 9.090 nm - 11.111, kadar fenolik 2777 nm - 3333 nm dan kadar flavonoid 6060 nm - 6896 nm.
- c. Metode *Partial Least Square* telah digunakan sebagai metode prediksi kadar amilosa, fenolik dan flavonoid berdasarkan spektrum FTIR. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan secara berturut-turut adalah 0,95 ; 0,86 ; 0,95. Nilai RMSE secara berturut-turut adalah 1,4 ; 0,72 ; 0,44.
- d. Spektrum LIBS yang telah didapatkan dapat mengindikasikan adanya elemen Mg, Fe, Na, K, Ca, C, H dan O pada beras.
- e. Pengelompokan jenis beras menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) berdasarkan spektrum FTIR dan LIBS telah dilakukan. Pengelompokan berdasarkan spektrum FTIR dan spektrum LIBS dapat mengelompokkan jenis beras sesuai dengan peringkat kualitas nya, yaitu beras kualitas tinggi, beras premium dan beras medium.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat, berikut adalah saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya ;

- a. Alat ukur kadar amilosa, fenolik dan flavonoid yang paten perlu digunakan sehingga sistem peningkatan dapat tervalidasi dengan baik.
- b. Penambahan jenis beras perlu dilakukan.
- c. Standar kadar fenolik dan flavonoid dari beras ditetapkan sesuai dengan standar baku.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- A, K., A, O., & Yu, R. (n.d.). Atomic Spectra Database. Retrieved from National Institute of Standards and Technology website: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/LIBS/lib-form.html>
- Alfieri, M., Cabassi, G., Habyarimana, E., Quaranta, F., Balconi, C., & Redaelli, R. (2019). Discrimination and prediction of polyphenolic compounds and total antioxidant capacity in sorghum grains. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 27(1), 46–53.
- Ambardekar, A. A., Siebenmorgen, T. J., & Pereira, T. (2011). Colorimetric method for rapidly predicting rice amylose content. *Cereal Chemistry*, 88(6), 560–563. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-11-0052>
- Anabitarte, F., & Cobo, A. (2012). Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: Fundamentals, Applications, and Challenges. *International Scholarly Research Network Spectroscopy, 2012*. <https://doi.org/10.5402/2012/285240>
- Ardhiyanti, S. D., Nugraha, U. S., & Indrasari, S. D. (n.d.). *Penetapan Nilai Acuan Amilosa Beberapa Varietas Padi Menggunakan Metode Pengikatan Iodin ( I ): Kalium Iodida ( Ki ) Melalui Uji Banding Antarlaboratorium Amylose Assigned Value Determination of Several Rice Varieties Using Iodine ( I ): Potassium Iodide . (I)*, 353–362.
- Bağcıoğlu, M., Zimmermann, B., & Kohler, A. (2015). A Multiscale Vibrational Spectroscopic Approach for Identification and Biochemical Characterization of Pollen. *PLoS ONE*, 10, 1–19. <https://doi.org/10.5061/dryad.b7g8p>
- Bhat, S., Panat, S., & N, A. (2017). Classification of rice grain varieties arranged in scattered and heap fashion using image processing. *Ninth International Conference on Machine Vision (ICMV 2016)*, 10341(Icmv 2016), 1034126. <https://doi.org/10.1117/12.2268802>
- Can, A., Ayvaz, H., Pala, Ç. U., Condelli, N., Galgano, F., & Tolve, R. (2018). The potential of near and mid-infrared spectroscopy for rapid quantification of oleuropein, total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity in olive tree (*Olea europaea*) leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2747–2757. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9892-3>

- Cortés, V., Cubero, S., Aleixos, N., Blasco, J., & Talens, P. (2017). Sweet and nonsweet taste discrimination of nectarines using visible and near-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 133(April), 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.07.015>
- Der, A. F. M. Y. H., Kabir, F., Ullah, M. H., Khan, Z. H., & Abedi, K. M. (2013). *Elemental Profiling and Identification of Eco-Toxic Elements in Agricultural Soil by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*. 1(4), 41–44. <https://doi.org/10.12691/aees-1-4-1>
- Diyah, N. W., Ambarwati, A., Warsito, G. M., Niken, G., Heriwiyaniti, E. T., Windysari, R., ... Purwanto, P. (2019). Evaluasi Kandungan Glukosa Dan Indeks Glikemik Beberapa Sumber Karbohidrat Dalam Upaya Penggalian Pangan Ber-Indeks Glikemik Rendah. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 3(2), 67. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v3i22016.67-73>
- FOURIER TRANSFORM-INFRARED SPECTROSCOPY. (2014). In *Handbook of Analytical Methods for Materials* (pp. 19–20). Materials Evaluation and Engineering, Inc.
- Fujii, A., Iwasaki, A., Yoshida, K., Ebata, T., & Mikami, N. (1997). *Infrared Spectroscopy of ( Phenol ) n + ( n ) 2 - 4 ) and ( Phenol - Benzene ) + Cluster Ions*. 5639(96), 1798–1803.
- G, K., B, B., & N., N. V. (2002). Nutritional Contribution of Rice and Impact of Biotechnology and Biodiversity in Rice Consuming Countries. In D. Van Tran (Ed.), *Proceeding of The 20th Session of The International Rice Commission*. Bangkok, Thailand: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Gordon, M. H., & Roedig-Penman, A. (2010). Antioxidant Properties of Flavonols. *Lipids in Health and Nutrition*, 23(4), 47–64. <https://doi.org/10.1533/9781845698386.47>
- Goufo, P., & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols,  $\gamma$ -oryzanol, and phytic acid. *Food Science & Nutrition*, 2(2), 75–104. <https://doi.org/10.1002/fsn3.86>



- Ingle, P. D., Christian, R., Purohit, P., Zarraga, V., Handley, E., Freel, K., & Abdo, S. (2016). Determination of protein content by NIR spectroscopy in protein powder mix products. *Journal of AOAC International*, 99(2), 360–363. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-0115>
- Jantasee, A., Thumanu, K., Muangsan, N., Leraanaksiri, W., & Maensiri, D. (2014). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Antioxidant Capacity Determination in Colored Glutinous Rice. *Food Analytical Methods*, 7(2), 389–399. <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9637-1>
- Jimenez, R., Molina, L., Zarei, I., Lapis, J. R., Chavez, R., Cuevas, R. P. O., & Sreenivasulu, N. (2019). Method Development of Near-Infrared Spectroscopy Approaches for Nondestructive and Rapid Estimation of Total Protein in Brown Rice Flour. *Methods in Molecular Biology*, 1892, 109–135. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8914-0>
- Juliano, B. O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Foods World*, 16 (10)(June), 334–360.
- Kim, G., Kwak, J., Choi, J., & Park, K. (2012). *Detection of Nutrient Elements and Contamination by Pesticides in Spinach and Rice Samples Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*.
- Knutson, C. A. (2000). Evaluation of variations in amylose-iodine absorbance spectra. *Carbohydrate Polymers*, 42(1), 65–72. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00126-5)
- Lee, J. H. (2010). Identification and quantification of anthocyanins from the grains of black rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Science and Biotechnology*, 19(2), 391–397. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0055-5>
- Lin, L., He, Y., Xiao, Z., Zhao, K., Dong, T., & Nie, P. (2019). *applied sciences Rapid-Detection Sensor for Rice Grain Moisture Based on NIR Spectroscopy*.
- Liu, F., Ye, L., Peng, J., Song, K., Shen, T., Zhang, C., & He, Y. (2018). Fast Detection of Copper Content in Rice by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy with Uni- and Multivariate Analysis. *Sensors*, 18(705). <https://doi.org/10.3390/s18030705>
- Lurstwut, B., & Pornpanomchai, C. (2017). Image analysis based on color, shape

- and texture for rice seed (*Oryza sativa* L.) germination evaluation. *Agriculture and Natural Resources*, 51(5), 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2017.12.002>
- Matsuo, M., Kawamura, S., Kato, M., Diaz, E. O., & Koseki, S. (2018). *PRACTICAL APPLICATION OF NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY FOR DETERMINING RICE AMYLOSE CONTENT AT GRAIN ELEVATOR*. 14, 95–100.
- McGorin, R. J. (2006). Food Analysis Techniques: Introduction. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 1–4. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a1001>
- Meer, F. van der. (2018). Near-infrared laboratory spectroscopy of mineral chemistry: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 65(October 2017), 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.10.004>
- Methods, S. (1856). *Section 10A Overview of Spectroscopy Section 10B Spectroscopy Based on Absorption Section 10C UV/Vis and IR Spectroscopy Section 10D Atomic Absorption Spectroscopy Section 10E Emission Spectroscopy Section 10F Photoluminescent Spectroscopy Section 10G Ato*. 1–124. Retrieved from [http://www.asdlib.org/onlineArticles/ecourseware/Analytical Chemistry 2.0/Text\\_Files.html](http://www.asdlib.org/onlineArticles/ecourseware/Analytical%20Chemistry%20Text_Files.html) <http://www.saylor.org/courses/chem108>
- Nasional, S., Ics, I., & Nasional, B. S. (2015). *Beras*.
- Nawrocka, A., & Lamorska, J. (2013). Advances in Agrophysical Research. *Advances in Agrophysical Research*. <https://doi.org/10.5772/3341>
- Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A., Yilmaz-Ersan, L., & Delikanli, B. (2014). Phenolics in Human Health. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5), 393–396. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2014.v5.416>
- Pirouz, D. M. (2010). An Overview of Partial Least Squares. *Ssrn*, 1–16. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1631359>
- Priya, B. S., Kumaravelu, C., Gopal, A., & Stanley, P. (2015). Classification of rice varieties using Near-Infra red Spectroscopy. *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development, TIAR 2015*, (Tiar), 13–16.

<https://doi.org/10.1109/TIAR.2015.7358524>

- Publikasi Statistik Indonesia. (2018). Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2017. Retrieved from <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/950/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting-2007-2017.html>
- Sampaio, P. S., Soares, A., Castanho, A., Almeida, A. S., Oliveira, J., & Brites, C. (2018). Optimization of rice amylose determination by NIR-spectroscopy using PLS chemometrics algorithms. *Food Chemistry*, 242(September 2017), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.058>
- Schulz, H., & Baranska, M. (2009). *Spectroscopic potential*.
- Septianingrum, E., Liyanan, L., & Kusbiantoro, B. (2017). Review Indeks Glikemik Beras: Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Dan Keterkaitannya Terhadap Kesehatan Tubuh. *Jurnal Kesehatan*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.23917/jurkes.v9i1.3434>
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., & Bao, J. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.010>
- Shen, Y., Tian, J., Li, L., Wu, Y., & Li, L. (2017). *Shen2017*. (Icmic).
- Silva, S. D., Feliciano, R. P., Boas, L. V, & Bronze, M. R. (2014). Application of FTIR-ATR to Moscatel dessert wines for prediction of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 150, 489–493. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.028>
- Sugiat, D. (2010). Penetapan Kadar Fenol Total Ekstrak Metanol Dedak Beberapa Varietas Padi ( *Oryza Sativa L.* ). *Majalah Ilmu Kefarmasian*, VII(1), 24–33.
- Sujka, K., N, P. K., N, A. C., Reder, M., & Cierniewska-, H. (2017). *The Application of FT-IR Spectroscopy for Quality Control of Flours Obtained from Polish Producers. 2017*.
- Sunoj, S., Igathinathane, C., & Visvanathan, R. (2016). Nondestructive determination of cocoa bean quality using FT-NIR spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.04.012>

- Suprihatno, B., Satoto, Setyono, A., & Lesmana, O. S. (2009). *Deskripsi Varietas Padi*. Subang: Balai Besar Tanaman Padi.
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Tinting, S., Jiyong, S., & Mariod, A. A. (2016). Near-Infrared (NIR) Spectroscopy for Rapid Measurement of Antioxidant Properties and Discrimination of Sudanese Honeys from Different Botanical Origin. *Food Analytical Methods*, 9(9), 2631–2641. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0453-2>
- Tsimogiannis, D., Samiotaki, M., Panayotou, G., & Oreopoulou, V. (2007). Characterization of Flavonoid Subgroups and Hydroxy Substitution by HPLC-MS/MS. *Molecules*, 12, 593–606.
- Vichapong, J., Sookserm, M., Srijesdaruk, V., Swatsitang, P., & Srijaranai, S. (2010). High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1325–1330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.007>
- Wahid, R. A., Yahaya, A., & Munajat, Y. (2014). *Detection of calcium in rice using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy ( LIBS )*. 10(2), 82–87.
- Wang, L., Liu, D., Pu, H., Sun, D. W., Gao, W., & Xiong, Z. (2015). Use of Hyperspectral Imaging to Discriminate the Variety and Quality of Rice. *Food Analytical Methods*, 8(2), 515–523. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9916-5>
- Wiedemair, V., Ramoner, R., & Huck, C. W. (2019). Investigations into the total antioxidant capacities of cultivars of gluten-free grains using near-infrared spectroscopy. *Food Control*, 95, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.045>
- Yang, J., Sun, J., Du, L., Chen, B., Zhang, Z., Shi, S., & Gong, W. (2017). Monitoring of Paddy Rice Varieties Based on the Combination of the Laser-Induced Fluorescence and Multivariate Analysis. *Food Analytical Methods*, 10(7), 2398–2403. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0809-2>
- Yang, L., Yan, Q. H., Ma, J. Y., Wang, Q., Zhang, J. W., & Xi, G. X. (2013). High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in propolis. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12(5),

771–776. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v12i5.17>

- Yang, P., Zhou, R., Zhang, W., Yi, R., Tang, S., Guo, L., ... Zeng, X. (2019). High-sensitivity determination of cadmium and lead in rice using laser-induced breakdown spectroscopy. *Food Chemistry*, 272, 323–328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.214>
- Zhang, C., Shen, T., Liu, F., & He, Y. (2018). Identification of Coffee Varieties Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy and Chemometrics. *Sensors*, 18(95). <https://doi.org/10.3390/s18010095>
- Zhang, C., Shen, Y., Chen, J., Xiao, P., & Bao, J. (2008). Nondestructive prediction of total phenolics, flavonoid contents, and antioxidant capacity of rice grain using near-infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(18), 8268–8272. <https://doi.org/10.1021/jf801830z>
- Zhu, L., Sun, J., Wu, G., Wang, Y., Zhang, H., Wang, L., ... Qi, X. G. (2018). Identification of rice varieties and determination of their geographical origin in China using Raman spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 82, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.06.010>
- Zuraida, Z., Sulistiyani, S., Sajuthi, D., & Suparto, I. H. (2017). FENOL, FLAVONOID, DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA EKSTRAK KULIT BATANG PULAI (*Alstonia scholaris* R.Br). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), 211–219. <https://doi.org/10.20886/jphh.2017.35.3.211-219>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Wilda Prihasty. Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 2 Juni 1996. Penulis merupakan anak dari Bapak Hari Pribawanto dan Ibu Tuty Prastutiati. Penulis merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar pada tahun 2002-2008 di SDN Menanggal 601 Surabaya, menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 22 Surabaya pada tahun 2008-2011, menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 15 Surabaya pada tahun 2011-2014, kemudian melanjutkan program sarjana di Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014-2018. Saat ini penulis sedang menyelesaikan program magister di Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Buku ini merupakan buku yang disusun oleh penulis dalam upaya melengkapi syarat kelulusan program magister. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email: [prihastywilda@gmail.com](mailto:prihastywilda@gmail.com).