

**PENGUKURAN GLUKOSA DAN PATI RESISTEN PADA BEBERAPA PADI
KULTIVAR LOKAL THAILAND SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
WIDIYAH MASLAHAH
NIM. 16620018



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PENGUKURAN GLUKOSA DAN PATI RESISTEN PADA BEBERAPA PADI
KULTIVAR LOKAL THAILAND SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
WIDIYAH MASLAHAH
NIM. 16620018

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

**PENGUKURAN GLUKOSA DAN PATI RESISTEN PADA BEBERAPA PADI
KULTIVAR LOKAL THAILAND SECARA *IN VITRO*.**

SKRIPSI

**Oleh:
Widiyah Maslahah
NIM. 16620018**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Tanggal: 5 November 2020**

Dosen Pembimbing I



**Shinta, M.Si.
NIP. 19880110201608012064**

Dosen Pembimbing II



**Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP.197312121998031008**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan**



**Dr. Evika Sandi Savitri, M. P
NIP. 197410182003122002**

**PENGUKURAN GLUKOSA DAN PATI RESISTEN PADA BEBERAPA PADI
KULTIVAR LOKAL THAILAND SECARA *IN VITRO*.**

SKRIPSI

Oleh:
Widiyah Maslahah
NIM. 16620018

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan
Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Sains (S.Si)

Tanggal: 3 Desember 2020

Penguji Utama	<u>Suvono, M.P</u> NIP. 197106222003121002	
Ketua Penguji	<u>Lilik Hariani, M.P</u> NIP. 196209011998032001	
Sekretaris Penguji	<u>Shinta, M.Si</u> NIP. 19880110201608012064	
Anggota Penguji	<u>Dr. H. Ahmad Barizi, M.A</u> NIP.197312121998031008	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan



Dr. Evka Sandi Savitri, M. P
NIP. 197410182003122002

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله بنعمته تتم الصالحات Untaian tahmid terucap syukur kehadiran Allah *Rabbul 'Izzati* yang senantiasa mencurahkan taufiq, rahmat, dan hidayahnya. Samudera rahmat dan lautan kasih semoga tetap tumpah kepada sang revolusioner zaman baginda nabi Muhammad SAW yang telah menuntun dari zaman jahiliyah menuju zaman yang diridhai Allah SWT. Atas terselesaikannya karya kecil berupa skripsi ini saya persembahkan untuk orang-orang hebat yang Allah hadirkan dalam hidup saya, teruntuk kedua orang tuaku yang luar biasa, Bapak Muthohar dan Ibu Sukarni, juga adikku Firda Zahiratus Shoimah yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan dan doanya dalam setiap proses kehidupan saya. Atas dukungan terbaik, semangat dan doanya saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya جزاكم الله احسن الجزأ Besar harapan saya agar karya ini mampu memberikan manfaat untuk saya pribadi dan masyarakat luas.

MOTTO

“Mempengno niatmu marang sang moho kuoso, mulo rekosomu ora bakal keroso”

-Habib Novel Alaydrus-



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Widiyah Maslahah
NIM : 16620018
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengukuran Glukosa dan Pati Resisten pada Beberapa Padi Kultivar Lokal Thailand secara *In Vitro*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia mencrima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Oktober 2020
Yang membuat pernyataan



Widiyah Maslahah
NIM. 16620018

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini merupakan penelitian dari proyek bersama Prof. Dr. Supachitra Chadchawan dari *Botany Program, Faculty of Science, Chulalongkorn University Bangkok Thailand*. Penelitian ini tidak dipublikasikan namun dapat digunakan terbuka untuk umum sebagai referensi kepustakaan dengan tetap memperhatikan ketentuan hak cipta penulis sesuai kebiasaan ilmiah.



Pengukuran Glukosa dan Pati Resisten Pada Beberapa Padi Kultivar Lokal Thailand Secara *In Vitro*.

Widiyah Maslahah, Supachitra Chadchawan, Shinta, Ahmad Barizi

ABSTRAK

Padi merupakan komoditas utama yang dijadikan sumber makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Asia. Kandungan glukosa pada padi selain bermanfaat sebagai sumber energi, juga dapat mengakibatkan penyakit diabetes mellitus jika dikonsumsi dalam kadar yang terlalu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG), glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) dan pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada beberapa padi dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling secara *in vitro*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial, faktor pertama yaitu enam kultivar padi lokal Thailand meliputi *Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, *Khaw Dawk Mali*, *Plah Sew*, *E. Khao Yai* dan *Bun Mah*, faktor kedua yaitu pemrosesan padi meliputi beras pecah kulit dan beras giling. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik *Two Way ANOVA* dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range test* (DMRT) taraf signifikansi $p < 0.05$ menggunakan software SPSS 16.0. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perbedaan kultivar dan pemrosesan padi berpengaruh terhadap kadar RAG, SAG dan RS. Kadar RAG terendah ditemukan pada kultivar *Khao Supan* sebesar 18.21 ± 0.71 g/100g dengan pemrosesan beras pecah kulit, kadar SAG tertinggi juga ditemukan pada kultivar *Khao Supan* sebesar 14.49 ± 1.54 g/100g dengan pemrosesan beras pecah kulit, dan kadar RS tertinggi ditemukan pada dua kultivar, kultivar *Khao Dawk Mali* sebesar 2.66 ± 0.11 g/100g dan kultivar *Plah Sew* sebesar 2.68 ± 0.09 g/100g, keduanya dilakukan dengan pemrosesan beras pecah kulit.

Kata Kunci: *Kultivar padi, beras pecah kulit, beras giling, RAG, SAG, RS.*

***In Vitro* Measurement of Glucose and Resistant Starch on Some Rice Local Thailand Cultivars**

Widiyah Maslahah, Supachitra Chadchawan, Shinta, Ahmad Barizi

ABSTRACT

Rice is the main commodity as the staple food of Asian population. Beside has a advantage as the energy source, glucose content in rice also may cause diabetes mellitus in too much consumption, This study aims to investigate the comparison of *in vitro* measurement between the levels of rapidly available glucose (RAG), slowly available glucose (SAG) and resistant starch (RS) on some rice local Thailand cultivars in brown and white rice condition. This research is a experimental study using two factorial of completely randomized design (CRD), the first factor is six rice local Thailand cultivars including *Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, *Khaw Dawk Mali*, *Plah Sew*, *E. Khao Yai* and *Bun Mah*, the second factor is rice processing including brown rice and white rice. The data obtained were analyzed using Two Way ANOVA test and was continued with the continued test of Duncan's Multiple Range test (DMRT) with a significance level indicated by $p < 0.05$ using SPSS 16.0 software. The differences between the cultivar and rice processing affect the levels of RAG, SAG and RS. The lowest RAG level found in *Khao Supan* cultivar of 18.21 ± 0.71 g/100g in brown rice condition, the highest level of SAG also found in *Khao Supan* cultivar of 14.49 ± 1.54 g/100g in brown rice condition, and the highest RS content found in two cultivars, *Khao Dawk Mali* cultivar group of 2.66 ± 0.11 g/100g and *Plah Sew* cultivar of 2.68 ± 0.09 g/100g in brown rice condition.

Keywords: *Rice cultivars, brown rice, white rice, RAG, SAG, RS.*

ملخص البحث

التدبير الكلوكوز ولب الصامد بين الأرز الصنف محلي تايلاند في *In Vitro*

ويديا مصلحة, سوفاجيترا جادجاوان, شينت, احمد بارزي.

الأرز هو سلع الأساس الذي يصبح مورد الطعام الأساس لمعظم آسوي، حمل الكلوكوس على الأرز يفيد لمورد الحيوية ويسبب دالسكري إذا يستند على القدر الأعلى. يهدف هذا البحث ليعرف مقارنة قدر الكلوكوز سريع متوفر أو Rapidly Available Glucose (RAG)، الكلوكوز بطيء متوفر أو Slowly Available Glucose (SAG) ولب الصامد أو Resistance Startch (RS) للصنف الأرز والأرز الدبق، في حال الأرز تشقق الجلد والأرز بمقشرة في *in vitro*. هذا البحث هو بحث الإختباري الذي يستخدم خطة الإعتباطي الكامل (RAL) عنصرين، عنصر الأول هو ستة الأصناف الأرز محلي تايلاند، احاط *Khao Supan, Khao Tah Haeg, Khaw Dawk Mali, Plah Sew, E. Khao Yai and Bun Mah* عنصر الثاني هو معالجة الأرز احاط الأرز تشقق الجلد والأرز الدبق. تحلل البيانات يستخدم تجريب الإحصائي Two Way ANOVA بتجريب الإستمرار *Duncan's Multiple Range test (DMRT)* بالدرجة $p < 0.05$ يستخدم spss 16.0 بناء على نتائج البحث يعرف أن إختلاف الصنف ومعالجة الأرز تؤثر على القدر SAG, RAG و RS. القدرة الأدنى من RAG يوجد على الصنف *Khao Supan* بالنتيجة 18.21 ± 0.71 g/100g بمعالجة الأرز تشقق الجلد، والقدر الأعلى من SAG يوجد على الصنف *Khao Supan* بالنتيجة 14.49 ± 1.54 g/100g بمعالجة الأرز تشقق الجلد، و القدر الأعلى من RS يوجد على الصنف *Khao Dawk Mali* بالنتيجة 2.66 ± 0.11 g/100g والصنف *Plah Sew* بالنتيجة 2.68 ± 0.09 g/100g، كلهما تم بمعالجة الأرز تشقق الجلد.

الكلمات الإشارية: الصنف الأرز، الأرز تشقق الجلد، الأرز الدبق، RAG, SAG RS

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan pada kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik. Selanjutnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis samoaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M. Ag selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri M,P. selaku Ketua Jurusan Biologi fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.
4. Shinta, M.Si selaku pembimbing skripsi dan Dr. H. Ahmad Barizi M.A selaku pembimbing agama yang telah banyak memberikan bimbingan selama melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Suyono, M.P dan Lilik Hariani, M.P selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran yang membangun.
6. Assist. Prof. Dr. Juthamas Chaiwanon selaku advisor dan Prof. Dr. Supachitra chadchawan selaku supervisor dari Chulalongkorn University.
7. Bapak dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan doa dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu serta saudara yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materiil maupun moril.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat khususnya kepada para pembaca yang memiliki minat penelitian yang sama.

Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Malang, 26 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.	iii
HALAMAN PENGESAHAN.	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK.	ix
ABSTRACT.....	x
ملخص البحث.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan	7
1.4 Hipotesis Penelitian	8
1.5 Manfaat	8
1.6 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Integrasi Padi dan Al-Qur'an	10
2.2 Deskripsi Tanaman Padi	13
2.3 Jenis-Jenis Padi	14
2.3.1 Padi Putih (<i>Oryza sativa</i> L.).....	14
2.3.2 Padi Ketan (<i>Oryza sativa glutinosa</i>)	16

2.4	Pemrosesan Beras	17
2.4.1	Beras Pecah Kulit.....	17
2.4.2	Beras Giling	18
2.5	Indeks Glikemik.....	19
2.6	Fraksi-Fraksi Pati Padi.....	20
2.6.1	Glukosa Tersedia Cepat atau <i>Rapidly Available Glucose</i> (RAG).....	21
2.6.2	Glukosa Tersedia Lambat atau <i>Slowly Available Glucose</i> (SAG).....	22
2.6.3	Pati Resisten atau <i>Resistant Starch</i> (RS).....	23
2.7	Enzim Pencerna Pati.	25
2.8	Pengukuran Glukosa secara <i>In Vitro</i>	28
2.9	Metode <i>Glucose Oxidase-Peroxidase</i> (GOPOD)	29

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Rancangan Penelitian.....	30
3.2	Variabel Penelitian.....	30
3.3	Waktu dan Tempat.....	30
3.4	Alat dan Bahan.....	30
3.4.1	Alat.....	30
3.4.2	Bahan	31
3.5	Langkah Kerja.....	31
3.5.1	Preparasi Larutan Enzim	31
3.5.2	Preparasi Buffer Sodium Asetat 0.1 M pH 5.2.....	32
3.5.3	Preparasi Sampel	32
3.5.4	Pengukuran Glukosa Tersedia Cepat atau <i>Rapidly Available Glucose</i> (RAG)....	32
3.5.4	Pengukuran Glukosa Tersedia Lambat atau <i>Slowly Available Glucose</i> (SAG)...	33
3.5.6	Pengukuran Pati Resisten atau <i>Resistant Starch</i> (RS).....	34
3.6	Analisis Data.....	35
3.7	Kerangka Pemikiran.....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Glukosa Tersedia Cepat atau <i>Rapidly Available Glucose</i> (RAG).....	37
4.2 Glukosa Tersedia Lambat atau <i>Slowly Available Glucose</i> (SAG)	40
4.3 Pati Resisten atau <i>Resistant Starch</i> (RS).....	43
4.4 Hasil Penelitian Kadar Glukosa dan Pati Resisten pada Padi dalam Perspektif Islam	45

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA	52
-----------------------------	----

LAMPIRAN	61
-----------------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur biji padi atau gabah	14
Gambar 2.2 Beras hasil pemrosesan padi putih	15
Gambar 2.3 Beras hasil pemrosesan padi ketan.....	16
Gambar 2.4 Beras pecah kulit pada beberapa kultivar padi non ketan 18	18
Gambar 2.5 Beras pecah kulit pada beberapa kultivar padi putih	19
Gambar 2.6 Representasi gambaran ikatan amilosa dan amilopektin.....	24
Gambar 2.7 Hidrolisis amilosa dan amilopektin oleh enzim amylase	26
Gambar 4.1 Nilai pengukuran glukosa tersedia cepat atau <i>Rapidly Available Glucose</i> (RAG) pada enam kultivar padi lokal Thailand.....	36
Gambar 4.2 Nilai pengukuran glukosa tersedia cepat atau <i>Rapidly Available Glucose</i> (RAG) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.....	37
Gambar 4.3 Hasil pengukuran glukosa tersedia lambat atau <i>Slowly Available Glucose</i> (SAG) pada enam kultivar padi lokal Thailand.....	40
Gambar 4.4 pengukuran glukosa tersedia lambat atau <i>Slowly Available Glucose</i> (SAG) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.....	40
Gambar 4.5 Hasil pengukuran pati resisten atau <i>Resistant Starch</i> (RS) pada enam kultivar padi lokal Thailand	42
Gambar 4.8 pengukuran pati resiten atau <i>Resistant Starch</i> (RS) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan	61
Lampiran 2. Data Hasil Kalkulasi SPSS	62
Lampiran 3. Bukti Konsultasi Biologi	69
Lampiran 4. Bukti Konsultasi Agama.....	70



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa*) merupakan komoditas utama penghasil karbohidrat yang dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat dunia (Rohman *et al.*, 2014). Hampir 90% populasi penduduk Asia menggunakan padi sebagai sumber makanan pokok (Chaudhari *et al.*, 2018). Berbagai varietas padi telah dikembangkan di berbagai belahan dunia menjadi bermacam-macam kultivar untuk meningkatkan kualitas padi dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari (Ayabe *et al.*, 2009). Kebutuhan padi di Indonesia sendiri menduduki prioritas utama dan sangat sulit digantikan oleh komoditas lainnya (Donggulo *et al.*, 2017). Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian oleh Sabarella *et al.*, (2019) disebutkan bahwa selang periode 2002-2018 diperoleh rata-rata konsumsi padi di Indonesia sebesar 1.95 kg/kapita/minggu atau setara dengan 101.65 kg/kapita/tahun, jumlah ini mengindikasikan kebutuhan yang cukup besar untuk kebutuhan sehari-hari.

Padi berperan dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat terkait sumber energi yang mampu dihasilkannya. Adanya padi di muka bumi ini merupakan bukti sifat *Rahman-Nya* yang senantiasa memberikan kecukupan kepada seluruh makhluk Sebagaimana tertera dalam firman-Nya Q.S Asy-Syu'ara (26) ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah. dan kebanyakan mereka tidak beriman.” (Q.S Asy-Syu'ara (26): 7-8).

Penggalan kata رُوحٌ كَرِيمٌ dalam ayat tersebut yang memiliki arti “*berbagai tumbuhan yang baik*”, berdasarkan ayat ini dapat dipahami bahwa Allah SWT memberikan rizqi berbagai tumbuh-tumbuhan untuk tujuan yang baik, yaitu sebagai bahan pemenuhan kebutuhan hambanya. Ayat selanjutnya menyebutkan bahwa pemberian itu semua merupakan suatu tanda bagi hambanya, namun sebagian besar justru tidak menjadikan manusia beriman. Sudah selayaknya sebagai seorang hamba mulai memperhatikan tanda-tanda yang telah dikodekan Allah melalui alam semesta sebagai bentuk rasa cinta-Nya kepada semua hamba sehingga akan menuntun hamba tersebut kepada peningkatan kualitas iman.

Kata رُوحٌ secara harfiah memiliki arti berpasang-berpasangan. Shihab (2002) menafsirkan bahwa arti berpasangan disini mengindikasikan reproduksi tumbuhan yang mensyaratkan hadirnya tumbuhan dengan jenis kelamin berpasangan. Namun dalam hal ini Rahman (2007) menafsirkan dengan lebih umum bahwa kata berpasangan dapat ditafsirkan sebagai efek yang dapat ditimbulkannya, berupa manfaat dan mafsadat yang keduanya selalu melekat pada segala sesuatu, tidak terkecuali pada tanaman padi sendiri. An-Najjar (2012) menegaskan bahwa segala sifat yang melekat pada tumbuhan merupakan bentuk kekuasaan Allah SWT. Hal ini menjadi landasan untuk meneliti berbagai fenomena alam yang kemudian dapat dikembalikan sebagai bentuk kekaguman pada kemaha kuasa Allah SWT.

Manfaat konsumsi padi bagi kesehatan adalah sebagai sumber utama penghasil energi dalam menjalankan proses metabolisme di dalam tubuh (Dianti, 2010). Energi yang dihasilkan bersumber dari hasil pemecahan polisakarida menjadi bentuk monomer glukosa yang kemudian akan dikonversi menjadi bentuk ATP melalui proses anabolisme (Brown *et al.*, 2011). Burke *et al.*, (1996) menyebutkan bahwa produk makanan berenergi seperti padi dibutuhkan untuk menjaga stabilitas dan pemulihan laju metabolisme tubuh terutama bagi olahragawan pasca melakukan latihan.

Konsumsi padi yang terlalu banyak dapat menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan, yaitu dapat memicu peningkatan resiko penyakit Diabetes tipe II (Pletsch & Hamaker, 2017). Hal ini disebabkan tingginya pencernaan pati yang dapat

menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah dalam waktu singkat dan gagal diimbangi oleh respon insulin di dalam tubuh (Englyst *et al.*, 1999). Manajemen pengaturan asupan makanan menjadi penting untuk dilakukan, sehingga dapat melakukan kontrol glukosa darah sebagai langkah preventif terhadap peningkatan resiko diabetes.

Peningkatan kadar glukosa dan respon insulin di dalam tubuh dapat dipengaruhi oleh konsumsi makanan dengan Indeks Glikemik (IG) yang tinggi, dalam hal ini yang bersumber dari tanaman padi. Tingginya nilai IG pada padi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya dari jenis padi (Englyst *et al.*, 2003), kadar amilosa dan amilopektin (Yang *et al.*, 2006), proses pengolahan dan pencernaan di dalam tubuh (McCleary *et al.*, 2002), serta pengolahan pratanak dan suhu pemasakan yang digunakan (Sharma *et al.*, 2017).

Berbagai jenis padi tersebar di seluruh dunia, diantara jenis padi yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat adalah padi putih jenis non ketan sebagai bahan makanan sehari-hari, dan padi ketan sebagai bahan pembuatan kue atau makanan sampingan (Nuryani, 2013). Perbedaan utama antara padi ketan dan padi non ketan diketahui berdasarkan proporsi kandungan amilosa dan amilopektinnya (Ayabe *et al.*, 2009). Kandungan amilopektin pada padi ketan diketahui cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan padi non ketan, hal ini secara potensial mampu meningkatkan respon glukosa karena struktur bercabang yang dimiliki amilopektin cenderung lebih mudah terpecah ketika bereaksi dengan enzim pencernaan, sehingga lebih mudah menghasilkan molekul-molekul glukosa (Wiruch *et al.*, 2019).

Berbagai teknik pemrosesan padi banyak dilakukan untuk mengolah padi menjadi produk yang siap untuk dikonsumsi (Sharma *et al.*, 2017). Penggilingan padi merupakan langkah awal dari tahap pemrosesan padi yang dilakukan dengan tujuan memisahkan padi dari bagian-bagian penyusunnya. Penggilingan dapat dilakukan melalui beberapa tahap, penggilingan tahap pertama bertujuan untuk menghilangkan bagian sekam menghasilkan beras utuh berwarna coklat yang masih mengandung aleuron atau yang dikenal dengan beras pecah kulit (*Brown Rice*).

Proses penggilingan selanjutnya untuk menghilangkan lapisan perikarp, tegmen dan aleuron sehingga dihasilkan beras berwarna putih atau dikenal dengan beras giling (*White Rice*) (Lumen&Chow, 1991).

Tingkat konsumsi beras giling diketahui lebih tinggi dan lebih disukai masyarakat dari pada beras pecah kulit (Cleveland *et al.*, 2000). Penghilangan bagian aleuron menjadikan tekstur beras giling lebih mudah dicerna dan warna putihnya menjadikan beras olahan padi jenis ini lebih menarik untuk dikonsumsi (Shobana *et al.*, 2010). Namun Mohan *et al.*, (2014) melaporkan bahwa beras giling memiliki indeks glikemik lebih tinggi dari pada beras pecah kulit, sehingga konsumsi beras giling dapat memicu peningkatan respon glukosa dalam darah.

Pengukuran glukosa dalam makanan selama ini yang telah banyak dilakukan adalah dengan menggunakan metode interpretasi Indeks Glikemik (IG), yaitu suatu indeks yang dijadikan sebagai acuan mengenai tingkat kecepatan suatu makanan yang mengandung karbohidrat terhadap potensi peningkatan kadar glukosa di dalam darah (Brouns *et al.*, 2005). Nilai Indeks Glikemik (IG) suatu makanan dapat merepresentasikan tingkat kecernaannya untuk memprediksi respon glikemik yang dapat ditimbulkan. Makanan dengan nilai IG tinggi potensial meningkatkan respon glukosa darah serta respon insulin dalam waktu singkat, sementara makanan dengan nilai IG rendah lebih mampu menghemat respon glikemik dan insulin dalam tubuh. (Gourineni *et al.*, 2017) Makanan dengan tingkat IG rendah diketahui mampu dijadikan sebagai terapi makanan yang dapat menurunkan resiko penyakit diabetes. (Miller *et al.*, 1995). Sementara makanan dengan IG menengah-tinggi direkomendasikan bagi olahragawan untuk pemulihan energi pasca latihan (Burke *et al.*, 1996).

Pengukuran respon glukosa darah dan indeks glikemik yang selama ini sering dilakukan adalah dengan menggunakan metode *in vivo*, yaitu dengan membandingkan respon glikemik pada sampel darah probandus setelah mengkonsumsi makanan yang mengandung 50 gram karbohidrat dengan makanan acuan (Brouns *et al.*, 2005). Metode ini diketahui memiliki tingkat akurasi yang lebih sesuai dengan kondisi di dalam tubuh, namun disisi lain juga memiliki banyak

keterbatasan diantaranya membutuhkan banyak volunteer sebagai probandus, membutuhkan biaya tinggi dan proses yang lama serta memerlukan tenaga ahli dalam pengambilan sampel darah (Lin *et al.*, 2012). Oleh karenanya diperlukan metode yang lebih efisien untuk memperoleh hasil yang tetap akurat namun dengan cara yang lebih sederhana.

Pengembangan metode *in vitro* kemudian digunakan sebagai alternatif untuk lebih menyederhanakan proses penelitian (Argyri *et al.*, 2016). Metode ini dilakukan dengan menggunakan beberapa enzim pencernaan yang direaksikan langsung dengan sampel yang bertujuan untuk meniru proses pencernaan sebagaimana yang terjadi di dalam tubuh (Englyst *et al.*, 1999). Metode ini dinilai lebih efisien karena memerlukan waktu yang lebih singkat, relatif lebih hemat biaya serta aplikatif untuk proses pengukuran respon glukosa maupun indeks glikemik dengan representasi nilai yang *reliable* sebagaimana metode *in vivo*. (Dona *et al.*, 2010).

Data yang dapat diperoleh dari suatu nilai Indeks Glikemik (IG) terbatas pada potensi ketercernaannya saja, belum dapat merepresentasikan seberapa besar kadar glukosa dari suatu makanan tersebut yang dapat terlibat dalam peningkatan kecepatan respon glukosa, sehingga Englyst *et al.*, (1996) mencoba melakukan suatu pendekatan penelitian untuk dapat mengetahui kadar glukosa dari suatu makanan serta rentang ketercernaannya yang direpresentasikan sebagai glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) dan glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG), sehingga dapat diketahui seberapa besar glukosa yang akan tercerna secara cepat ataupun lambat dari setiap makanan yang dapat mempengaruhi respon glikemik dalam tubuh, penemuan ini dapat menambah akurasi data mengenai kandungan glukosa disamping hanya mengandalkan indeks glikemik semata, bahkan menurut Wasusun *et al.*, (2017) pengetahuan akan nilai RAG dan SAG dapat digunakan sebagai validator dari nilai Indeks Glikemik yang ada.

Pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) merupakan fraksi pati yang terkandung di dalam suatu makanan yang tidak tercerna dalam proses penyerapan

makanan di usus halus dan dapat lolos hingga ke usus besar (McCleary *et al.*, 2002). Pati resisten diketahui memiliki banyak manfaat bagi kesehatan, diantaranya mampu mencegah kenaikan glukosa darah dan kelainan fungsi usus (Sharma *et al.*, 2017), menurunkan resiko penyakit diabetes (Yang *et al.*, 2006) serta sumber makanan prebiotik yang baik untuk kesehatan saluran pencernaan (Setiarto *et al.*, 2015).

Terdapat lima kelompok pati resisten yang terkandung dalam suatu produk makanan, yaitu pati resisten tipe I (RS1) yang bersumber dari kacang-kacangan, pati resisten tipe II (RS2) bersumber dari tanaman yang dapat dikonsumsi secara langsung tanpa proses pengolahan masakan seperti pisang, pati resisten tipe III (RS3) bersumber dari proses retrogradasi molekul pati, pati resisten tipe IV (RS4) bersumber dari modifikasi bahan kimia dan pati resisten tipe V (RS5) bersumber dari interaksi pati dengan lemak (Setiarto *et al.*, 2018). Padi merupakan salah satu tanaman yang mengandung pati resisten tipe III (RS3) yaitu fraksi pati resisten yang terbentuk dari proses retrogradasi amilosa dan amilopektin pasca gelatinisasi (Haralampu, 2000).

Englyst *et al.*, (2003) melaporkan bahwa nilai RAG memiliki korelasi positif yang signifikan terhadap nilai IG dan berkorelasi negatif dengan nilai SAG dan RS. Nilai IG yang relatif tinggi menunjukkan kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) yang tinggi sedangkan glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) dan pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) rendah. Nilai dari masing-masing parameter tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai IG suatu makanan secara lebih akurat, serta dapat dijadikan referensi masyarakat untuk menentukan pilihan makanan yang sesuai dengan kebutuhan.

Pengamatan dalam penelitian ini dilakukan terhadap tiga macam parameter berupa kandungan glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG), glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG), dan pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand yang diproses menjadi beras pecah kulit dan beras giling. Pengetahuan dari hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai profil masing-masing padi

terhadap potensi respon glukosa dalam darah, dasar pertimbangan dalam pemilihan makanan agar sesuai dengan kebutuhan konsumen, sekaligus sebagai implementasi terhadap perintah Allah SWT sebagaimana termaktub dalam firmannya pada surat Asy-Syu'ara ayat 7 yang tersebut di atas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam Penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana perbandingan nilai glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling?
2. Bagaimana perbandingan nilai glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling?
3. Bagaimana perbandingan nilai pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam Penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui perbandingan nilai glukosa yang tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling.
2. Mengetahui perbandingan nilai glukosa yang tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling.
3. Mengetahui perbandingan nilai Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada beberapa kultivar padi lokal Thailand dalam kondisi beras pecah kulit dan beras giling.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini yaitu:

1. Terdapat pengaruh penggunaan enam macam kultivar padi terhadap hasil pengukuran kadar RAG, SAG dan RS.
2. Terdapat pengaruh pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling terhadap hasil pengukuran kadar RAG, SAG, RS.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Sebagai referensi pengetahuan mengenai glukosa yang tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) pada beberapa kultivar padi dan hasil pemrosesan penggilingannya.
2. Sebagai referensi pengetahuan mengenai glukosa yang tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada beberapa kultivar padi dan hasil pemrosesan penggilingannya.
3. Sebagai referensi pengetahuan mengenai pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada beberapa kultivar padi dan hasil pemrosesan penggilingannya.
4. Sebagai informasi bagi dunia kesehatan mengenai nilai kandungan glukosa makanan pada beberapa kultivar padi dan referensi makanan bagi konsumen.
5. Sebagai alternatif dari metode *in vivo* untuk dapat menghasilkan metode pengukuran glukosa yang reliable, lebih cepat dan lebih mudah dilakukan.
6. Sebagai referensi studi untuk dapat dikembangkan pada penelitian lebih lanjut.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Padi yang digunakan adalah padi lokal Thailand yang terdiri atas *Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, *Khaw Dawk Mali*, *Plah Sew*, *E. Khao Yai* dan *Bun Mah* yang diperoleh dari *Suphan Buri Rice Research Center Thailand*.
2. Bagian padi yang digunakan adalah biji padi yang diproses menjadi beras pecah kulit dan beras giling.

3. Parameter yang diamati adalah perbandingan nilai RAG, SAG dan RS pada masing-masing kultivar baik dalam kondisi beras pecah kulit maupun beras giling.
4. Penelitian dilakukan secara *in vitro* menggunakan enzim pencernaan berupa enzim pankreatik dan amiloglukosidase.
5. Pengukuran kadar glukosa dan pati resisten *D-Glucose Assay Kit* (GOPOD, Megazyme, Ireland) dengan prinsip kalorimetri.
6. Analisis data yang dilakukan menggunakan *Two Way ANOVA*, dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range test* (DMRT) taraf signifikansi $p < 0.05$ menggunakan aplikasi SPSS 16.0.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Integrasi Padi dan Al-Qur'an

Padi merupakan tanaman biji-bijian yang dijadikan sumber makanan pokok bagi sebagian besar penduduk dunia khususnya di benua Asia (Nuryani, 2013). Keberadaan padi sangat diperlukan karena mengandung karbohidrat yang tinggi, sehingga kerap dijadikan sumber utama penghasil energi. Ketersediaan padi di muka bumi ini tentu merupakan salah satu tanda kasih sayang Allah SWT kepada seluruh makhluknya. Allah SWT sebagai pemilik alam semesta dengan *Rahman* dan *Rahim-Nya* menghamparkan bumi dan menumbuhkan berbagai tanaman khususnya padi sebagai bahan pemenuhan kebutuhan makhluknya, sebagaimana yang termaktub dalam Q.S 'Abasa (80) ayat 24-32 yang berbunyi:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ ﴿٢٤﴾ أَنَا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا ﴿٢٥﴾ ثُمَّ شَقَقْنَا الْأَرْضَ
 شَقًّا ﴿٢٦﴾ فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٧﴾ وَعِنَبًا وَقَضْبًا ﴿٢٨﴾ وَزَيْتُونًا وَنَخْلًا ﴿٢٩﴾ وَحَدَائِقَ
 غُلْبًا ﴿٣٠﴾ وَفَنَكِهَةً وَأَبًّا ﴿٣١﴾ مَتَعًا لَكُمْ ۗ وَلَا تَعْمُرُوا

Artinya: “Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Kamilah yang telah mencurahkan air melimpah (dari langit). Kemudian Kami belah bumi dengan sebaik-baiknya. Lalu di sana Kami tumbuhkan bijibijian. Anggur dan sayur - sayuran. Zaitun dan pohon kurma. Kebunkebun (yang) rindang. Buah - buahan serta rerumputan. (Semua itu) untuk kesenanganmu dan untuk hewan-hewan ternakmu. (Q.S. ‘Abasa (80) : 24-32).

Kata *طعم* disebutkan sebanyak 48 kali dengan berbagai derivasinya di dalam al-Qur'an, secara umum kata ini memiliki arti makanan yang berasal dari akar kata *أطعمه* yang berarti merasai, mencicipi atau mengecap (Al-Baqi', 2007). Secara etimologis, kata *طعام* berarti segala sesuatu yang dapat dijadikan sebagai makanan dan kekuatan tubuh (Rahmat, 2018). Shihab (2007) memberi tafsir yang lebih luas dengan mendefinisikan *طعام* sebagai segala yang bisa dimasukkan mulut baik berupa benda

padat maupun cair juga disebut sebagai makanan, begitu pula dengan at-Thariqi yang memaparkan arti kata ini sebagai semua jenis bahan makanan baik berupa makanan pokok yang dapat memberikan tenaga, maupun makanan tambahan seperti buah dan rempah-rempah.

Dengan demikian, kata طعام dapat diartikan sebagai segala jenis makanan yang digunakan sebagai bahan pemenuhan kebutuhan manusia, yang dalam hal ini spesifik terhadap padi yang juga sangat potensial sebagai sumber energi. Selanjutnya, di ayat 27 disebutkan kata حبا yang berarti biji-bijian. Menurut Quthb (2001) biji-bijian yang dimaksud disini meliputi biji-bijian yang dapat dikonsumsi oleh manusia maupun hewan dalam segala wujud dan keadannya. Spesifikasi ayat ini semakin memperjelas eksistensi padi memiliki peran penting bagi kelangsungan hidup manusia. Ayat 32 mempertegas makna ayat-ayat sebelumnya yaitu pada kalimat مناع لكم yang berarti perhiasan bagi manusia, el-Saha (2005) menjelaskan asal kata ini berasal dari kata مناع yang berarti sesuatu yang darinya dapat diperoleh manfaat dan kesenangan, sekalipun temponya singkat dan relatif cepat hilang. Hal ini mengindikasikan sifat padi sebagai makanan pokok yang pemenuhan kebutuhannya harus dilakukan secara kontinyu karena sifat pemenuhannya yang berlangsung singkat tetapi diperlukan terus-menerus selagi menunjang kehidupan manusia. Dalam ayat yang lain, pentingnya padi sebagai bahan pemenuhan kebutuhan manusia juga disebutkan pada surat Q.S Yasin (36) ayat 33-35 yang berbunyi:

وَأَيُّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾
 وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِّنْ خَيْلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرَتًا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾ لِيَأْكُلُوا مِنْ
 ثَمَرِهِ ۖ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ أَفَلَا يَشْكُرُونَ ﴿٣٥﴾

Artinya: “ Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupan bumi itu dan kami keluarkan daripadanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan . Dan kamu jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan kami pancarkan padanya beberapa mat

air supaya mereka dapat makan dari buahnya dan dari apa yang diusahakan oleh tangan mereka. Maka mengapa mereka tidak bersyukur” (Q.S Yasin (36) : 33-35).

Ayat ini diawali dengan kalimat *وآية لهم* yang mengindikasikan suatu tanda kebesaran Allah SWT bagi mereka (manusia), yang dalam ayat ini disebutkan melalui bumi yang mati dan kemudian ditumbuhkan berbagai tanaman sebagai bahan makanan berupa biji-bijian, kurma dan anggur. Kata *حبا* juga digunakan dalam ayat ini dan menunjukkan arti biji-bijian yang dijadikan bahan makanan. Kata ini disebutkan paling awal dan kemudian diikuti oleh kurma kemudian anggur pada ayat selanjutnya yang mengindikasikan adanya keterkaitan dengan tingkat kebutuhan dimana tanaman biji-bijian seperti gandum dan padi lebih banyak dikonsumsi karena sebagai penghasil tenaga bagi kelangsungan hidup manusia (Fuadi, 2016).

Pola ini juga dapat ditemukan pada surat *Abasa* ayat 24-32 dimana kata *حبا* juga berada di awal penyebutan yang kemudian diikuti dengan kurma dan sayuran. Hal ini tentu bukan suatu kebetulan karena al-Qur'an memang merupakan kitab yang memiliki banyak sekali *Íjaz* termasuk di dalamnya dalam hal pemaknaan dan susunan kalimatnya. Peletakan kata di awal penyebutan ini dapat dipahami sebagai suatu indikasi adanya peran khusus atau kedudukan yang lebih diutamakan tanpa harus menafikan peran yang lainnya sebagaimana peran padi sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan energi bagi mayoritas penduduk dunia, khususnya di wilayah benua Asia (Nuryani, 2013).

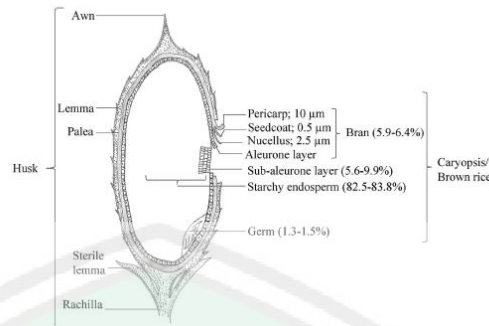
2.2 Deskripsi Tanaman Padi

Klasifikasi tanaman padi menurut *United States Departemen of Agriculture* (USDA) tahun 2012 berasal dari Kingdom Plantae, Superdivisi Spermatophyta (tumbuhan berbiji), divisi Magnoliophyta (tumbuhan berbunga), kelas Liliopsida (tumbuhan berkeping tunggal), subkelas Commelinidae, Ordo Cyperales, Famili Poaceae, Genus *Oryza* dan spesies *Oryza sativa*.

Padi merupakan komoditas utama yang dijadikan sumber makanan pokok bagi penduduk Asia (Suwarno, 2010). Nuryani, (2013) menyebutkan bahwa tingkat konsumsi nasi sebagai asupan energi cukup besar, yaitu sekitar 22% dari asupan energi total. Kandungan gizi yang terkandung pada padi bisa berbeda karena pengaruh pemrosesan padi. Verma (2014) menyebutkan dalam 100 mg beras pecah kulit memiliki kandungan nutrisi yang terdiri atas 7.5 mg protein, 1.9 lemak, 0.9 serat kasar, 76.5 mg karbohidrat, dan 360 kkal kalori.

Berdasarkan warnanya padi dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu padi putih, padi merah dan padi coklat (Nuryani, 2013). Sebagai bahan konsumsi pangan, padi terlebih dahulu diolah menjadi gabah, gabah merupakan buah padi hasil hibridisasi dan fertilisasi yang masih memiliki bagian kulit biji, endosperm dan bekatul. Gabah harus diproses terlebih dahulu menjadi beras sebelum kemudian diolah menjadi nasi yang siap konsumsi (Aak, 1995).

Bagian biji beras secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu kulit biji yang terdiri atas sekam dan butir beras yang terdiri atas endosperm dan embrio padi, komponen biji padi dari bagian paling luar terdiri atas lapisan perikarp, tegmen, kemudian disusul oleh aleuron, endosperma dan embrio. Aleuron merupakan komponen padi yang dapat bereaksi dengan pewarna pendeteksi (Dianti, 2010). Juliano (1972) memaparkan komposisi struktur padi terdiri atas 89-94 % endosperm, aleuron 4-6%, kulit ari (*pericarp*) 1-2 %, lembaga (*embryo*) 2-3 % serta sekam (hull) 16-28 %, gambaran struktur biji padi dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Struktur biji padi atau gabah (Khatun *et al.*, 2019).

2.3 Jenis-Jenis Padi

Jenis padi berdasarkan tekstur dan hasil olahan beras dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah padi putih (*Oryza sativa* L.), padi merah (*Oryza nivara*), padi hitam (*Oryza sativa* L.) dan padi ketan (*Oryza sativa glutinosa*) (Noldin *et al.*, 1999). Perbedaan tekstur berbagai padi dipengaruhi oleh berbagai faktor, meliputi kandungan pigmentasi masing-masing padi, struktur granulosa, serta komposisi fisikokimiawi amilosa dan amilopektin.

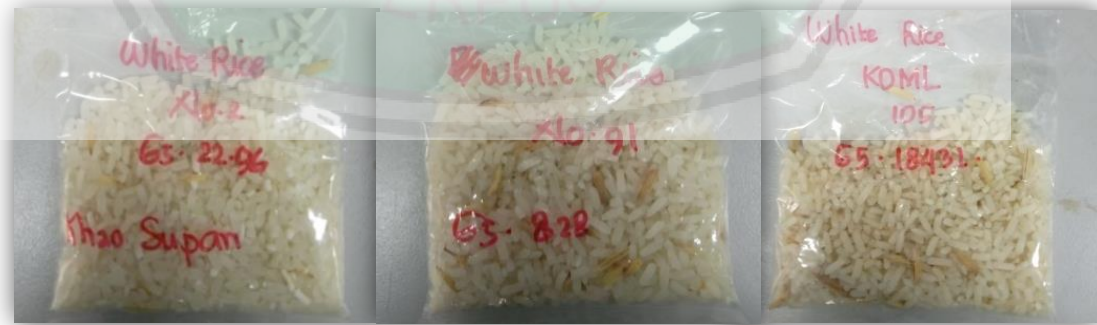
Berdasarkan proporsi kandungan amilosanya, padi diklasifikasikan menjadi padi rendah amilosa, yaitu yang memiliki kadar amilosa hanya sebesar 2-20%, padi kategori amilosa sedang jika memiliki kandungan sebesar 20-25%, dan padi tinggi amilosa, yaitu dengan kadar amilosa di atas 25% (Suriani, 2015). Dalam penelitian ini akan dibahas dua jenis padi saja, meliputi padi putih (*Oryza sativa* L.) dan padi ketan (*Oryza sativa glutinosa*).

2.3.1 Padi Putih (*Oryza Sativa* L.)

Padi putih (*Oryza sativa* L.) merupakan jenis padi non ketan yang paling banyak dikonsumsi masyarakat sebagai bahan makanan pokok sehari-hari. Produk olahan padi putih berupa nasi banyak diminati masyarakat karena mudah didapatkan dan cepat dalam pemasakannya, memberikan rasa kenyang yang lebih cepat dan cocok dipadukan dengan berbagai makanan lainnya (Septianingrum *et al.*, 2016).

Amilosa yang dimiliki padi putih (non ketan) kurang lebih sebesar 20%, jumlah yang besar ini menjadikan padi putih lebih sulit tergelatinisasi saat proses pemasakan dari pada padi ketan. Struktur amilosa tersusun secara kompak dan linear, sehingga lebih sulit dipecah dan cenderung mempertahankan strukturnya lebih lama dibandingkan dengan amilopektin, hal ini mengakibatkan produksi glukosa dari hasil pemecahan pati yang diproduksi memakan waktu yang lebih lambat jika dibandingkan dengan proses pencernaan molekul amilopektin (Hermawan & Meylani, 2016). Klasifikasi kandungan amilosa padi menjadi empat kelompok, yaitu sangat rendah berkisar antara 5-12%, rendah berkisar antara 12-20%, menengah berkisar antara 20-25% dan tinggi berkisar antara 25-33% (Ayabe *et al.*, 2009).

Padi putih umumnya diolah sebagai nasi untuk dijadikan konsumsi sehari-hari masyarakat dunia khususnya di Asia. Nasi kerap kali dianggap sebagai sumber makanan hiperglikemik yang memicu terjadinya diabetes mellitus sehingga sering kali dihindari (Rozendaal *et al.*, 2018). Namun asupan makanan mengandung glukosa bukanlah satu-satunya penyebab meningkatnya respon glikemik dan insulin di dalam tubuh. Beberapa faktor lain berupa jenis padi, proses pengolahan, kandungan fisikokimiawi serta kecepatan pencernaan makanan juga dapat mempengaruhi respon glikemik (Hermawan & Meylani, 2016). Septianingrum *et al.*, (2016) memaparkan bahwa makanan dengan respon glikemik rendah akan sangat membantu pengendalian pangan secara signifikan terhadap dampak kesehatan, gambar beras putih terdapat pada Gambar 2.2 berikut:

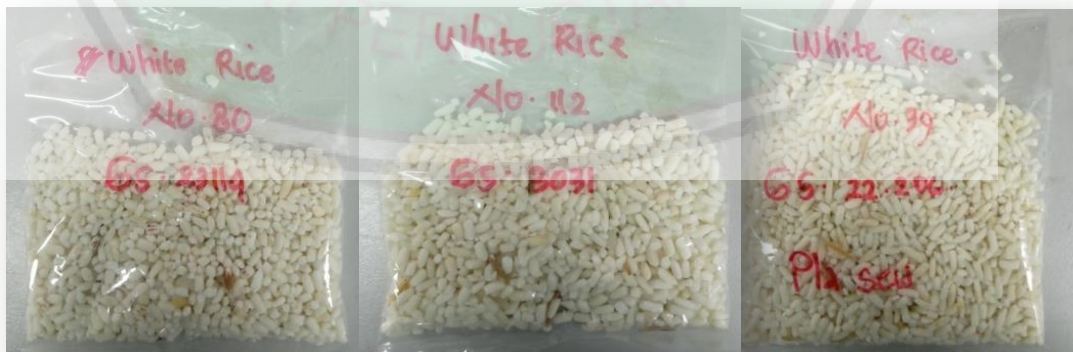


Gambar 2.2 Beras hasil pemrosesan padi non ketan (Dokumentasi Pribadi, 2020)

2.3.2 Padi Ketan (*Oryza sativa glutinosa*)

Padi ketan (*Oryza sativa glutinosa*) merupakan golongan padi yang memiliki kandungan amilosa rendah yaitu berkisar antara 1-2% saja, sedangkan kandungan amilopektinnya sangat tinggi yaitu sebesar 88-89%. Dominansi amilopektin pada padi ketan menyebabkan teksturnya lebih lengket dan kenyal serta sangat berbeda dari padi non ketan pada umumnya. Beras jenis ini memiliki kadar lemak dengan rata-rata 0.7% dengan asam lemak didominasi oleh asam oleat dan palmitat (Suriani, 2015). Kandungan amilopektin yang tinggi pada padi ketan menyebabkan padi jenis ini lebih mudah untuk tergelatinisasi dan sulit teretrogradasi (Kurasawa *et al.*, 2014). Sulitnya gelatinisasi ini menjadikan padi ketan berpotensi menghasilkan produk glukosa lebih cepat dan kadar yang lebih banyak, sehingga mampu merangsang respon glukosa darah secara cepat dalam tubuh ketika proses pencernaan berlangsung (Wiruch *et al.*, 2019).

Perbedaan kandungan amilosa dan amilopektin pada padi mempengaruhi tingkat kecernaanya terhadap enzim dalam proses pencernaan dan pemecahannya menjadi bentuk glukosa. Amilosa diketahui memiliki struktur linear dan kompak serta terikat dengan sangat kuat oleh suatu ikatan hidrogen dan lebih mudah bergabung atau mengalami retrogradasi pada suhu rendah, hal ini menyebabkan tingkat kecernaan amilosa menjadi lebih sulit jika dibandingkan dengan amilopektin yang tersusun bercabang dengan ikatan terbuka sehingga mudah tergelatinisasi (Singh,2010), gambar beras ketan terdapat pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2.3 Beras hasil pemrosesan padi ketan (Dokumentasi Pribadi, 2020).

2.4 Pemrosesan Beras

2.4.1 Beras Pecah Kulit

Pemrosesan paling awal yang dilakukan pada padi adalah penggilingan padi sehingga menjadi bahan siap pangan. Pemrosesan penggilingan dapat dilakukan melalui beberapa perlakuan, diantaranya dengan mengolah menjadi bentuk beras dengan cara penghilangan bagian sekam atau kulit luar padi menjadi beras pecah kulit (Siswanto & Bintoro, 2015). Beras pecah kulit (*Brown rice*) merupakan beras hasil pengolahan padi dengan hanya menghilangkan bagian sekam (*palea*, *lemma* dan *rachilla*) (Hendrawan *et al.*, 2016). Bagian biji padi yang masih tersisa dari beras pecah kulit adalah lapisan perikarp, tegmen, aleuron, endosperm dan embrio. Aleuron yang melekat pada endosperma padi dapat menjadikan beras pecah kulit berwarna kecoklatan, sehingga seringkali disebut juga padi coklat (*Brown rice*) (Yang *et al.*, 2016). Nambi *et al.*, (2017) menyebutkan bahwa pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dapat dilakukan dengan bantuan mesin giling yang dimodifikasi untuk proses pecah kulit saja sehingga tidak menghilangkan bagian aleuron.

Beras pecah kulit memiliki kandungan asam γ -aminobutirat yang terakumulasi pada bagian aleuron (Dang *et al.*, 2018). Selain itu, senyawa lain yang juga terkandung pada bagian aleuron padi antara lain adalah fenol, flavonoid, γ -oryzanol, aminobutyric acid (GABA), α -tocopherol, and γ -tocotrienol (Saleh *et al.*, 2019). Penggunaan beras pecah kulit sebagai asupan sehari-hari sangat dianjurkan karena diketahui memiliki indeks glikemik yang lebih rendah dari beras giling sehingga dapat menekan resiko diabetes mellitus (Pletsch & Hamaker, 2018), gambar beras pecah kulit dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Beras pecah kulit pada beberapa kultivar padi non ketan (Dokumentasi pribadi, 2020).

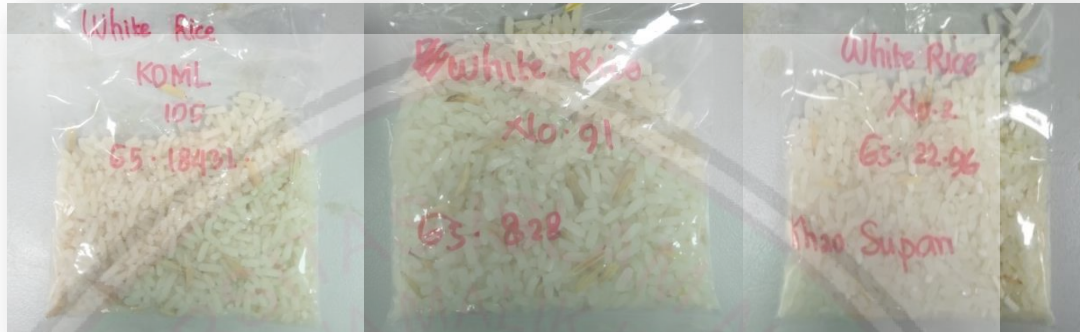
2.4.2 Beras Giling

Beras giling merupakan beras hasil pengolahan padi dengan penghilangan bagian aleuron atau bekatul padi, sehingga dihasilkan tekstur yang lebih putih dan bersih atau sering juga disebut beras putih (*White rice*) (Hendrawan *et al.*, 2016). Pemrosesan beras giling dapat dilakukan dengan penyosohan yang memisahkan antara bagian biji padi dengan sekam (palea dan lemma) dan kulit ari (aleuron) (Nambi *et al.*, 2017).

Penghilangan bagian kulit ari atau aleuron pada beras giling menyebabkan sebagian besar kandungan nutrisi ikut tereduksi. Khatun *et al.*, (2019) memaparkan perbandingan beberapa perubahan nutrisi dari hasil pemrosesan padi meliputi kadar protein beras pecah kulit sejumlah 8-11% tereduksi menjadi 7-9% pada beras giling, kadar lemak pada beras pecah kulit sejumlah 2,9-3,4% berkurang menjadi 0,7-1,4% pada beras giling, dan serat kasar pada beras pecah kulit sejumlah 0,8-1 % berkurang menjadi 0,4-0,5% pada beras giling, semakin tinggi derajat penggilingan atau penyosohan padi maka kandungan nutrisi pada padi tersebut akan berkurang pula.

Aleuron pada padi dapat menjadi barrier antara komponen pati dengan enzim pencernaan. Pemrosesan beras giling dengan menghilangkan bagian aleuron akan meningkatkan derajat pencernaan pati karena hilangnya penghalang antara pati dengan enzim saat proses pencernaan berlangsung (Shobana *et al.*, 2010). Tingkat pemecahan dan pencernaan beras giling yang lebih tinggi dari beras pecah kulit dapat

menyebabkan peningkatan respon glukosa darah dan respon insulin, hal ini menyebabkan indeks glikemik beras giling lebih tinggi dari beras pecah kulit (Pletsch & Hamaker, 2017) gambar beras giling dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Beras pecah kulit pada beberapa kultivar padi putih (Dokumentasi Pribadi, 2020).

2.5 Indeks Glikemik

Indeks Glikemik (IG) dapat didefinisikan sebagai tingkatan kecepatan pencernaan suatu makanan yang mengandung karbohidrat terhadap potensi peningkatan gula darah. Indeks ini berguna untuk mengetahui tingkat pencernaan suatu makanan untuk memprediksi respon glikemik tubuh (Brouns *et al.*, 2005). Nilai indeks glikemik suatu makanan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jenis tanaman sumber makanan, proses pengolahan makanan, karakter fisikokimia makanan, karakter retrogradasi dan gelatinisasi serta rasio amilosa dan amilopektin (Englyst *et al.*, 1999).

Diet rendah indeks glikemik diketahui bermanfaat bagi kontrol glukosa dan respon insulin dalam metabolisme karbohidrat, meminimalisir kadar HbA1c serta fruktosanin yang diketahui mampu mempengaruhi komplikasi diabetes (Wang *et al.*, 2014). Sebaliknya, diet dengan Indeks glikemik yang tinggi akan meningkatkan resiko penyakit seperti kanker kolorektal, kanker payudara, dan kanker endometrium (Siery *et al.* 2016), peningkatan resiko depresi pada wanita menopause (Gangwisch *et al.*, 2015) serta peningkatan resiko penyakit kardiovaskuler (Fan *et al.*, 2012).

Pengetahuan mengenai indeks glikemik makanan dapat digunakan untuk penentuan jenis makanan yang sesuai menurut kebutuhan kadar glukosa dalam darah, terutama bagi pasien penderita diabetes, olahragawan maupun manusia normal untuk tetap menjaga kesehatan (Rohman *et al.*, 2014). Namun interpretasi glukosa dari suatu makanan berdasarkan indeks glikemik saja masih belum sepenuhnya dapat dijadikan acuan, suatu indeks glikemik hanya merefleksikan suatu tingkat pencernaan belum dapat menjabarkan seberapa besar kandungan glukosa yang berkontribusi dalam peningkatan respon glikemik sehingga masih diperlukan metode pengukuran yang merefleksikan suatu kuantitas glukosa (Englyst *et al.*, 1996). Pengukuran kadar glukosa secara kuantitatif akan dijelaskan dalam subbab berikutnya.

2.6 Fraksi-Fraksi Pati Padi

Karbohidrat merupakan salah satu makromolekul yang sangat diperlukan tubuh sebagai penghasil energi dengan ciri kimiawinya tersusun atas molekul-molekul organik dari unsur-unsur CHO (Carbon-Hydrogen-Oxygen). Berdasarkan kompleksitasnya, karbohidrat terdiri atas karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks, karbohidrat sederhana adalah kelompok monosakarida, disakarida dan oligosakarida, sedangkan karbohidrat kompleks terdiri atas polisakarida dan pati. (Nurhamida, 2014). Sedangkan Englyst *et al.*, (1996) memiliki tipe pengelompokan yang berbeda, yaitu dikelompokkan menjadi empat kelompok besar. Kelompok pertama yaitu gula yang terdiri atas komponen monosakarida dan disakarida, kelompok kedua yaitu karbohidrat rantai pendek yang terdiri atas maltodekstrin, kelompok ketiga yaitu pati yang terdiri atas komponen polisakarida yang terdiri atas pati tercerna cepat atau *Rapidly Digestable Starch* (RDS), pati tercerna lambat atau *Slowly Digestable Starch* (SDS) dan pati resisten atau *Resistant Starch* (RS), kelompok terakhir merupakan komponen polisakarida non pati yang terdiri atas makanan berserat.

Monosakarida merupakan komponen terkecil karbohidrat yang kemudian dapat diproses dalam proses metabolisme, berbagai jenis monosakarida baik berupa

glukosa, fruktosa, maupun galaktosa akan diserap di dalam tubuh melalui sistem pencernaan dengan bantuan enzim-enzim pencernaan. Glukosa merupakan hasil pemecahan karbohidrat makanan yang dapat diubah menjadi bentuk energi di dalam tubuh (Almatsier, 2009). Karbohidrat yang telah dikonsumsi akan memasuki organ pencernaan dan diabsorpsi sehingga menghasilkan energi sebesar 4 kkal/g (Maughan, 2013).

Jenis glukosa yang diperoleh dari hasil pemecahan karbohidrat dalam suatu makanan diserap di usus halus dalam rentang dan tingkat yang berbeda, terdapat 2 jenis proses penyerapan glukosa yang diketahui terkandung dalam suatu makanan, yaitu glukosa yang tersedia cepat atau *Rapidly Available glucose* (RAG) dan glukosa yang tersedia lambat *Slowly Available Glucose* (SAG). Kedua jenis glukosa ini dipengaruhi oleh tingkat pencernaan pati pada masing-masing makanan yang kemudian mempengaruhi respon insulin dan peningkatan glukosa darah (Englyst *et al.*, 2006).

2.6.1 Glukosa Tersedia Cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG)

Glukosa yang tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) merupakan jenis glukosa yang dapat dihasilkan secara cepat pada suatu proses pencernaan makanan dari suatu karbohidrat yang dikonsumsi. Jenis glukosa ini merupakan hasil pencernaan pati yang tercerna cepat atau *Rapidly Digestible Starch* (RDS) dan akumulasi glukosa bebas hasil pemecahan sukrosa atau *Free Sucrose Glucose* (FSG) secara lebih ringkas dapat dituliskan sebagai $RAG = RDS + FSG$. Glukosa jenis ini dapat diukur dengan cara *in vitro* pada menit ke-20 setelah pereaksian dengan enzim, tingginya konsumsi bahan pangan yang mengandung glukosa jenis ini diketahui dapat menjadi pemicu peningkatan resiko diabetes mellitus (Englyst *et al.*, 1996).

Interpretasi nilai glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) digunakan untuk merefleksikan kadar glukosa dari suatu makanan yang diproduksi secara cepat dalam proses pencernaan. Nilai RAG diukur secara *in vitro* pada 20 menit pertama pasca pereaksian sampel dengan enzim hingga diperoleh

nilai gram glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) dalam 100 gram sampel (Englyst *et al.*, 1999).

Nilai RAG menggambarkan kuantitas glukosa yang terproduksi secara cepat ketika suatu makanan sampai di usus halus sehingga mempengaruhi respon glukosa dan insulin di dalam tubuh (Sriheara *et al.*, 2014). Nilai RAG dapat dijadikan landasan untuk memvalidasi nilai Indeks Glikemik suatu makanan. Hal ini dikarenakan nilai RAG mampu menggambarkan kadar kuantitas glukosa, sementara nilai Indeks Glikemik terbatas pada suatu indeks untuk memprediksi ketercernaan suatu kandungan karbohidrat makanan terhadap produksi glukosanya (Englyst *et al.*, 1996).

2.6.2 Glukosa Tersedia Lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG)

Glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) merupakan glukosa yang dihasilkan secara perlahan dari suatu pencernaan makanan berkarbohidrat pada saat proses pencernaan di usus halus. Glukosa ini dapat diproduksi dari komponen karbohidrat berupa pati yang tercerna lambat atau *Slowly Digestible Starch* (SDS) dan akumulasi glukosa bebas hasil pemecahan sukrosa atau *Free Sucrose Glucose* (FSG) secara lebih ringkas dapat dituliskan sebagai $RAG = SDS + FSG$. Glukosa jenis ini dapat diukur dengan cara *in vitro* pada menit ke-20 setelah pereaksian dengan enzim (Englyst *et al.*, 1996).

Glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) diinterpretasikan dalam bentuk nilai yang menunjukkan kuantitas glukosa yang tercerna secara lambat dalam proses pencernaan pati di usus halus (Gourineni *et al.*, 2017). Pengukuran nilai glukosa tercerna lambat (SAG) dilakukan secara *in vitro* pada menit ke-120 setelah pereaksian sampel dengan enzim. Nilai glukosa pada SAG merupakan akumulasi glukosa dari berbagai sumber karbohidrat meliputi pati, fruktosa, sukrosa dan glukosa bebas (Englyst *et al.*, 2006).

Lambatnya produksi glukosa yang dihasilkan dari proses pencernaan menyebabkan respon glukosa darah dan respon insulin juga ikut menurun sehingga makanan dengan kandungan SAG tinggi cenderung memiliki nilai Indeks Glikemik

(IG) yang moderat atau bahkan rendah, sehingga direkomendasikan untuk menormalisasi kadar glukosa dalam darah, terutama bagi penderita diabetes mellitus (Pletsch & Hamaker, 2017).

Indeks glikemik makanan diketahui memiliki korelasi positif dengan glukosa yang tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) dan berkorelasi negatif dengan glukosa yang tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG). Nilai RAG diketahui korelasi positif dengan indeks glikemik secara signifikan ($r^2=0.54$, $p<0.001$) dan korelasi negative yang signifikan dengan SAG ($r^2=0.63$, $p<0.001$), sehingga diketahui melalui metode *in vitro* makanan dengan nilai RAG yang tinggi juga akan meningkatkan nilai IG dan makanan dengan nilai SAG yang tinggi akan menurunkan nilai IG (Englyst *et al.*, 2003).

2.6.3 Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS)

Pati merupakan salah satu tipe karbohidrat yang banyak ditemukan sebagai cadangan makanan pada tanaman. Berdasarkan polimer penyusunnya, pati termasuk polisakarida yang tersusun atas monosakarida-monosakarida glukosa dengan jumlah yang besar. Pati merupakan karbohidrat yang dapat dicerna dengan sempurna dalam proses pencernaan, namun pada beberapa penelitian ditemukan jenis pati yang tidak tercerna oleh enzim pencernaan di usus halus atau dikenal dengan pati resisten (Rosida, 2002).

Pati resiten atau *resistant starch* (RS) dapat diartikan sebagai jenis produk pencernaan pati yang tidak dapat didegradasi oleh enzim pencernaan pada organ pencernaan dalam kondisi sehat (Asp & Bjork, 1992). Kandungan pati resiten dalam suatu makanan dipengaruhi oleh faktor yang bermacam-macam, diantaranya adalah sifat alami pati, perlakuan pemasakan, interaksi pati dengan senyawa lain serta proses penyimpanan makanan (Sajilata *et al.*, 2006). Menurut Delcour (2000) kandungan pati resiten juga dapat dipengaruhi oleh jenis makanan dan rasio kandungan amilosa dan amilopektinnya.

Keunikan sifat pati resiten yang tidak dapat dicerna di usus halus menyebabkan pati jenis ini dapat lolos memasuki usus besar dan menjadi substrat

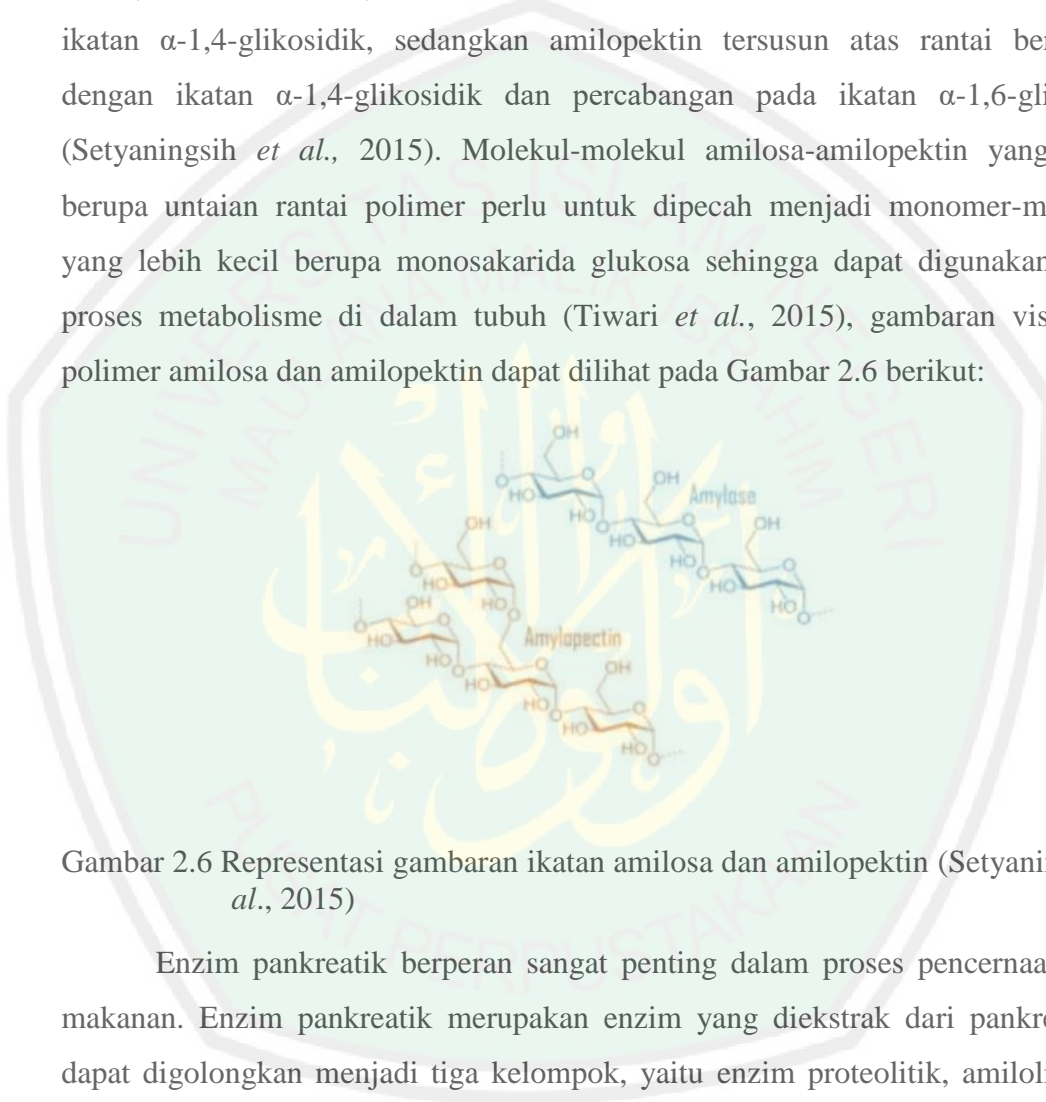
fermentasi dengan dibantu oleh bakteri kolon. Proses fermentasi ini dapat menurunkan pH usus besar dan menghasilkan beberapa asam lemak seperti butirat, asam asetat, juga propionate. Produksi asam lemak ini bermanfaat terhadap kesehatan usus besar serta mampu menjaga keseimbangan koloni bakteri di usus besar (Haralampu, 2000). Selain itu, adanya substrat fermentasi dari pati resisten ini dapat membantu mencegah penyakit pada usus, serta dapat menstabilkan metabolisme mukosa. Asam lemak butirat hasil fermentasi juga berpotensi untuk mencegah sel tumor dan menurunkan resiko kanker usus (Waring, 1998).

Pati resisten dapat dijadikan sebagai sumber prebiotik karena kemampuannya untuk lolos memasuki usus besar sehingga dapat difermentasikan dan dijadikan substrat bagi mikroflora kolon (Roberfroid, 2018). Higgins *et al.*, (2004) menyebutkan bahwa pati resisten juga dapat berfungsi sebagai pembakar lemak dengan mekanisme β -oksidasi. Pati sebagai sumber pangan dengan kandungan pati yang tinggi merupakan salah satu sumber pati resisten. Menurut Setiarto *et al.*, (2018) berdasarkan asal dan proses pembentukannya Pati Resistensi digolongkan menjadi lima kelompok yaitu:

- a. Pati resisten tipe I (RS1) merupakan pati resisten yang secara alami terperangkap dalam matriks dinding sel tanaman, biasanya ditemukan pada biji-bijian dan kacang-kacangan.
- b. Pati resisten tipe II (RS2) adalah pati resisten secara alami resisten terhadap enzim α -amilase dan bersumber dari makanan yang dapat dikonsumsi dalam kondisi mentah tanpa proses pengolahan masakan seperti pisang.
- c. Pati resisten tipe III (RS3) merupakan pati resisten yang terbentuk dari proses retrogradasi pati karena pengaruh penurunan suhu.
- d. Pati resisten tipe IV (RS4) merupakan pati yang bersumber dari modifikasi bahan kimia
- e. Pati resisten tipe V (RS5) merupakan pati bersumber dari interaksi pati dengan lemak.

2.7 Enzim Pencerna Pati.

Eksistensi pati sebagai cadangan makanan utama yang dimiliki tumbuhan disimpan dalam bentuk granula. Granula pati yang dimiliki tanaman tersusun atas dua macam komponen, berupa amilosa sebesar 15-30% dan amilopektin sebesar 70-85% (Pérez *et al.*, 2009). Molekul amilosa tersusun atas untaian rantai lurus dengan ikatan α -1,4-glikosidik, sedangkan amilopektin tersusun atas rantai bercabang dengan ikatan α -1,4-glikosidik dan percabangan pada ikatan α -1,6-glikosidik (Setyaningsih *et al.*, 2015). Molekul-molekul amilosa-amilopektin yang masih berupa untaian rantai polimer perlu untuk dipecah menjadi monomer-monomer yang lebih kecil berupa monosakarida glukosa sehingga dapat digunakan dalam proses metabolisme di dalam tubuh (Tiwari *et al.*, 2015), gambaran visualisasi polimer amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Representasi gambaran ikatan amilosa dan amilopektin (Setyaningsih *et al.*, 2015)

Enzim pankreatik berperan sangat penting dalam proses pencernaan suatu makanan. Enzim pankreatik merupakan enzim yang diekstrak dari pankreas dan dapat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu enzim proteolitik, amilolitik dan lipolitik (Ianiro *et al.*, 2016). Amylase merupakan enzim pankreatik yang berperan paling dominan dalam proses hidrolisis pati yang dapat memecah pati menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana hingga terbentuk glukosa yang berasal dari rantai amilosa serta amilopektin (Setyahadi *et al.*, 2014). Menurut (Ariandi, 2016) disebutkan bahwa enzim amylase memerlukan dua tahap untuk mencapai

produk akhirnya, yaitu tahap degradasi dimana amilosa dan amilopektin akan dipecah menjadi maltosa dan maltotriosa secara acak, kemudian dilanjutkan dengan pemecahan maltosa menjadi molekul-molekul glukosa.

Proses pemecahan ikatan rantai polisakarida ini memerlukan bantuan enzim spesifik berupa enzim amylase, yaitu enzim yang akan memecah pati menjadi molekul-molekul glukosa sederhana. Enzim amilase memiliki target spesifik berupa pemecahan untaian rantai amilosa dan amilopektin hingga menjadi monosakarida sederhana (Onofre *et al.*, 2012). Berdasarkan target pemecahannya, amilase sendiri dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu endoamilasa dan eksoamilasa (Tiwari *et al.*, 2015).

Endoamilase merupakan kelompok enzim amilase yang target pemecahannya terdapat pada bagian dalam ikatan α -1,4 glikosidik amilosa dan amilopektin. Pembelahan oleh endoamilase dilakukan secara acak dengan produk yang dihasilkan berupa oligosakarida dengan panjang yang bervariasi (Setyahadi *et al.*, 2014). Enzim α -amilase merupakan salah satu jenis amilase yang termasuk dalam endoamilase, yaitu kelompok enzim amilase yang dapat memecah ikatan α -1,4 glukosidik dari rantai lurus amilosa dari ujung rantai polisakarida bagian dalam (Kiran & Chandra, 2008). Enzim α -amilase memiliki efektifitas pH antara 4.5-7.0, enzim ini dapat diekstrak dari tanaman, hewan dan mikroorganisme (Vitolo, 2020). Di dalam tubuh sendiri enzim ini dapat ditemukan pada kelenjar saliva dan pankreas (Arsyadi, 2018). Produk yang dihasilkan dari pemecahan pati oleh α -amilase dapat berupa dekstrin, oligosakarida dan monosakarida (Ariandi, 2016).

Enzim β -amilase hanya dapat ditemukan pada tanaman dan beberapa mikroorganisme saja, tetapi tidak dapat ditemukan pada spesies hewan. Diantara sumber β -amilase dari jenis mikroorganisme adalah *Streptomyces aurofaciens*, *Bacillus megaterium* serta beberapa bakteri dari genus *Streptomyces* lainnya. Enzim ini memiliki rentang pH efektif antara 4.0-9.0 dengan suhu 20°C (Vitolo, 2020). Enzim β -amilase merupakan kelompok eksoamilase yang dapat memecah α -1,4 glukosidik dari ujung bagian luar struktur polisakarida dengan produk yang dihasilkan dapat berupa maltose maupun glukosa (Tiwari *et al.*, 2015).

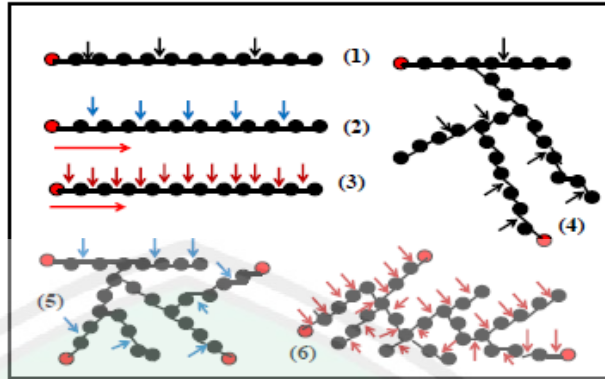
Amiloglukosidase merupakan kelompok enzim ekstraseluler yang dapat memecah baik ikatan rantai lurus α -1.4-glikosidik glukosa maupun α ,1-6 -glikosidik amilopektin menjadi dekstrin dan glukosa (Setyahadi *et al.*, 2014). Secara umum enzim ini dapat diperoleh dari sumber beberapa mikroorganisme bakteri, namun terdapat juga jamur yang memiliki kandungan enzim ini seperti *Aspergillus* dan *Rhizopus* spp., sehingga banyak dijadikan sumber produk industri sintetik dari enzim amiloglukosida (Ramadas, 1996). Enzim ini juga digolongkan sebagai eksoamilase karena dapat memecah pada ikatan α -1.4 dan α ,1-6 glikosidik dari bagian terluar struktur pati secara acak (Zar *et al.*, 2013).

Ketiga enzim amilase tersebut diatas memiliki spesifikasi yang berbeda dalam hal lokasi target dan produk akhir yang dihasilkannya, spesifikasi dari masing-masing enzim tersebut menurut Singh *et al.*, (2016) dapat diklasifikasikan sebagaimana dalam Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Enzim Amylase

Enzim	Ikatan Glikosidik	Model pemecahan	Produk akhir
α -amilase	α -(1.4)-glikosidik	Endoamilase	Maltose dan maltotriosa
β -amilase	α ,(1-4)-glikosidik	Eksoamilase	Maltose
Amiloglukosidase	α -(1.4)-glikosidik dan α ,(1-6)- glikosidik	Eksoamilase	Glukosa

Secara umum mekanisme kerja enzim amylase memerlukan dua tahap utama, yaitu tahap pertama berupa pembentukan maltose dan maltotriosa yang bersumber dari degradasi amilosa yang terjadi dalam waktu yang sangat cepat, kemudian dilanjutkan dengan tahapan kedua berupa pemecahan lebih lanjut hingga menghasilkan glukosa sebagai hasil akhirnya. Secara lebih jelasnya mekanisme pemecahan polisakarida oleh enzim amylase dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Hidrolisis amilosa dan amilopektin oleh enzim amylase (Vitolo, 2020).

(Keterangan: Tanda panah berwarna hitam (No. 1 dan 4) menunjukkan target pemecahan amilosa enzim oleh α -amilase. Tanda panah berwarna biru (No. 2 dan 5) menunjukkan target pemecahan amilopektin enzim oleh β -amilase dan tanda panah berwarna merah (No. 3 dan 6) menunjukkan target pemecahan amilopektin enzim oleh amiloglukosida).

2.8 Pengukuran Glukosa secara *In Vitro*.

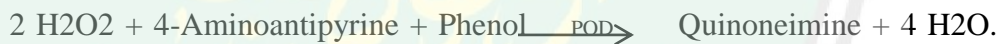
Secara umum pengukuran glukosa maupun indeks glikemik dilakukan secara *in vivo*. Metode ini dianggap relevan untuk menentukan kadar yang sebenarnya di dalam tubuh. Proses pengukuran secara *in vivo* diambil melalui sampel darah pasien pada waktu ke 0, 15, 30, 45, 60 90, dan 120 menit setelah mengkonsumsi karbohidrat yang diuji, sebelum treatment diterapkan probandus terlebih dahulu diminta melakukan puasa dengan mengacu pada protokol FAO/WHO 1998 (Nurhayati, 2019).

Metode pengukuran seperti ini memerlukan waktu, tenaga dan keahlian yang tinggi, selain itu biaya yang dibutuhkan lebih besar dan memerlukan keterlibatan volunteer dalam jumlah yang besar. Metode seperti ini dinilai kurang efisien, sehingga diperlukan cara yang lebih efektif namun tetap relevan untuk menggambarkan kondisi yang sebenarnya di dalam tubuh (Dona *et al.*, 2010). penelitian sebelumnya dilakukan dengan tujuan yang sama dengan menggunakan teknik yang berbeda, para peneliti ini mencoba menggunakan pendekatan metode *in vitro* untuk merefleksikan kadar glukosa suatu makanan dengan mereaksikan sampel pada enzim pencernaan dan reagen untuk merepresentasikan proses pencernaan di dalam tubuh (Englyst *et al.*, 2003).

2.9 Metode *Glucose Oxidase-Peroxidase* (GOPOD)

Glucose Oxidase-peroxidase (GOPOD) merupakan metode untuk menentukan kadar glukosa secara kuantitatif melalui prinsip kalorimetri (McCleary *et al.*, 2002). Penerapan metode ini menggunakan suatu reagen yang terdiri atas larutan *glucose oxydase* (GOD) dan *peroxidase* (POD), 4-aminoantipirin, fenol, serta buffer fosfat dengan pH 7,5. Pengukuran kadar glukosa menggunakan metode GOPOD ini diketahui dapat menghasilkan spesifitas yang cukup tinggi dan stabil serta memerlukan waktu yang lebih singkat (Trinder, 1969).

Glucose Oxydase (GOD) dapat mengkatalis reaksi oksidasi β -D-glukosa menjadi D-glucono- δ -lactone dan hidrogen peroksida dan kemudian akan dihidrolisis lebih lanjut menjadi asam glukonat (Bray *et al.*, 2020). Indikator kuantitatif glukosa diindikasikan menurut pewarnaan *quinoneimine dye* yang diukur pada panjang gelombang 510 nm. Reaksi *quinoneimine* diperoleh dari hasil reaksi antara hidrogen peroksida, fenol dan 4-aminoantipyrine dengan bantuan katalisasi oleh peroksidase (POD) (Barham & Trinder, 1972). Prinsip reaksi GOPOD tercantum dalam persamaan berikut:



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktorial. Faktor pertama yaitu enam kultivar padi lokal Thailand meliputi: *Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, *Khao Dawk Mali*, *Plah Sew*, *E. Khao Yai* dan *Bun Mah*, faktor kedua yaitu jenis pemrosesan padi meliputi beras pecah kulit dan beras giling. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak empat kali ulangan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah macam kultivar dan jenis pemrosesan padi, variabel kontrol yang digunakan adalah metode pengukuran berdasarkan kalorimetri menggunakan *D-Glucose Assay Kit (GOPOD, Megazyme, Ireland)* yang dilakukan secara *in vitro*, variabel terikat dalam penelitian ini meliputi tiga macam fraksi pati yang terdiri atas glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose (RAG)*, glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose (SAG)* dan pati resisten atau *Resistant Starch (RS)*.

3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari - Mei 2020 di Laboratorium *Plant Physiology, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University*. 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi Water bath, macro centrifuge, micro centrifuge, mini-pestle, eppendorf tube 1,5 ML, tube 2.0 ML, falcon tube 15 ML. timbangan analitik, rice miller, polisher machine, glass balls, shaker

incubator, dry bath, vortex, micropipette 20 μ L, 200 μ L, dan 1000 μ L, 96 well microplate, microplate reader.

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi enam kultivar padi yang terdiri atas tiga kultivar padi ketan meliputi *Plah Sew*, *E. Khao Yai* dan *Bun Mah*, serta tiga kultivar padi non ketan meliputi *Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, dan *Khao Dawk Mali* yang diperoleh dari *Suphan Buri Research Center* dalam bentuk biji padi utuh atau gabah dan kemudian disimpan di lemari pendingin dengan suhu 4°C, Enzim Pankreatik (104 ppm), Enzim Amiloglukosidase 320 U/mL dan 3200 U/mL, Buffer NaCl 0.1 M pH 5.2, GOPOD *Reagent (megazyme assay kit)*, alkohol murni 99%, air suling (*distilled water*), es batu untuk menyimpan enzim.

3.5 Langkah Kerja

3.5.1 Preparasi Larutan Enzim

Larutan enzim yang digunakan adalah enzim pankreatin dan enzim amiloglukosidase. Enzim pankreatik harus disiapkan secara berkala setiap akan melakukan penelitian. Serbuk enzim harus disimpan di dalam lemari pendingin dengan suhu -20°C. Pembuatan larutan enzim pankreatik dilakukan dengan melarutkan 0.13 gram serbuk enzim pankreatik ke dalam 13 mL buffer sodium asetat, larutan enzim dihomogenkan menggunakan vortex sebelum dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 12.000 rpm pada suhu 10°C selama 20 menit, bagian supernatant hasil sentrifugasi enzim dipindahkan pada tube eppendorf yang baru dan ditambahkan 130 μ L Amiloglukosidase dengan konsentrasi 300U/mL kemudian divortex kembali, larutan enzim pankreatik dan amiloglukosidase yang diperoleh kemudian disimpan di dalam kotak berisi es batu hingga siap digunakan.

3.5.2 Preparasi Buffer Sodium Asetat 0.1 M pH 5.2

Buffer sodium asetat disiapkan dengan mencampurkan 5.8 mL asam asetat murni ke dalam 800 mL distilled water dan dikalibrasi menggunakan NaOH 4 M hingga pH 5.2. Setelah diperoleh pH yang diperlukan, ditambahkan kembali distilled water hingga volume mencapai 1 L, kemudian larutan buffer sodium asetat yang diperoleh disimpan pada suhu 4°C.

3.5.3 Preparasi Sampel

Setiap sampel kultivar padi ditimbang seberat 1 gram dan ditambahkan 1.5 mL air yang ditempatkan pada wadah penanak nasi mini. Nasi dimasak pada suhu 100°C selama 30 menit, sampel nasi yang diperoleh ditimbang seberat 0.030 ± 0.005 g dan diletakkan pada masing-masing eppendorf tube 1.5 mL yang telah diberi label, ditambahkan 1 mL larutan enzim pada masing-masing tabung eppendorf yang berisi nasi dan dihaluskan menggunakan stik, setelah diperoleh sampel nasi yang homogen dengan enzim, ditambahkan 2 buah glass balls pada sampel dan kemudian divortex.

3.5.4 Pengukuran Glukosa Tersedia Cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG)

Metode pengukuran dan kalkulasi kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) dilakukan berdasarkan metode Englyst, *et al.* (2006) meliputi: Sampel yang telah disiapkan dilarutkan dalam eppendorf tube 1.5 mL kemudian diinkubasi menggunakan *shaker incubator* selama 20 menit pada suhu 37 °C 250 rpm kemudian disimpan dalam suhu ruangan selama 1 jam. masing-masing sampel dilakukan vortex dan diambil 200 µL untuk dipindahkan ke 1.5 mL eppendorf tube yang baru. Sampel yang diuji disentrifugasi menggunakan micro centrifuge pada 12.000 rpm selama 1 menit. Setelah itu, supernatant dipindahkan sebanyak 100 µL ke tube baru yang berisi 900 µL alcohol absolut yang kemudian divortex dan disentrifugasi pada kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit. Sampel yang diperoleh diambil bagian supernatant sebanyak 50 µL dan ditempatkan pada 2.0 mL eppendorf tube yang berisi 1.5 mL larutan GOPOD. Larutan yang diperoleh kemudian diinkubasi pada suhu 50°C dan dilakukan vortex kembali. Sebanyak 200 µL larutan

sampel dipindahkan pada 96 microplate dan dilakukan pengukuran menggunakan *microplate reader* pada gelombang 510 nm. Kalkulasi nilai RAG diperoleh berdasarkan persamaan:

$$\text{Glukosa (\%)} = \frac{A(t)VC}{A(s)W} \quad (1)$$

Keterangan:

A(t) = nilai absorbansi sampel

V = volume larutan sampel (ml)

C = nilai konsentrasi standar (gr/100gr)

A(s) = nilai absorbansi standar

W = berat sampel (mg)

Nilai glukosa hasil pengukuran RAG direpresentasikan sebagai persamaan G20 yaitu untuk merepresntasikan nilai glukosa RAG yang diukur pada menit ke-20 setelah pereaksian:

$$\text{RAG} = \text{G20} \quad (2)$$

Hasil pengukuran RAG dikalkulasikan menggunakan Ms. Excel 2010 untuk mendapatkan nilai rata-rata beserta standar deviasinya yang diterpretasikan dalam bentuk diagram batang.

3.5.4 Pengukuran Glukosa Tersedia Cepat atau *Slowly Available Glucose* (SAG)

Metode pengukuran dan kalkulasi kadar glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) dilakukan berdasarkan metode Englyst, *et al.* (2006) meliputi: Sampel yang telah dilarutkan dengan larutan enzim di dalam eppendorf tube 1.5 mL diinkubasi menggunakan shaker incubator selama 120 menit pada suhu 37 dan langsung dilakukan vortex. Masing-masing larutan sampel diambil sebanyak 200 μL untuk dipindahkan ke 1.5 mL eppendorf tube yang baru. Sampel yang diuji disentrifugasi menggunakan micro centrifuge pada 12.000 rpm selama 1 menit. Setelah itu, supernatant dipindahkan sebanyak 100 μL ke tube baru yang berisi 900 mL alcohol absolut yang kemudian divortex dan disentrifugasi pada kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit. Sampel yang diperoleh diambil bagian supernatant sebanyak 50

μL dan ditempatkan pada 2.0 mL eppendorf tube yang berisi 1.5 mL larutan GOPOD. Larutan yang diperoleh kemudian diinkubasi pada suhu 50°C dan dilakukan vortex kembali. Sebanyak 200 μL larutan sampel dipindahkan pada 96 microplate dan dilakukan pengukuran menggunakan microplate reader pada gelombang 510 nm. Kalkulasi nilai SAG diperlakukan sebagaimana pengukuran RAG.

Perbedaan pada pengukuran parameter SAG adalah berdasarkan persamaan:

$$\text{SAG} = \text{G120} - \text{G20} \quad (3)$$

Nilai SAG diperoleh dari hasil pengurangan nilai glukosa yang diukur pada menit ke-120 (G120) yang dikurangi dengan nilai glukosa pada menit ke-20 (G20) yang merepresentasikan nilai RAG. Hasil pengukuran RAG dikalkulasikan menggunakan Ms. Excel 2010 untuk mendapatkan nilai rata-rata beserta standar deviasinya yang diinterpretasikan dalam bentuk diagram batang.

3.5.6 Pengukuran Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS)

Metode pengukuran dan kalkulasi kadar pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) dilakukan berdasarkan metode Englyst, *et al.* (2006) meliputi: Sampel yang digunakan untuk mengukur pati resisten adalah sama dengan sampel SAG (Sisa larutan setelah diambil 200 μL untuk SAG) larutan yang tersisa dihentikan reaksinya dengan cara diinkubasi pada dry bath bersuhu 100°C selama 30 menit. perlakuan dilanjutkan dengan melakukan vortex sampel dan disimpan pada es selama 15 menit, sebanyak 430 μL KOH ditambahkan pada masing-masing sampel dan disimpan pada es kembali dengan terus dilakukan vortex setiap 10 menit sekali selama 30 menit. Sebanyak 200 μL sampel dipindahkan pada 15 mL falcon tube yang berisi 2 mL asam asetat dan kemudian ditambahkan enzim Amyloglucosidase (3200 U/mL). Setiap larutan sampel divortex dan diinkubasi pada suhu 70°C pada kecepatan 250 rpm selama 30 menit kemudian dididihkan pada suhu 100°C selama 10 menit, sampel yang diperoleh kemudian diambil 1 mL dan dipindahkan pada 1.5 mL eppendorf tube dan disentrifugasi kembali pada 12.000 rpm selama 3 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian diambil 50 μL dan dilarutkan pada 2.0 mL eppendorf tube yang berisi 1.5 mL larutan GOPOD dan diinkubasi pada suhu 50°C selama 10 menit.

Larutan hasil inkubasi kemudian dipindahkan sebanyak 200 μL dan ditempatkan pada 96 microplate untuk dilakukan pengukuran menggunakan microplate reader pada gelombang 510 nm.

Pengukuran RS dilakukan sedikit berbeda dengan kedua parameter sebelumnya yaitu dengan menggunakan nilai glukosa total / *Total Glucose* (TG) dan dilakukan pengalihan menggunakan faktor 0.9 sebagai konversi nilai glukosa ke polisakarida, sedangkan nilai glukosa total sendiri diperoleh dengan persamaan yaitu :

$$\text{TG} = \frac{A(t)VC}{A(s)W} \times 13.55 \quad (4)$$

$$\text{RS} = 0.9 (\text{TG} - \text{G120}) \quad (5)$$

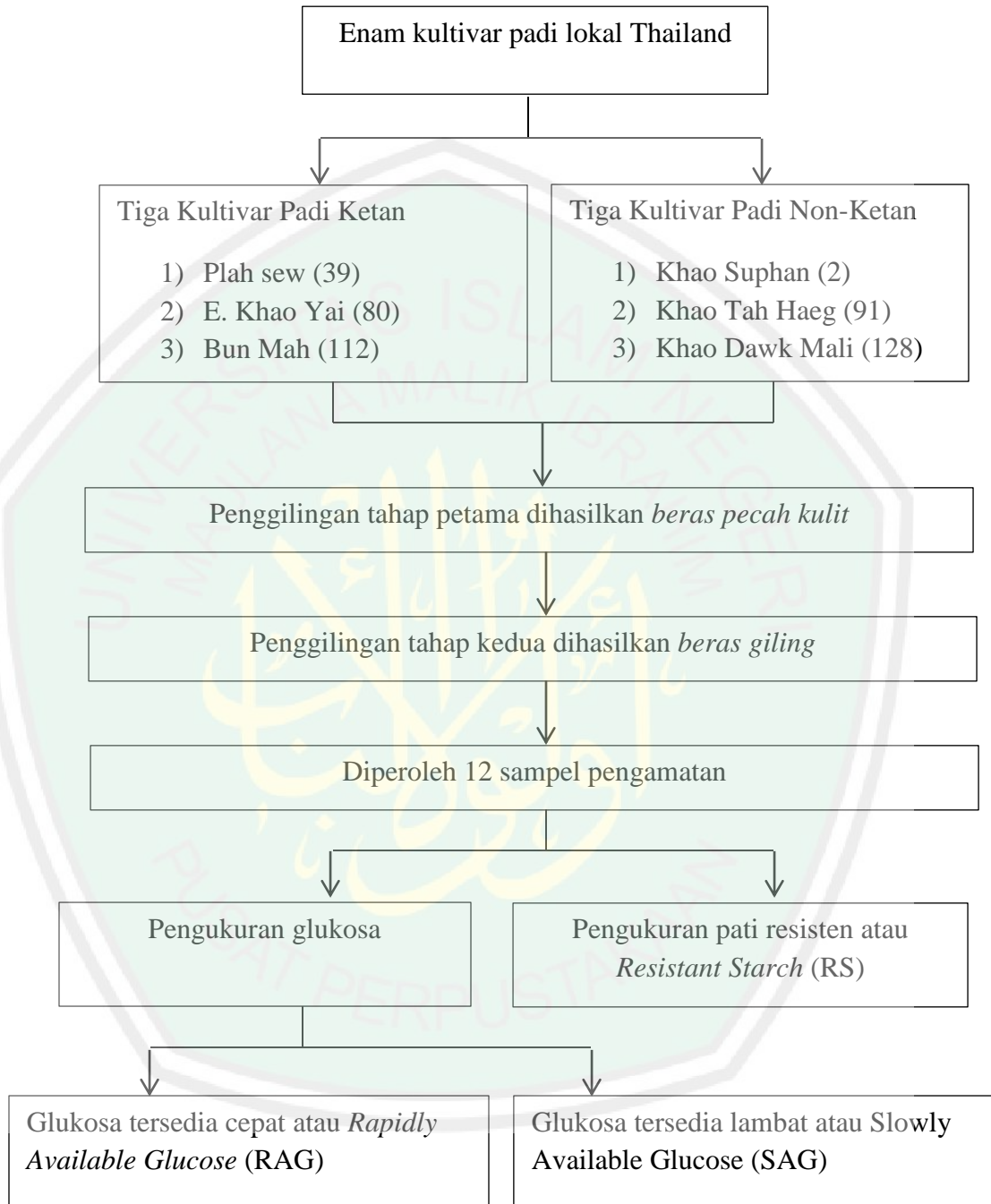
Hasil pengukuran RS dikalkulasikan menggunakan Ms. Excel 2010 untuk mendapatkan nilai rata-rata beserta standar deviasinya yang diinterpretasikan dalam bentuk diagram batang.

3.6 Analisis Data

Data yang diamati merupakan data kuantitatif yang diperoleh dari tiga parameter penelitian meliputi kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG), glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) dan pati resisten atau *Resistant Starch* (RS). Data dianalisis menggunakan analisis statistik *Two Way ANOVA* dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range test* (DMRT) dan taraf signifikansi $p < 0.05$ menggunakan software SPSS 16.0.

3.7 Kerangka Pemikiran

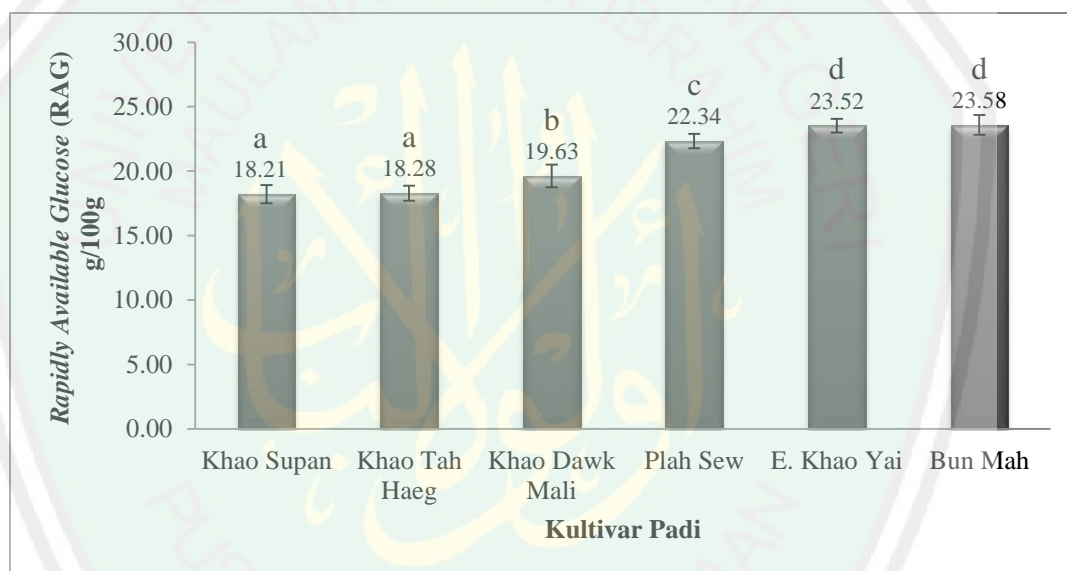
Secara garis besar, kerangka penelitian ini adalah sebagai berikut:



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Glukosa Tersedia Cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG)

Perbedaan macam kultivar berpengaruh terhadap hasil pengukuran glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG). Pengukuran RAG dilakukan pada menit ke-20 setelah pereaksian sampel dengan enzim. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan diketahui bahwa padi kultivar *Khao Supan* merupakan kultivar dengan rata-rata nilai RAG terendah sebesar 18.21 ± 0.71 g/100g, sedangkan padi kultivar *Bun Mah* merupakan kultivar dengan rata-rata nilai RAG tertinggi sebesar 23.58 ± 0.77 g/100g (Gambar 4.1).

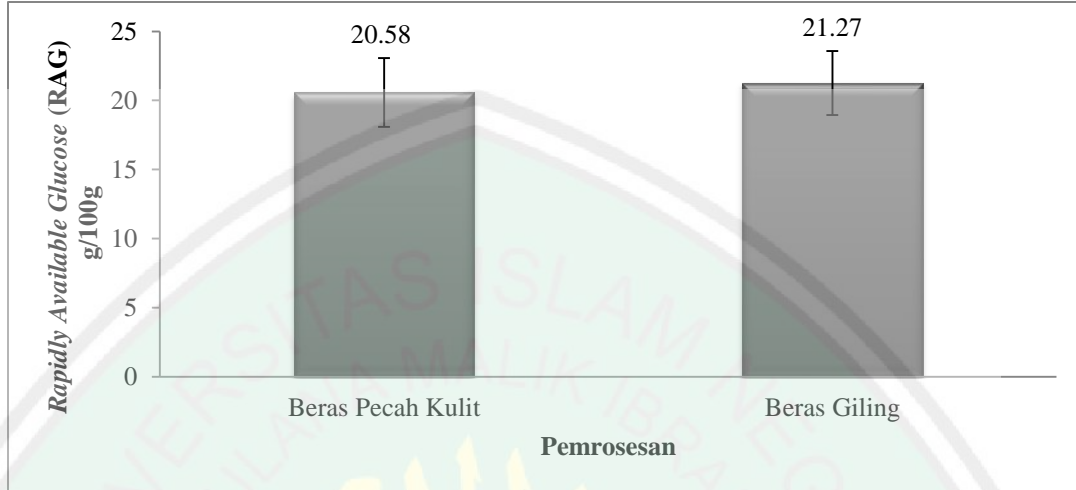


Gambar 4.1 Kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) pada enam kultivar padi lokal Thailand dengan pemrosesan beras pecah kulit.

(Keterangan: perbedaan notasi huruf menunjukkan signifikansi berdasarkan DMRT $p < 0.05$)

Perlakuan pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap hasil pengukuran RAG. Pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit menunjukkan hasil RAG yang lebih rendah dibandingkan dengan beras giling. Nilai rata-rata yang diperoleh dari pengukuran

RAG beras pecah kulit adalah sebesar 20.58 ± 2.51 g/100g dan 21.27 ± 2.32 g/100g untuk hasil pengukuran beras giling (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Kadar glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.

Perbedaan signifikan nilai RAG yang diperoleh dari enam macam kultivar padi dipengaruhi oleh komposisi fisikokimiawi masing-masing kultivar berupa amilosa dan amilopektin. Menurut Indrasari *et al.*, (2010) setiap jenis padi memiliki variasi proporsi amilosa-amilopektin yang berbeda, sehingga menyebabkan indeks glikemik setiap padi berbeda pula. Klasifikasi padi berdasarkan proporsi amilosa-amilopektin dikelompokkan sebagai padi ketan dan non ketan. Padi ketan merupakan kelompok padi dengan kandungan amilopektin yang lebih dominan sebesar 88-89% dibandingkan kandungan amilosa yang hanya berkisar 1-2% (Suriani, 2015).

Padi dari kelompok ketan (*Plah sew*, *E. Khao Yai* dan *Bun Mah*) merupakan kelompok padi yang secara konsisten menunjukkan nilai RAG lebih tinggi dari tiga kultivar lainnya yang merupakan padi non ketan (*Khao Supan*, *Khao Tah Haeg*, dan *Khao Dawk Mali*). Hal ini disebabkan oleh struktur percabangan amilopektin yang dapat terhidrolisis lebih cepat daripada struktur amilosa yang tersusun kompak dan linear (Setyaningsih *et al.*, 2015). Komponen amilopektin pada kelompok padi ketan lebih cepat terurai ketika terjadi reaksi hidrolisis pati oleh enzim (Kurasawa *et al.*,

2014). Potensi ini menyebabkan glukosa yang dihidrolisis dari pati padi ketan dapat memproduksi glukosa secara lebih cepat dan menghasilkan nilai RAG yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Indrasari *et al.*, (2010) yang melakukan pengamatan indeks glikemik pada kelompok padi ketan dan non ketan. Padi ketan diketahui memiliki indeks glikemik yang lebih tinggi dari padi non ketan. Keterkaitan antara RAG dan Indeks Glikemik (IG) diketahui dari hasil penelitian Englyst *et al.*, (1999) bahwa nilai IG berkorelasi positif dengan peningkatan nilai RAG suatu makanan. Makanan dengan nilai IG tinggi berpotensi memiliki nilai RAG yang tinggi pula begitupun sebaliknya.

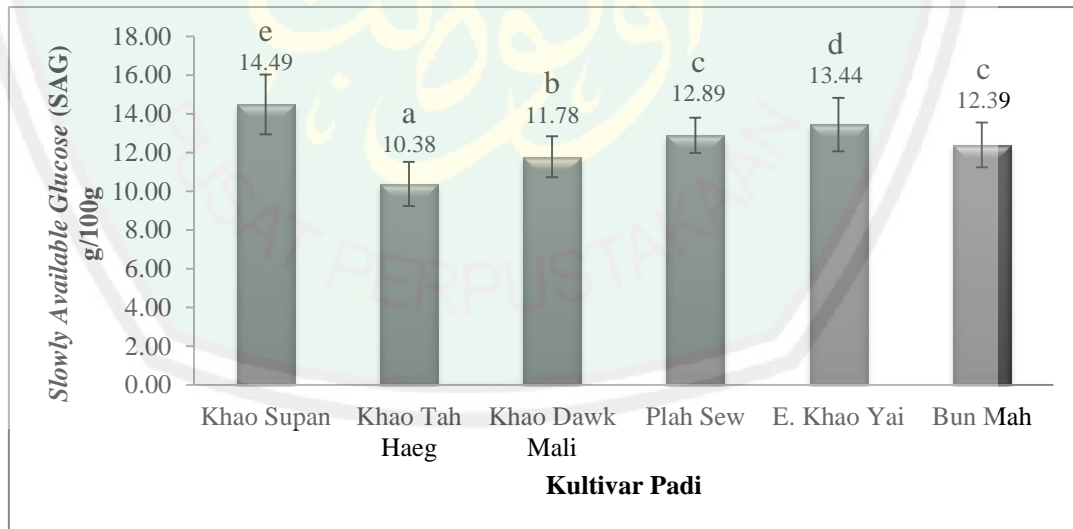
Perlakuan pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling menunjukkan nilai RAG lebih tinggi pada beras giling dibandingkan dengan beras pecah kulit. Hal ini menunjukkan pemrosesan yang menyebabkan perubahan struktur dan integritas anatomi padi turut mempengaruhi proses hidrolisis pati (Nambi *et al.*, 2017). Hilangnya bagian aleuron pada beras giling dapat mempermudah kontak pati dengan enzim saat proses hidrolisis terjadi, hilangnya barrier ini menjadikan proses hidrolisis pati dapat berlangsung dengan lebih mudah dan cepat (Pletsch & Hamaker, 2018). Kemudahan proses hidrolisis pati beras giling berpotensi menghasilkan ketersediaan glukosa secara lebih cepat, sehingga menghasilkan nilai RAG yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras pecah kulit.

Secara umum masyarakat lebih banyak mengkonsumsi beras dari hasil pemrosesan beras giling dari pada beras pecah kulit. Hal ini dikarenakan penghilangan lapisan aleuron pada beras giling dapat menghasilkan tekstur yang lebih lembut saat dikonsumsi serta warna yang lebih bersih, sehingga lebih menarik perhatian konsumen (Cleveland *et al.*, 2000), namun menurut Mohan *et al.*, (2014) beras pecah kulit justru lebih direkomendasikan dari pada beras giling karena selain memiliki nilai RAG yang relatif rendah, lapisan aleuron yang melapisi beras pecah kulit juga mengandung nutrisi tinggi sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih bagi kesehatan.

Pengukuran nilai RAG pada beberapa kultivar padi dengan hasil pemrosesan beras giling dan beras pecah kulit penting untuk dilakukan karena dapat menjadi informasi penting untuk menentukan opsi makanan agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan konsumen. Padi dengan nilai RAG rendah direkomendasikan untuk para penderita diabetes mellitus yang membutuhkan kontrol glukosa darah rendah agar bisa diimbangi dengan respon insulin di dalam tubuh (Englystl *et al.*, 1996). Padi dengan nilai RAG tinggi diperlukan oleh olahragawan untuk mempercepat pemulihan energi pasca pertandingan ataupun pelatihan (Burke *et al.*, 1996).

4.2 Glukosa Tersedia Lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG)

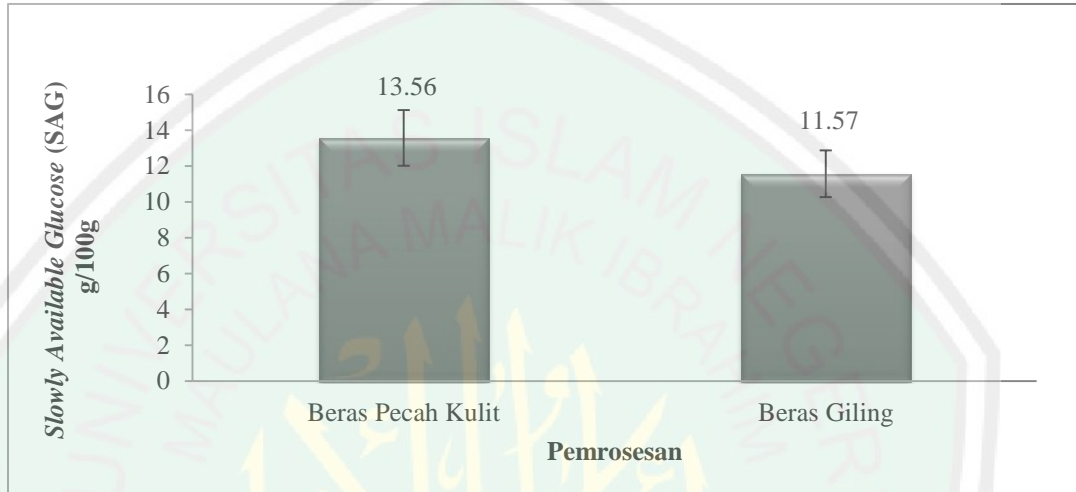
Hasil penelitian kandungan glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada enam macam kultivar padi menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Masing-masing kultivar menunjukkan perbedaan yang signifikan kecuali pada kultivar *Plah Sew* dan *Bun Mah* yang menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Kultivar *Khao Supan* dideteksi sebagai kultivar dengan nilai SAG tertinggi sebesar 14.49 ± 1.54 g/100g, sedangkan kultivar *Khao Tah Haeg* dideteksi sebagai kultivar dengan nilai SAG terendah sebesar 10.38 ± 1.14 g/100g (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Kadar glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada enam kultivar padi lokal Thailand.

(Keterangan: perbedaan notasi huruf menunjukkan signifikansi berdasarkan DMRT $p < 0.05$)

Perlakuan pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling diperoleh hasil yang berbeda nyata antar perlakuan. Pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit menghasilkan nilai SAG yang lebih tinggi senilai 13.56 ± 1.55 g/100g dibandingkan dengan hasil pemrosesan beras giling sebesar 11.57 ± 1.30 g/100g (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Kadar glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.

Hasil perbedaan signifikan yang diperoleh dari hasil pengukuran nilai SAG pada enam macam kultivar disebabkan oleh komposisi struktur penyusun pati masing-masing kultivar yang diduga memiliki nilai yang bervariasi. Sesuai dengan Indrasari *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa jenis padi yang berbeda membawa sifat fisikokimiawi yang berbeda pula. Kandungan fisikokimiawi amilosa-amilopektin merupakan komponen penyusun pati utama yang menjadi bahan untuk hidrolisis menjadi produk glukosa. Namun dalam penelitian ini hanya dilakukan pengukuran terhadap nilai SAG saja tanpa menyertakan pengukuran kandungan amilosa-amilopektin masing-masing kultivar, sehingga profil pembeda antar kultivar belum dapat dilihat secara pasti.

Amilopektin diketahui sebagai komponen pati yang lebih mudah terurai, sedangkan amilosa merupakan komponen pati yang lebih resisten. Proporsi amilosa-amilopektin yang bervariasi antar kultivar diketahui berperan dalam menentukan

derajat gelatinisasi (Zhang *et al.*, 2008). Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dapat diasumsikan bahwa kultivar dengan nilai SAG yang lebih tinggi memiliki komponen amilosa yang lebih banyak daripada kultivar dengan nilai SAG rendah.

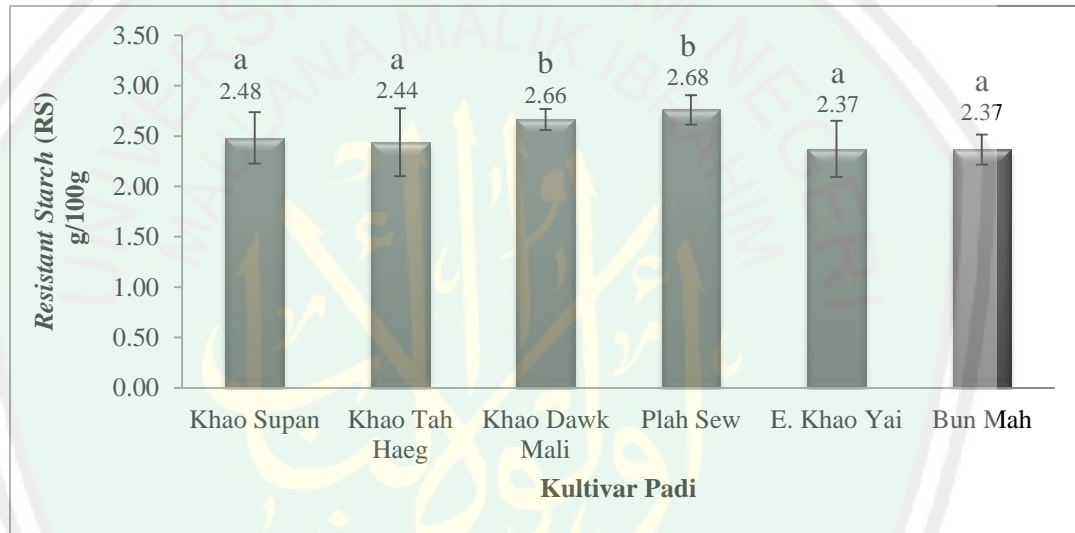
Perlakuan pemrosesan beras pecah kulit menghasilkan nilai SAG yang lebih tinggi secara signifikan dari pada beras giling dikarenakan komponen aleuron yang masih menempel pada beras pecah kulit dapat menjadi penghambat ataupun penghalang antar komponen pati dengan enzim pankreatik yang digunakan dalam proses hidrolisis (Chethan & Malleshi, 2007). Hadirnya lapisan aleuron pada beras pecah kulit dapat mempertahankan laju pencernaan pati sehingga diperoleh nilai SAG yang lebih tinggi (Sharma *et al.*, 2017).

Proporsi amilosa-amilopektin pada padi merupakan faktor utama yang membedakan kecepatan pencernaan pati menjadi glukosa. Padi dengan komponen pati yang didominasi amilosa akan menghasilkan produk glukosa dalam waktu yang lebih lambat dari pada padi dengan komponen pati amilopektin (Indrasari *et al.*, 2010), sehingga nilai SAG yang dihasilkan cenderung lebih tinggi sementara nilai RAG lebih rendah. Sebagaimana yang dipaparkan oleh Englyst *et al.*, (2006) bahwa dalam kaitannya terhadap penentuan Indeks Glikemik makanan, nilai RAG berkorelasi positif terhadap Indeks Glikemik dan berkorelasi negatif terhadap nilai SAG.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, padi kultivar *Khao Supan* merupakan kultivar yang direkomendasikan untuk pasien penderita diabetes. Pertimbangan ini berdasarkan perbandingan antar nilai SAG dan RAG yang dimiliki, padi kultivar *Khao Supan* secara konsisten menunjukkan nilai SAG tertinggi, sementara nilai RAG nya paling rendah. Kultivar ini merupakan kelompok padi non ketan yang diketahui memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi sehingga derajat gelatinisasinya relatif rendah, sehingga sesuai untuk dijadikan kandidat produk makanan yang direkomendasikan bagi konsumen yang membutuhkan mekanisme rendah respon glikemik, khususnya pasien penderita diabetes.

4.3 Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS)

Perbedaan enam macam jenis kultivar padi menunjukkan adanya pengaruh terhadap pengukuran nilai pati resisten atau *Resistant Starch* (RS). Kandungan RS yang diperoleh pada semua kultivar berkisar antara 2.37-2.68 g/100g. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan terdapat dua kultivar yang memiliki nilai RS tertinggi dengan perbedaan yang tidak signifikan, yaitu kultivar *Khao Dawk Mali* sebesar 2.66 ± 0.11 g/100g dan kultivar *Plah Sew* sebesar 2.68 ± 0.09 g/100g, sementara kultivar *Bun Mah* memiliki nilai RS terendah yaitu sebesar 2.37 ± 0.15 g/100g merupakan kelompok padi ketan (Gambar 4.5).



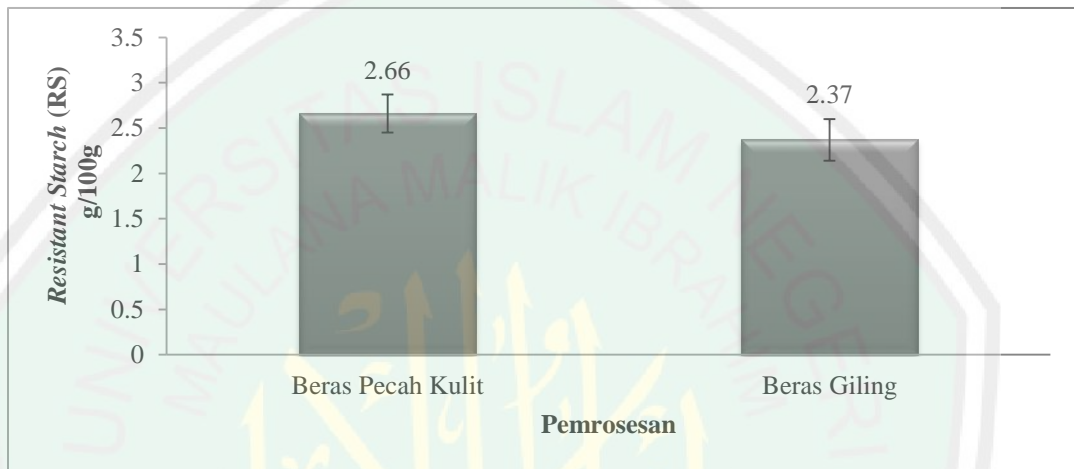
Gambar 4.5 Kadar pati resisten atau *Resistant Starch* (RS) pada enam kultivar padi lokal Thailand.

(Keterangan: perbedaan notasi huruf menunjukkan signifikansi berdasarkan DMRT $p < 0.05$).

Pengaruh yang ditunjukkan oleh perlakuan macam kultivar terhadap nilai RS menunjukkan adanya mekanisme retrogradasi pada molekul penyusun pati masing-masing kultivar. Yang *et al.*, (2006) memaparkan bahwa kandungan pati resisten pada padi diperoleh dari proses retrogradasi pati baik pada molekul amilosa maupun amilopektin. Pati resisten yang terkandung dalam padi merupakan pati resisten golongan tiga (RS3) yang diperoleh akibat retrogradasi pasca gelatinisasi atau karena pengaruh penurunan suhu (Haralampu, 2000). Pati resisten tipe tiga (RS3)

ini diketahui lebih stabil dan tahan terhadap pengaruh kenaikan suhu (Setiarto *et al.*, 2018).

Pemberian perlakuan pemrosesan juga memberikan pengaruh terhadap hasil pengukuran RS dengan perbedaan signifikan. Beras pecah kulit dideteksi memiliki nilai RS sebesar 2.66 g/100 g, sementara beras giling dideteksi memiliki nilai RS sebesar 2.37 g/100 g (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Kadar pati resiten atau *Resistant Starch* (RS) pada hasil pemrosesan padi menjadi beras pecah kulit dan beras giling.

Perbedaan antar kultivar tidak ditemukan tidak berbeda jauh, dalam penelitian ini diperoleh nilai RS dengan rentang 2.37-2.68 g/100 g. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Englyst *et al.*, (1996) diketahui nilai RS pada padi yang diberi perlakuan proses pemasakan setengah matang dan matang diperoleh nilai RS yang berkisar antara 1-2 g/100 g sampel. Wiruch *et al.*, (2019) juga melakukan penelitian RS pada beberapa kultivar padi dengan pemrosesan beras pecah kulit yang diberikan perlakuan suhu diperoleh nilai RS berkisar antara 2.03-2.64 g/100g sampel.

Perlakuan pemrosesan memberikan pengaruh terhadap nilai RS padi menunjukkan adanya lapisan aleuron juga memberikan pengaruh resistensi pencernaan yang dapat menjadi penghalang kontak antara pati dan enzim sebagaimana pada parameter SAG. Hubungan antara RS dan SAG diketahui memiliki korelasi positif (Englyst *et al.*, 2006). Menurut Ekafitri (2017) perlakuan-

perlakuan yang diberikan untuk peningkatan kadar SAG secara tidak langsung dapat meningkatkan kadar RS pula. Hal ini dikarenakan keduanya memiliki sifat pencernaan yang serupa, yaitu keduanya dapat memperlambat respon glikemik sehingga dapat diimbangi dengan kadar insulin di dalam tubuh, sehingga dapat memperkecil resiko diabetes mellitus (Wolever & Mehling, 2002). Perbedaan diantara keduanya terletak pada produk akhir pencernaan SAG adalah tetap terproduksi glukosa dalam rentang waktu yang lebih lambat, sementara RS tetap berbentuk pati hingga memasuki bagian usus besar (McCleary *et al.*, 2002).

Konsumsi pati resisten sangat direkomendasikan bagi kesehatan, karena selain memiliki fungsi kontrol glukosa, pati resisten juga dapat berfungsi sebagai prebiotik karena memiliki sifat yang tahan terhadap enzim pencernaan, sehingga tidak terabsorpsi saat melewati saluran gastrointestinal (Roberfroid, 2018). Pati resisten dapat menjadi substrat selektif bagi bakteri prebiotik seperti *Bifidobacterium bifidum* dan *Lactobacillus plantarum*, serta dapat meningkatkan aktivitas mikroflora dan mereduksi konstipasi. (Toma & Pokrotnieks, 2006).

4.4 Hasil Penelitian Kadar Glukosa dan Pati Resisten pada Padi dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian kadar glukosa dan pati resisten yang diperoleh dari enam kultivar padi lokal Thailand pada kondisi beras pecah kulit dan beras giling menunjukkan adanya hasil yang berbeda pada masing-masing parameter yang diamati dari setiap jenis dan perlakuan pemrosesan padi. Padi putih diketahui memiliki nilai RAG lebih rendah dari pada padi ketan, sedangkan nilai SAG serta RS cenderung lebih tinggi. Sementara dari segi pemrosesan beras pecah kulit memiliki nilai RAG yang lebih rendah jika dibandingkan dengan padi hasil pemrosesan giling, begitu pula dengan nilai SAG dan RS cenderung lebih tinggi.

Perbedaan nilai hasil pengukuran yang berbeda dari masing-masing padi yang diamati menunjukkan adanya kelebihan antara satu dengan yang lainnya. Sebagaimana yang Allah firmankan dalam Q.S Ar-Ra'd (13) ayat 4 yang berbunyi:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَبِّرَاتٌ وَجَنَّتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ
يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضْلٌ بَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: “Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanam-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berakal” (Ar-Ra’d (13) : 4).

Berdasarkan ayat tersebut dapat diketahui bahwa pada dasarnya Allah telah menciptakan tumbuh-tumbuh dengan suatu antara satu dengan yang lainnya, hal ini dapat diketahui pada penggalan ayat *يسقى بما واحد و نفضل بعضها على بعض*. Penggalan ayat ini memiliki arti terjemahan berupa “(tanaman) yang disirami dengan air yang sama, kami melebihkan sebagian tanam-tanaman atas sebagian yang lain” berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa variasi hasil pengukuran yang diperoleh dari pengamatan beberapa kultivar padi merupakan suatu keniscayaan dari tanda kebesaran Allah yang telah menciptakan suatu kultivar padi dengan karakter yang berbeda antar satu dengan yang lainnya, walaupun sejatinya dalam perawatannya diperlakukan dengan cara yang sama. Dalam ayat ini ditekankan dengan kata “(tanaman) yang disirami dengan air yang sama” tetapi menghasilkan kualitas yang berbeda.

Halim (2015) menyebutkan bahwa kelebihan yang dimiliki tumbuhan disini dapat berupa rasa, warna, maupun kualitasnya. Kualitas disini dapat dipahami sebagai perbedaan komponen masing-masing tumbuhan sehingga diperoleh kualitas yang lebih unggul antara satu tumbuhan dengan yang lainnya, yang pada penelitian ini dapat ditarik pemahaman pada perbedaan kadar dan rentang ketersediaan glukosa serta pati resisten yang terdapat pada masing-masing kultivar.

Sedangkan dalam tafsir Al-Muyassar disebutkan bahwa kelebihan antar tanaman disini yang dimaksud adalah kebermanfaatannya, tafsir ini juga cukup relevan dengan hasil penelitian yang dilakukan dimana perbedaan kadar glukosa dan pati dari masing-masing kultivar dapat memberikan efek tertentu bagi kesehatan dan kebutuhan asupan energi bagi tubuh, dimana setiap padi memiliki kandungan glukosa yang bervariasi yang mengindikasikan indeks glikemik yang bervariasi pula, Burke *et al.*, (1996) menyatakan bahwa makanan dengan nilai indeks glikemik tinggi bermanfaat bagi pemulihan energi atlet pasca latihan, sedangkan (Wolever & Mehling, 2002) menyebutkan bahwa makanan dengan indeks glikemik rendah sangat direkomendasikan bagi pencegahan dan penyembuhan penyakit diabetes

Perbedaan kadar glukosa dan pati resisten pada masing-masing kultivar padi tersebut telah diatur dengan sangat presisi oleh Allah SWT sebagai bentuk tanda kekuasaannya pada penciptaan makhluk di muka bumi ini, sebagaimana yang difirmankannya dalam Q.S Al-Hijr (15) ayat 19-20 yang berbunyi:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوْسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾ وَجَعَلْنَا
لَكُمْ فِيهَا مَعْيِشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

Artinya: “Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya” (Q.S Al-Hijr (15) : 19-20).

Ketentuan ukuran yang Allah ciptakan pada setiap makhluknya merupakan penciptaan terbaik yang paling presisi dan sangat sesuai dengan kebutuhan hamba-hambanya, semua ketepatan tersebut merupakan bentuk kasih sayang-Nya sehingga hamba-hambanya mampu untuk melakukan ibadah dan menemukan jalan untuk kembali kepada Allah dan selalu berada di jalan yang diridhai-Nya, termasuk di dalamnya adalah ketentuan proporsi amilosa-amilopektin yang terkandung dalam berbagai jenis padi, dimana diketahui proporsi amilosa pada padi putih lebih tinggi daripada padi ketan memungkinkan jenis padi putih memiliki indeks glikemik yang

moderat dan bahkan rendah sehingga tepat digunakan untuk konsumsi sehari-hari sebagai sumber supply energi dalam menjalankan aktivitas dan proses metabolisme tanpa respon glikemik yang berlebihan.

Fenomena bervariasinya proporsi kandungan glukosa dan pati pada beberapa kultivar padi merupakan tanda yang Allah sematkan di alam melalui tumbuhan padi untuk membangkitkan peran akal sebagai salah satu anugerah terbesar yang Allah berikan untuk hambanya agar bisa digunakan untuk memahami tanda-tanda kekuasaan-Nya yang secara tidak langsung juga mengandung perintah untuk terus memperhatikan, meneliti dan memahami berbagai ayat kauniyah yang Allah firmankan melalui alam semesta. Hal ini Allah sampaikan melalui firman-Nya dalam Q.S Al-An'am (6) ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا
خُجْرًا مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي
ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”. (Q.S Al-An'am (6) : 99).

Penggalan kalimat yang berbunyi *أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ* memiliki terjemahan “*perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya*”, kalimat ini didahului dengan fi'il Amar yang menunjukkan arti perintah, perintah memperhatikan disini secara terang

mengindikasikan perintah untuk meneliti dan memahami yang dalam hal ini dapat dilakukan melalui metode saintifik penelitian untuk mencapai suatu kesimpulan pengetahuan. Objek yang ditekankan dalam ayat ini adalah pada kematangan buah yang dalam hal ini juga berlaku pada buah padi ketika matang yang dapat dipanen menjadi gabah dan diproses menjadi beras sebelum kemudian dapat dimasak untuk dikonsumsi, objek padi sebagai buah matang dari tanaman padi merupakan objek menarik untuk diteliti terkait di dalamnya memiliki berbagai kandungan dan manfaat serta berbagai keunikan yang kedepannya masih perlu untuk dikaji dan diteliti lebih lanjut, sehingga dapat dikuak dengan lebih dalam berbagai tanda-tanda kekuasaan-Nya serta sebagai bentuk taat terhadap perintahnya yang telah dituangkan dalam Q.S Al-An'am ayat 99 di atas.

Variasi proporsi glukosa dan pati padi telah Allah rancang sebagai tanda kebesaran Allah untuk hamba-hambanya yang mau berfikir dan mengambil pelajaran, Firman Allah dalam Q.S Al-Jatsiyah (45) ayat 13 berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: “Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir”. (Q.S Al-Jatsiyah (45) : 13).

Penegasan Allah terhadap perintah untuk memikirkan tanda-tanda kebesaranNya berulang kali disebutkan dalam al-Qur'an. Tanda-tanda yang Allah berikan tidak hanya dalam untaian lafadz al-Qur'an tetapi juga tersemat dalam berbagai fenomena alam, tidak terkecuali dalam penciptaan, proses perkembangan dan pertumbuhan makhluk hidup baik manusia, hewan maupun tumbuhan. Khusus dalam pertumbuhan berbagai tumbuhan Allah firmankan dalam al-Qur'an Q.S Al-Waqi'ah (56) ayat 63-64 yang berbunyi:

أَفَرَأَيْتُمْ مَا تَحْرُثُونَ ﴿١٣﴾ ءَأَنْتُمْ تَزْرَعُونَهُ أَمْ نَحْنُ الَّذِينَ نَزَّرَعُونَ ﴿١٤﴾

Artinya: “Maka Terangkanlah kepadaku tentang yang kamu tanam. kamukah yang menumbuhkannya atau kamikah yang menumbuhkannya?” (Q.S Al-Waqi’ah (56): 63-64)

Kalimat istifham yang digunakan dalam ayat ini bukanlah berarti pertanyaan atas ketidak tahuan, melainkan penegasan atas suatu kepastian bahwa hanya Allah lah yang berkuasa atas setiap pertumbuhan tumbuhan. Dimana setiap keteraturan yang Allah aturkan merupakan bentuk kasih sayang Nya terhadap setiap makhluk untuk memenuhi hajat-hajat kehidupan mereka, kesadaran akan kasih sayang Allah ini yang kemudian akan menuntun untuk kembali kepada Allah SWT dengan meningkatnya iman dan taqwa.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perbedaan kultivar dan jenis pemrosesan berpengaruh nyata terhadap glukosa tersedia cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG), nilai RAG terendah ditemukan pada kultivar *Khao Supan* sebesar 18.21 ± 0.71 g/100g dengan pemrosesan beras pecah kulit.
2. Perbedaan kultivar dan jenis pemrosesan berpengaruh nyata terhadap glukosa tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG), nilai SAG tertinggi ditemukan pada kultivar *Khao Supan* sebesar 14.49 ± 1.54 g/100g dengan pemrosesan beras pecah kulit.
3. Perbedaan kultivar dan jenis pemrosesan berpengaruh nyata terhadap pati resiten atau *Resistant Starch* (RS). nilai RS tertinggi ditemukan pada dua kultivar, kultivar *Khao Dawk Mali* sebesar 2.66 ± 0.11 g/100g dan kultivar *Plah Sew* sebesar 2.68 ± 0.09 g/100g keduanya dilakukan dengan pemrosesan beras pecah kulit.

5.2 Saran

Saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dilakukan pengukuran kadar amilosa-amilopektin pada setiap kultivar untuk dapat memvalidasi kadar RAG, SAG dan RS dari setiap kultivar padi.
2. Penelitian mengenai pengukuran kadar glukosa dan pati resisten juga perlu dilakukan pada kultivar-kultivar padi lokal Indonesia, sehingga informasi yang diperoleh dapat diimplementasikan oleh masyarakat Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- An-Najjar, Zaglul. (2012). *Ensiklopedia Mukjizat Ilmiah Al-Qur'an dan Hadis*. Jakarta: PT. Ikrarmandiri Abadi.
- Argyri, K., Athanasatou, A., Bouga, M., & Kapsokefalou, M. (2016). The potential of an in vitro digestion method for predicting glycemic response of foods and meals. *Nutrients*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/nu8040209>
- Ariandi. (2016). Pengenalan Enzim Amilase (Alpha-Amylase) Dan Reaksi Enzimatiknya MEnghidrolisis Amilosa Pati Menjadi Glukosa. *Jurnal Dinamika*, 07(1), 74–82.
- Arsyadi, A. (2018). Analisis enzim pencernaan NIM Asisten Kelompok : Ahmad Arsyadi Program Studi Biologi *Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*. November.
- Ayabe, S., Kasai, M., Ohishi, K., & Hatae, K. (2009). Textural Properties and Structures of Starches from Indica and Japonica Rice with Similar Amylose Content. *Food Science Technology Research*, 15(3), 299–306.
- Barham, D., & Trinder, P. (1972). An improved colour reagent for the determination of blood glucose by the oxidase system. *The Analyst*, 97(1151), 142–145. <https://doi.org/10.1039/an9729700142>
- Bray, Park, B. bussiness, & Wicklow, C. (2020). *Megazyme - Glucose Oxidase Assay Procedure* (Vol. 20).
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K. N., Gibbs, A. L., Lang, V., Slama, G., & Wolever, T. M. S. (2005). Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18(1), 145–171. <https://doi.org/10.1079/nrr2005100>
- Burke, L. M., Collier, G. R., Davis, P. G., Fricker, P. A., Sanigorski, A. J., & Hargreaves, M. (1996). Muscle glycogen storage after prolonged exercise: Effect of the frequency of carbohydrate feedings. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 115–119. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.1.115>
- Chaudhari, P. R., Tamrakar, N., Singh, L., Tandon, A., & Sharma, D. (2018). *Rice nutritional and medicinal properties : A review article*. 7(2), 150–156.
- Chethan, S., & Malleshi, N. G. (2007). Finger millet polyphenols: Optimization of extraction and the effect of pH on their stability. *Food Chemistry*, 105(2), 862–870. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.012>

- Cleveland, L. E., Moshfegh, A. J., Goldman, J. D., & Albertson, A. M. (2000). Dietary intake of whole grains. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(December 2014), 331S-338S. doi.org/10.1080/07315724.2000.10718969.
- Dang, L. T. K., Therdthai, N., & Ratphitagsanti, W. (2018). Improvement of structure and cooking quality of brown rice using ultrasonic and enzymatic treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11), 1–8. https://doi.org/10.1111/jfpp.13814
- Denyer, K. A. Y., Johnson, P., Zeeman, S., & Smith, A. M. (2001). The control of amylose synthesis. *Journal of Plant Physiology*, 158(4), 479–487. https://doi.org/10.1078/0176-1617-00360
- Dianti, R. W. (2010). Organik Mentik Susu Dan Ir64 ; Pecah Kulit Dan Giling. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret.
- Dona, A. C., Pages, G., Gilbert, R. G., & Kuchel, P. W. (2010). Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterise oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers*, 80(3), 599–617. doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.002
- Donggulo, C. V, Lapanjang, Iskandar M., & Made, U. (2017). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Padi (Oryza Sativa L) Pada Berbagai Pola Jajar Legowo Dan Jarak Tanam. *Journal of Agroland*, 24(April), 27–35.
- El-Saha, M. Ishom Dan Hadi, Saiful. (2005) *Sketsa Al-Qur`An*. T.Tp. Lista Fariska Putra.
- Englyst, H. N., Veenstra, J., & Hudson, G. J. (1996). Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of the glycaemic response . *British Journal of Nutrition*, 75(3), 327–337. https://doi.org/10.1079/bjn19960137
- Englyst, K. N., Englyst, H. N., Hudson, G. J., Cole, T. J., & Cummings, J. H. (1999). *Rapidly available glucose in foods : an in vitro measurement that. 1*, 448–454.
- Englyst, K. N., Hudson, G. J., & Englyst, H. N. (2006). Starch Analysis in Food. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 1–17. https://doi.org/10.1002/9780470027318.a1029
- Englyst, K. N., Vinoy, S., Englyst, H. N., & Lang, V. (2003). Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. *British Journal of Nutrition*, 2003, 329–339. https://doi.org/10.1079/BJN2002786

- Englystl, N., Hudson, J., The, G., & Rag, F. (1996). *Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods : a potential in vitro predictor of the glycaemic response*. 327–337.
- Fuadi, M. A. (2016). Ayat-ayat pertanian dalam al- qur‘an. *SKRIPSI*. Jurusan Tafsir dan Hadist. Universitas Islam Walisongo.
- Gourineni, V., Stewart, M. L., Skorge, R., & Sekula, B. C. (2017). Slowly digestible carbohydrate for balanced energy: In vitro and in vivo evidence. *Nutrients*, 9(11), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu9111230>
- Halim, Samir Abdul. (2015). *Ensiklopedia Sains Islami*. Tangerang: PT. Kamil Pustaka.
- Haralampu, S. G. (2000). Resistant starch - a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*, 41(3), 285–292. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00147-2](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00147-2)
- Hendrawan, Y., Ahmad, A. M., Djoyowasito, G., & Marantika, M. E. (2016). Pengkajian Beras Pecah Kulit (Brown Rice) Dalam Kemasan Vakum (Vacuum Packaging) Berdasarkan Ketebalan Plastik Kemasan Jenis Nylon Study of Brown Rice properties during Vacuum Packaging Storage based on the Thickness of Nylon Packaging. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 4(3), 250–261.
- Hermawan, E., & Meylani, V. (2016). Analisis Karakteristik Fisikokimia Beras Putih , Beras Merah dan Beras Hitam. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 15(1).
- Higgins, J. A., Higbee, D. R., Donahoo, W. T., Brown, I. L., Bell, M. L., & Besesen, D. H. (2004). Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. *Nutrition and Metabolism*, 1, 1–11. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-1-8>
- Hizukuri, S. (1986). polymodal Distribution of the Chain of amylopectins, and Its Significance. *Carbohydrate Research*, 147, 342–347.
- Ianiro, G., Pecere, S., Giorgio, V., Gasbarrini, A., & Cammarota, G. (2016). Digestive Enzyme Supplementation in Gastrointestinal Diseases. *Current Drug Metabolism*, 17, 187–193.
- Indrasari, S. D., Purwani, E. Y., Wibowo, P., & Jumali. (2010). Glycemic indices of some rice varieties. *Indonesian Journal of Agriculture*, 3(1), 9–16.

- Kanthi Kiran, K., & Chandra, T. S. (2008). Production of surfactant and detergent-stable, halophilic, and alkalitolerant alpha-amylase by a moderately halophilic *Bacillus* sp. Strain TSCVKK. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *77*(5), 1023–1031. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1250-z>
- Karupaiah, T., Aik, C. K., Heen, T. C., Subramaniam, S., Bhuiyan, A. R., Fasahat, P., Zain, A. M., & Ratnam, W. (2011). A transgressive brown rice mediates favourable glycaemic and insulin responses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(11), 1951–1956. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4395>
- Khatun, A., Waters, D. L. E., & Liu, L. (2019). A Review of Rice Starch Digestibility: Effect of Composition and Heat-Moisture Processing. *Starch*, *1900090*, 1–14. <https://doi.org/10.1002/star.201900090>
- Kurasawa, H., Kanauti, Y., Yamamoto, I., Hayakawa, T., & Igaue, I. (2014). Some Physico-Chemical Properties of Non-Waxy Paddy Rice Starch in Niigata Prefecture. *Agricultural and Biological Chemistry*, *33*(6), 798–806. <https://doi.org/10.1080/00021369.1969.10859386>
- Lin, C. S., Kimokoti, R. W., Brown, L. S., Kaye, E. A., Nunn, M. E., & Millen, B. E. (2012). Methodology for Adding Glycemic Index to the National Health and Nutrition Examination Survey Nutrient Database. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *112*(11), 1843–1851. [10.1016/j.jand.2012.07.035](https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.07.035)
- Mccleary, B. V., Arnouts, S., & Camire, M. E. (2002). Measurement of Resistant Starch by Enzymatic Digestion in Starch and Selected Plant Materials: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, *85*(July 2015). <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.5.1103>
- Miller, B. J. brand, Pang, E., & Broomhead, L. (1995). The glycaemic index of foods containing sugars: comparison of foods with naturally-occurring v . added sugars *. *British Journal of Nutrition*, *73*, 613–623.
- Mohan, V., Spiegelman, D., Sudha, V., Gayathri, R., Hong, B., Praseena, K., Anjana, R. M., Wedick, N. M., Arumugam, K., Malik, V., Ramachandran, S., Bai, M. R., Henry, J. K., Hu, F. B., Willett, W., & Krishnaswamy, K. (2014). Effect of brown rice, white rice, and brown rice with legumes on blood glucose and insulin responses in overweight Asian Indians: A randomized controlled trial. *Diabetes Technology and Therapeutics*, *16*(5), 317–325. <https://doi.org/10.1089/dia.2013.0259>
- Nambi, V. eyarkai, Sharir, S., & Manickavasagan, A. (2017). Brown rice. *Brown Rice, January 2019*, 1–290. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59011-0>

- Noldin, J. A., Chandler, J. M., & McCauley, G. N. (1999). Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes. *Weed Technology*, 13(1), 12–18. <https://doi.org/10.1017/s0890037x00044833>
- Nurhamida, S. S. (2014). Karbohidrat. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 13(2), 38–44.
- Nurhayati, A. D. (2019). Potensi penggunaan metode in vitro dalam memperkirakan pemeringkatan indeks glikemik in vivo. *Indonesian Journal of Human Nutrition*. 6(2), 119-138.
- Nuryani. (2013). The Potential Of Subtitution White Rice With Brown Rice As Pendahuluan Beras. *Media Gizi Masyarakat Indonesia*, 3(3), 157–168.
- Onofre, S. becker, Groff, S. ., Sartori, A., Bertolini, J., Kagimura, F. Y., Rotta, D., Mazzali, L., & Steilmann, P. (2012). Production of α -Amylase and Amyloglucosidase by the Fungus *Cylindrocladium* sp. in Semi-solid State Fermentation.pdf. *Journal of Microbiology Research*, 2(5), 123–126.
- Pérez, S., Baldwin, P. M., & Gallant, D. J. (2009). Starch Granules I. In *Starch* (Third Edit). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00005-7>
- Pletsch, E. A., & Hamaker, B. R. (2017). Brown rice compared to white rice slows gastric emptying in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 367–373. <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0003-z>
- Pletsch, E. A., & Hamaker, B. R. (2018). Brown rice compared to white rice slows gastric emptying in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 367–373. <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0003-z>
- Rahman, Afzalur. (2007). *Ensiklopedia Ilmu dalam Al-Qur'an*. Jakarta: Mizania.
- Rahmat, Y. (2018). Kajian Tafsir Tahlili Terhadap ta'am seabagai Mata'. *SKRIPSI*, Universitas Islam negeri Alauddin Makassar. 24–32.
- Ramadas, M. (1996). *Production Aspergihs regimens of amyloglucosidase by niger under different cultivation*. 12, 267–271.
- Roberfroid, M. (2018). Prebiotics : The Concept Revisited 1 , 2. *The Journal of Nutrition Effects of Probiotics and Prebiotics Prebiotics*, 137(February).
- Rohman, A., Helmiyati, S., Hapsari, M., & Setyaningrum, D. L. (2014). Rice in health and nutrition. *International Food Research Journal*, 21(1), 13–24.

- Rozendaal, Y. J., Maas, A. H., van Pul, C., Cottaar, E. J., Haak, H. R., Hilbers, P. A., & van Riel, N. A. (2018). Model-based analysis of postprandial glycemc response dynamics for different types of food. *Clinical Nutrition Experimental*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2018.01.003>
- Sabarella, Komalasari, W. B., Wahyuningsing, S., Saida, M. D. N., Manurung, M., Sehusman, Rinawati, & Supriyati, Y. (2019). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. *Buletin Konsumsi Pangan*, 10(1).
- Sajilata, M. G.; R. S. Singhal And P. R Kulkarni. 2006. Resistant Starch AReview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol 5. Institute Of Food Technology.
- Saleh, A. S. M., Wang, P., Wang, N., Yang, L., & Xiao, Z. (2019). Brown Rice Versus White Rice: Nutritional Quality, Potential Health Benefits, Development of Food Products, and Preservation Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, June. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12449>.
- Septianingrum, E., Liyanan, L., & Kusbiantoro, B. (2016). Review Indeks Glikemik Beras : Faktor-Faktor yang Mempengaruhi dan Keterkaitannya terhadap Kesehatan Tubuh Rice Glycemic Index : The Factors Affecting and The Impact on Human Health. *Jurnal Kesehatan*, 1(1), 1–9.
- Setiarto, R. H. B., Laksmi Jenie, B. S., Faridah, D. N., & Saskiawan, I. (2015). Study of Development Resistant Starch Contained in Food Ingredients as Prebiotic Source. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 191–200. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.191>
- Setiarto, R. H. bimo, Jenie, B. S. L., Faridah, D. N., & Saskiawan, I. (2015). Study of Development Resistant Starch Contained in Food Ingredients as Prebiotic Source. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 191–200. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.191>
- Setiarto, R., Widhyastuti, N., & Sumariyadi, A. (2018). Peningkatan Kadar Pati Resisten Tipe Iii Tepung Singkong Termodifikasi Melalui Fermentasi Dan Pemanasan Bertekanan-(Improvement Level Of Resistant Starch Type Iii On Modified Cassava Flour Using Fermentation And Autoclaving-Cooling). *Biopropal Industri*, 9(1), 9–23. <https://doi.org/10.36974/Jbi.V9i1.3425>
- Setyahadi, S., Nurrahman, M. I., & Gozan, M. (2014). Pengaruh Kecepatan Agitasi pada Media Sintesis untuk Produksi α -Amilase dari *Bacillus amyloliquefaciens* T1. *Warta IHP*, 31(1), 16–21.

- Setyaningsih, W., Hidayah, N., Saputro, I. E., & Lovillo, M. P. (2015). Study of Glutinous and Non-Glutinous Rice (*Oryza Sativa*) Varieties on their Antioxidant Compounds. *International Conference on Plant, Marine and Environmental Science-Kuala Lumpur Malaysia, January*, 26–31. <https://doi.org/10.15242/iicbe.c0115068>
- Sharma, B., Singh, H., & Solah, V. (2017). Effect of incorporating finger millet in wheat flour on mixolab behavior , chapatti quality and starch digestibility. *Food Chemistry*, 231, 156–164. [10.1016/j.foodchem.2017.03.118](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.118)
- Shihab, M. Quraish.2002. Ensiklopedia Al-Qur'an, Kajian Kosakata, Cet. I; Jakarta: Lentera Hati.
- Shobana, S., Jayanthan, M., Sudha, V., Unnikrishnan, R., Anjana, R. M., & Mohan, V. (2010). Glycaemic Properties of Brown Rice. In *Brown rice* (pp. 123–133). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59011-0>
- Singh, R., Mittal, A., Kumar, M., & Mehta, P. K. (2016). Amylases : A Note on Current Applications. *International Research Journal of Biological Sciences*, 5(11), 27–32.
- Siswanto, N., & Bintoro, N. (2015). *Pengaruh Jenis Penggilingan Padi Terhadap Rendemen Hasil Dan Tingkat Kecerahan Beras Di Kabupaten Sleman*. 1375–1381.
- Srieko, K., Ariunzaya, D., Gantogoo, U., & Samples, A. (2013). Physico-Chemical Properties of Rice Starch Gel. *2012 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/IFOST.2012.6357809>
- Sriheara, A., Laosat, N., Kitiraj, S., Sasanatayart, R., Kespechara, K., & Popluechai, S. (2014). Rapidly Available Glucose (RAG) and Waxy Haplotype as Indicators for Glycemic Index in Some Lowland and Upland Thai Rice Varieties (*Oryza sativa* L.). *The 26th Annual Meeting of the Society for Biotechnology and International Conference*, 6(2003), 581–586.
- Suriani, S. (2015). Analisis Proksimat Pada Beras Ketan Varietas Putih (*Oryza sativa glutinosa*). *Al-Kimia*, 3(1), 81–91. doi.org/10.24252/AL-KIMIA.V3I1.1663
- Suwarno. (2010). Meningkatkan Produksi Padi Menuju Ketahanan Pangan yang Lestari. *Jurnal Pangan*, 19(3), 233–243.
- Thorne, M. J., Thompson, L. U., & Jenkins, D. J. A. (1983). Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 38(3), 481–488. doi.org/10.1093/ajcn/38.3.481

- Tiwari, S., Srivastava, R., Singh, C., Shukla, K., Singh, R., Singh, P., Singh, R., Singh, N., & Sharma, R. (2015). *Amylases: an Overview With Special Reference To Alpha Amylase*. January 2017.
- Toma, M. M., & Pokrotnieks, J. (2006). Probiotics as functional food: microbiological and medical aspects. *Acta Univeritatis Latvensis*, 710(August), 117–129.
- Trinder, P. (1969). Determination of Glucose in Blood using Glucose Oxidase with an alternative Oxygen Acceptor. *Ann. Clin. Biochemistry*, 6, 24–27.
- Verma, D. K. (2014). Nutritional Value of Rice and Their Importance. *Indian Farmer's Digest*, 44(May), 21.
- Vitolo, M. (2020). *Enzymatic Modification Of Starch Article In World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences · April 2020 Production Of Caprylins View Project Invertase From Baker's Yeast View Project Enzymatic Modification Of Starch*. April. <https://doi.org/10.20959/Wjpps20204-15958>
- Wasusun, A., Wongpiyachon, S., Songchitsomboon, S., Sukviwat, W., Maneenin, P., & Pakkethati, S. (2017). Rice variety RD43: Medium Glycemic Index Rice for Niche Market. *The 1st International Rice and Grain Conference*.
- Wiruch, P., Naruenartwongsakul, S., & Chalemchart, Y. (2019). Textural Properties, Resistant Starch, and in Vitro Starch Digestibility as Affected by Parboiling of Brown Glutinous Rice in A Retort Pouch. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 07(2), 555–567.
- Wolever, T. M. S., & Mehling, C. (2002). High-carbohydrate–low-glycaemic index dietary advice improves glucose disposition index in subjects with impaired glucose tolerance. *British Journal of Nutrition*, 87(5), 477–487. <https://doi.org/10.1079/bjn2002568>
- Yang, C. Z., Shu, X. L., Zhang, L. L., Wang, X. Y., Zhao, H. J., Ma, C. X., & Wu, D. X. (2006). Starch Properties of Mutant Rice High in Resistant Starch Starch Properties of Mutant Rice High in Resistant Starch. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54(September). <https://doi.org/10.1021/jf0524123>
- Yang, R., Geng, C., & Gu, Z. (2016). Activation and Tempering on Γ -Aminobutyric Acid Accumulation and Distribution in Brown Rice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1364–1369. doi.org/10.1111/jfpp.12721
- Zar, M. S., Ali, S., & Shahid, A. A. (2013). The influence of carbon and nitrogen supplementation on alpha amylase productivity of *Bacillus amyloliquefaciens* IIB-14 using fuzzy-logic and two-factorial designs. *African Journal of Microbiology Research*, 7(2), 120–129. <https://doi.org/10.5897/ajmr12.1519>

Zhang, G., Sofyan, M., & Hamaker, B. R. (2008). Slowly digestible state of starch: Mechanism of slow digestion property of gelatinized maize starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4695–4702. doi.org/10.1021/jf072823e



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan

1. Glukosa Tersedia Cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG)

Pemrosesan	Ulangan	RAG gr/100gr						Rata-rata	S.D
		Khao Supan	Khao Tah Haeg	Khao Dawk Mali	Plah Sew	E. Khao Yai	Bun Mah		
Beras pecah kulit	1	17.31	18.47	19.02	22.18	23.11	22.74	20.58	2.51
	2	17.69	18.41	18.52	21.54	24.22	23.42		
	3	17.42	17.85	19.83	22.84	22.59	22.38		
	4	18.11	17.73	18.76	21.7	23.72	24.42		
Beras giling	1	18.97	18.55	20.86	22.29	24.17	24.6	21.27	2.32
	2	18.99	18.72	20.82	22.46	23.36	24.06		
	3	19.03	19.14	19.56	22.46	23.49	23.68		
	4	18.16	17.35	19.65	23.23	23.48	23.37		
	Rata-rata	18.21	18.28	19.63	22.34	23.52	23.58		
	S.D	0.71	0.59	0.87	0.55	0.54	0.77		

2. Glukosa Tersedia lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG)

Pemrosesan	Ulangan	Nilai SAG gr/100gr						Rata-rata	S.D
		Khao Supan	Khao Tah Haeg	Khao Dawk Mali	Plah Sew	E. Khao Yai	Bun Mah		
Beras pecah kulit	1	16.77	10.78	13.07	13.69	14.82	13.91	13.56	1.55
	2	15.96	11.48	12.84	13.08	14.73	12.67		
	3	15.63	10.68	12.35	13.07	14.93	13.00		
	4	14.81	12.15	12.54	14.5	14.15	13.76		
Beras giling	1	13.12	9.52	10.86	11.98	12.55	10.59	11.57	1.30
	2	12.9	9.76	10.24	11.91	12.72	11.34		
	3	12.68	8.54	10.9	12.85	12.22	11.94		
	4	14.01	10.12	11.44	12.03	11.42	11.92		
	Rata-Rata	14.49	10.38	11.78	12.89	13.44	12.39		
	S.D	1.54	1.14	1.06	0.91	1.37	1.16		

3. Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS)

Pemrosesan	Ulangan	Nilai RS gr/100gr						Rata-rata	S.D
		Khao Supan	Khao Tah Haeg	Khao Dawk Mali	Plah Sew	E. Khao Yai	Bun Mah		
Beras pecah kulit	1	2.62	2.69	2.69	2.75	2.71	2.51	2.63	0.18
	2	2.58	2.36	2.66	2.61	2.74	2.47		
	3	2.55	2.72	2.61	2.76	2.31	2.25		
	4	2.94	3.01	2.89	2.65	2.6	2.43		
Beras giling	1	2.12	2.02	2.63	2.57	2.18	2.14	2.37	0.23
	2	2.44	2.2	2.59	2.58	2.33	2.27		
	3	2.22	2.34	2.69	2.78	2.07	2.29		
	4	2.37	2.17	2.54	2.73	2.03	2.56		
Rata-Rata		2.48	2.44	2.66	2.68	2.37	2.37		
S.D		0.26	0.34	0.11	0.09	0.28	0.15		

Lampiran 2. Data Hasil Analisis SPSS

1. Glukosa Tersedia Cepat atau *Rapidly Available Glucose* (RAG)

a. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		48
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.85447612
Most Extreme Differences	Absolute	.093
	Positive	.089
	Negative	-.093
Kolmogorov-Smirnov Z		.647
Asymp. Sig. (2-tailed)		.797
a. Test distribution is Normal.		

b. Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

RAG Value

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.080	11	36	.404

c. Analisis Varian

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	262.137 ^a	11	23.831	69.508	.000
Intercept	21018.326	1	21018.326	6.131E4	.000
Kultivar	254.793	5	50.959	148.634	.000
Pemrosesan	5.651	1	5.651	16.483	.000
Kultivar * Pemrosesan	1.692	5	.338	.987	.439
Error	12.342	36	.343		
Total	21292.804	48			
Corrected Total	274.479	47			

a. R Squared = .955 (Adjusted R Squared = .941)

d. Uji Lanjut

RAG

Duncan

Kultivar	N	Subset			
		1	2	3	4
Khao Supan	8	18.2100			
Khao Tah Haeg	8	18.2775			
Khao Dawk Mali	8		19.6275		
Plah Sew	8			22.3375	
E. Khao Yai	8				23.5175
Bun Mah	8				23.5838
Sig.		.819	1.000	1.000	.822

2. Glukosa Tersedia Lambat atau *Slowly Available Glucose* (SAG)

a. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		48
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.41544357
Most Extreme Differences	Absolute	.090
	Positive	.056
	Negative	-.090
Kolmogorov-Smirnov Z		.623
Asymp. Sig. (2-tailed)		.832
a. Test distribution is Normal.		

b. Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

SAG Value

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.527	11	36	.872

c. Analisis Varian

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:SAG

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	127.730 ^a	11	11.612	34.568	.000
Intercept	7548.328	1	7548.328	2.247E4	.000
Kultivar	79.347	5	15.869	47.243	.000
Pemrosesan	45.650	1	45.650	135.897	.000
Kultivar * Pemrosesan	2.734	5	.547	1.628	.178
Error	12.093	36	.336		
Total	7688.151	48			
Corrected Total	139.823	47			

a. R Squared = .914 (Adjusted R Squared = .887)

d. Uji Lanjut

SAG

Duncan

Kultivar	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Khao Tah Haeg	8	10.38				
Khao Dawk Mali	8		11.78			
Bun Mah	8			12.39		
Plah Sew	8			12.76		
E. Khao Yai	8				13.44	
Khao Supan	8					14.48
Sig.		1.000	1.000	.207	1.000	1.000

3. Pati Resisten atau *Resistant Starch* (RS)

a. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		48
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.21183415
Most Extreme Differences	Absolute	.079
	Positive	.058
	Negative	-.079
Kolmogorov-Smirnov Z		.550
Asymp. Sig. (2-tailed)		.923
a. Test distribution is Normal.		

b. Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

RS Value

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.552	11	36	.854

c. Analisis Varian

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:RS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.527 ^a	14	.180	8.435	.000
Intercept	303.108	1	303.108	1.417E4	.000
Ulangan	.154	3	.051	2.405	.085
Kultivar	1.056	5	.211	9.867	.000
Pemrosesan	.992	1	.992	46.353	.000
Kultivar *	.325	5	.065	3.037	.023
Pemrosesan					
Error	.706	33	.021		
Total	306.341	48			
Corrected Total	3.233	47			

a. R Squared = .782 (Adjusted R Squared = .689)

- d. Uji Lanjut
 - Uji Lanjut Duncan Jenis Kultivar

RS

Duncan

Kultivar	N	Subset	
		1	2
Bun Mah	8	2.3650	
E. Khao Yai	8	2.3712	
Khao Tah Haeg	8	2.4388	
Khao Supan	8	2.4800	
Khao Dawk Mali	8		2.6625
Plah Sew	8		2.7600
Sig.		.160	.192



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Widiyah Maslahah
NIM : 16620018
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2019/2020
Pembimbing : Shinta M.Si
Judul Skripsi : Pengukuran Glukosa dan Pati Resisten pada Beberapa Padi Kultivar Lokal Thailand secara *In Vitro*.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	21 Januari 2020	Konsultasi Judul	
2	11 Maret 2020	Konsultasi Judul	
3	04 April 2020	Konsultasi Desain Penelitian	
4	28 April 2020	Konsultasi BAB I	
5	11 Mei 2020	Konsultasi BAB I,II,III	
6	12 Mei 2020	Konsultasi BAB I,II,III	
7	26 Agustus 2020	Konsultasi BAB IV	
8	5 Oktober 2020	Konsultasi BAB IV	
9	10 Oktober 2020	Konsultasi BAB V	
10	20 Oktober 2020	Konsultasi BAB 1-V	
11	25 November 2020	ACC Skripsi	

Malang, 25 November 2020

Pembimbing Skripsi,

Shinta M.Si

NIP. 19880110201608012064

Ketua Jurusan



Dr. Evika Suci Savitri, M.P
NIP. 197410182003122002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayama No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI AGAMA

Nama : Widiyah Maslahah
NIM : 16620018
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2019/2020
Pembimbing : Shinta M.Si
Judul Skripsi : Pengukuran Glukosa dan Pati Resisten pada Beberapa Padi Kultivar Lokal Thailand secara *In Vitro*.

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	9 September 2020	Konsultasi Integrasi BAB I dan BAB II	
2	15 September 2020	Revisi Integrasi BAB I dan BAB II	
3	22 September 2020	ACC Integrasi BAB I dan BAB II	
4	27 Oktober 2020	Konsultasi Integrasi BAB IV	
5	29 Oktober 2020	ACC Integrasi BAB I-IV	

Pembimbing Agama,

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 197312121998031008



Malang, 29 Oktober 2020
Ketua Jurusan

Dr. Jwika Sandi Savitri, M.P
NIP. 197410182003122002