

SKRIPSI

**PEMBUATAN PATI RESISTEN TIPE III DARI TEPUNG UBI JALAR UNGU
(*Ipomea batatas* L.) TERMODIFIKASI**

Disusun dan diajukan oleh

**NURCHALISAH RUSTAN M.
G031 17 1512**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PEMBUATAN PATI RESISTEN TIPE III DARI TEPUNG UBI JALAR UNGU
(*Ipomea batatas L.*) TERMODIFIKASI**

Disusun dan diajukan oleh

**NURCHALISAH RUSTAN M.
G031 17 1512**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 26 Maret 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS
NIP. 19621231 198803 1 020

Pembimbing Pendamping,



Muspirah Djalal, S.TP., M.Sc
NIP. 19910817 201909 2 001

Ketua Program Studi,



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
NIP. 19820205 200604 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurchalisah Rustan M.
NIM : G031 17 1512
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pembuatan Pati Resisten Tipe III dari Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas L.*)
Termodifikasi

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Maret 2021
Yang Menyatakan



Nurchalisah Rustan M.

ABSTRAK

NURCHALISAH RUSTAN M. (NIM. G031 17 1512). Pembuatan Pati Resisten Tipe III dari Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.) Termodifikasi. Dibimbing oleh AMRAN LAGA dan MUSPIRAH DJALAL.

Latar Belakang Pati resisten merupakan pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim α -amilase dalam sistem pencernaan manusia. Namun, dapat difermentasi pada usus besar untuk menghasilkan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA), seperti asetat, propionat, dan butirat. Salah satu pati resisten yang banyak dikembangkan dalam pemanfaatan pangan yaitu pati resisten tipe III karena mampu mempertahankan karakteristik sensori suatu makanan serta bersifat tahan panas sehingga dapat terjaga selama pengolahan. **Tujuan** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ubi jalar ungu tanpa modifikasi dan modifikasi dengan BAL, pemanasan dengan suhu bertekanan dan suhu perebusan dan penurunan suhu dengan pembekuan dan pendinginan terhadap pati resisten yang dihasilkan. **Metode**. Penelitian dimulai dengan proses modifikasi ubi jalar ungu dengan fermentasi BAL. Penelitian selanjutnya dilakukan dengan perlakuan tepung ubi jalar tanpa modifikasi dan dengan modifikasi melalui fermentasi BAL, perlakuan pemanasan pada suhu bertekanan (121°C) dan suhu perebusan (100°C) serta perlakuan suhu rendah (0°C dan 5-6°C). Parameter analisis meliputi kadar air, rendemen, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, kadar pati resisten, warna (kecerahan), serta pengujian organoleptik aroma. Desain penelitian dilakukan dengan rancangan petak-petak terpisah (RPPT). **Hasil**. Berdasarkan perlakuan jenis ubi jalar ungu, pemanasan, serta perlakuan suhu rendah yang terbaik adalah ubi jalar ungu termodifikasi dengan pemanasan melalui autoklaf dan perlakuan pada suhu 0°C dengan kadar pati resisten sebesar 60,12%, yang menunjukkan bahwa pati resisten tepung ubi jalar ungu menghasilkan karakteristik dengan kadar air sebesar 5,91%, rendemen sebesar 15,20%, kadar pati sebesar 42,05%, kadar amilosa sebesar 20,68%, kadar amilopektin sebesar 81,52%, serta kecerahan sebesar 64,04. **Kesimpulan**. Fermentasi BAL terbaik yakni dilakukan selama 48 jam dengan pH mencapai 4,25 dan total BAL sebesar 8,73 log cfu/ml. Perlakuan terbaik untuk menghasilkan pati resisten yakni pemanasan bertekanan dengan perolehan kadar pati resisten sebesar 50,44%. Perlakuan modifikasi dengan fermentasi BAL menghasilkan pati resisten sebesar 53,58% sedangkan perlakuan tanpa modifikasi menghasilkan pati resisten sebesar 39,63%. Jenis perlakuan suhu rendah terbaik untuk menghasilkan pati resisten yakni perlakuan pada suhu pembekuan 0°C dengan perolehan kadar pati resisten sebesar 50,29%.

Kata kunci : Pati resisten, pati resisten tipe III, tepung ubi jalar ungu

ABSTRACT

NURCHALISAH RUSTAN M. (NIM. G031 17 1512). Study of The *Making of Resistant Starch Type III Based on From Modified Purple Sweet Potato Flour (Ipomea batatas L.)*. Supervised by AMRAN LAGA and MUSPIRAH DJALAL.

Background. Resistant starch is type of starch that cannot be digested by the α -amylase enzyme in the human digestive system. However, it can be fermented in large intestine to produce Short Chain Fatty Acids (SCFA), such as acetate, propionate, and butyrate. One of the resistant starches that is widely developed for commercial food application is resistant starch type III (RS3) because it is able to survive food processing and thermally stable. **Aim** The aim of this research was to study the effect of RS 3 made from purple sweet potato flour with and without modification using Lactic Acid Bacteria (LAB), heating process using a pressurized and boiling temperature and low temperature by freezing and cooling. **Method** The research was initiated with the modification process of purple sweet potato flour with LAB fermentation. Further research was carried out with the treatment of sweet potato flour with and without modification through LAB fermentation, thermal treatment at pressurized temperature (121°C), boiling temperature (100°C), and low temperature (0°C and 5-6°C). Several parameters which were analyzed including moisture content, yield, starch content, amylose content, amylopectin content, resistant starch content, color (brightness), and flavor from organoleptic testing. This research used a split plot design (SPD). **Results** Based on type of purple sweet potato, heating, and low temperature treatment was modified purple sweet potato by heating through autoclaving and treatment at 0°C with resistant starch content of 60.12%, which indicates that the resistant starch of sweet potato flour purple sweet potato produced characteristics with water content of 5.91%, yield of 15.20%, starch content of 42.05%, amylose content of 20.68%, amylopectin content of 81.52%, and brightness of 64.04. **Conclusion.** The best LAB fermentation which was carried out for 48 hours with a pH reaching 4.25 and a total LAB of 8.73 log cfu/ml. The best treatment to produce resistant starch was by a pressurized heating using an autoclave with the yield of resistant starch content 50.44%. The modified treatment with LAB fermentation resulted in 53.58% resistant starch, while the treatment without modification produced 39.63% resistant starch. The best type of low temperature treatment to produce resistant starch was treatment at freezing temperature of 0°C with the acquisition of resistant starch content of 50.29%.

Keywords: *Resistant starch, resistant starch type III, purple sweet potato flour*

PERSANTUNAN

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “**Pembuatan Pati Resisten Tipe III dari Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.) Termodifikasi**”. Skripsi ini merupakan tugas akhir untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai derajat Sarjana (S-1) di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orang tua tercinta Bapak **Dr. Rustan Massinai, S.TP., M.Sc**, dan Ibu **Hj. Nurjannah** serta adik tersayang **Abdul Fakhhar Ramadhani** yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan dalam bentuk doa, materil, maupun moril.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak memperoleh bimbingan secara teknis dan keilmuan dari Bapak **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS**, selaku pembimbing kesatu dan Ibu **Muspirah Djalal, S.TP., M.Sc**, selaku pembimbing kedua, sehingga penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan, semoga Tuhan Yang Maha Esa memberi kesehatan, kekuatan, dan perlindungan baik di dunia maupun di akhirat nanti.

Mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis percaya bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa ada bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, M.A** selaku Rektor Universitas Hasanuddin dan segenap jajaran Wakil Rektor Universitas Hasanuddin, yang telah memberi kesempatan kepada penulis selama menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana di Universitas Hasanuddin, Makassar.
2. **Prof. Dr. Agr. Ir. Baharuddin** selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin beserta staf, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis selama menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Fakultas Pertanian di Universitas Hasanuddin, Makassar.
3. **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta** selaku Ketua Departemen Teknologi Pertanian, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis selama menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Departemen Teknologi Pertanian di Universitas Hasanuddin, Makassar.
4. **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si** selaku Ketua Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, yang telah banyak mengarahkan dan memberikan bimbingan dalam rangka penyelesaian studi penulis.
5. Penguji **Dr. rer.nat. Zainal, S.TP., M.Food.Tech** dan **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si**, yang telah banyak meluangkan waktunya serta mengarahkan dan memberi bimbingan dalam rangka penyelesaian studi penulis.
6. Dosen dan staf pengajar pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin yang telah mendidik dan memberi ilmu pengetahuan serta pelayanan Pendidikan selama menempuh program Pendidikan S-1.
7. Laboran Ibu **Ir. Hj. Andi Nurhayati** dan Ibu **Hasmiyani, S.Si**, yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran kepada penulis selama penelitian.
8. **PT. Indofood Sukses Makmur Tbk.**, yang telah memberikan bantuan dana penelitian Program Sarjana.
9. Staf administrasi pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, yang telah ikhlas memberikan pelayanan teknis dan informasi kepada penulis.
10. Seluruh sanak saudara yang turut memberikan saran dan motivasi dalam menyelesaikan Program Sarjana Departemen Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar.

11. Saudari Seperjuangan *Good Girl* (**Andi Ulfa Hardianty, Devy Rahmayani Haeruddin, Sri Umiyati, Andi Yuyun Adhinitasari, Nurul Indah, dan Nurfadilah Putri**) yang telah memberikan motivasi kepada penulis selama perkuliahan maupun penyelesaian skripsi ini.
12. Saudari **Karina Agusta Putri**, yang telah memberikan saran dan motivasi selama penyelesaian skripsi.
13. Saudari **Lu'lu Ul Marjan dan Andi Widya Helmalia Putri**, yang telah memberikan motivasi selama penyelesaian skripsi.
14. Saudari **Monivia Chandra dan Rahmawati**, yang telah memberikan masukan dan membantu penulis selama penelitian.
15. Rekan-rekan mahasiswa S1 Universitas Hasanuddin, khususnya teman-teman seperjuangan Ilmu dan Teknologi Pangan 2017, serta kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas kerjasamanya selama pelaksanaan perkuliahan, penelitian, dan penulisan skripsi ini.
16. **Teman-teman seperjuangan Indofood Riset Nugraha (IRN)**, yang telah banyak memberi pengalaman baru dan motivasi selama berjuang di program IRN.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala kritikan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi kepada semua pembaca khususnya dalam bidang pangan. Semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita semua dan skripsi ini dapat bermanfaat kepada pembaca sekalian. Aamiin.

Penulis

RIWAYAT HIDUP



Nurchalisah Rustan M., lahir di Rappang, Kabupaten Sidrap pada tanggal 22 Februari 2000 dan merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Dr. Rustan Massinai, S.TP., M.Sc dan Ibu Hj. Nurjannah.

Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu:

1. Sekolah Dasar Negeri Deresan, Yogyakarta
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Palangka Raya
3. Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Palangka Raya

Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin Makassar dan tercatat sebagai Mahasiswa S1 Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian.

Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis berperan aktif dalam bidang akademik maupun non akademik. Penulis pernah menerima hibah pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang penerapan teknologi pada tahun 2019 dengan judul (“Liquid Smoke” dari Limbah Tongkol Jagung sebagai Media Pengawetan Ikan Cakalang). Penulis juga menerima hibah pendanaan penelitian dari Program Indofood Riset Nugraha tahun 2020 dengan judul “Pembuatan Pati Resisten Tipe III dari Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.) Termodifikasi”.

Penulis pernah melaksanakan praktek magang di salah satu instansi pusat di bawah Kementerian Pertanian yakni Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian (BB-Pascapanen) dan menjadi asisten laboratorium pada praktikum mata kuliah Aplikasi Teknologi Hasil Nabati (Tahun 2021). Penulis juga bergabung dalam salah satu komunitas sosial di Makassar yaitu Giving Fun Group.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
PERSANTUNAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Ubi Jalar Ungu (<i>Ipomea batatas</i> L.).....	4
2.2 Antosianin.....	6
2.3 Fermentasi.....	6
2.4 Modifikasi Pati Melalui Fermentasi Spontan	7
2.5 Pati	8
2.6 Gelatinisasi Pati	10
2.8 Pati Resisten.....	11
2.9 Tepung Ubi Jalar Ungu.....	12
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Preparasi <i>Chip</i> Ubi Jalar Ungu.....	13
3.3.2 Tahap Modifikasi Ubi Jalar Ungu	13
3.3.3 Tahap Pembuatan Tepung Pati Resisten	14

3.4	Desain Penelitian	16
3.5	Parameter Pengamatan.....	16
3.6	Prosedur Analisa Parameter.....	16
3.6.1	pH	16
3.6.2	Total Bakteri Asam Laktat (BAL) (Modifikasi Hidayat <i>et al.</i> , 2013).....	17
3.6.3	Kadar Air (Horwitz & Latimer, 2010)	17
3.6.4	Rendemen (AOAC, 1999).....	17
3.6.5	Analisa Kadar Pati (Laga, 2001)	17
3.6.6	Analisa Kadar Amilosa (Pratiwi, 2008)	18
3.6.7	Analisa Kadar Amilopektin (Ardiansyah <i>et al.</i> , 2018).....	18
3.6.8	Analisa Kadar Pati Resisten (Kim <i>et al.</i> , 2003)	19
3.6.9	Warna (Kecerahan) (Kaemba <i>et al.</i> , 2017).....	19
III.6.10	Pengujian Organoleptik Aroma (Arbaiyah, 2011)	20
3.7	Pengolahan Data	20
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1	Penelitian Pendahuluan.....	21
4.1.1	pH	21
4.1.2	Total Bakteri Asam Laktat (BAL).....	22
4.2	Penelitian Utama.....	23
4.2.1	Kadar Air	23
4.2.2	Rendemen	25
4.2.3	Kadar Pati, Amilosa, dan Amilopektin	26
4.2.4	Kadar Pati Resisten	28
4.2.5	Warna (Kecerahan dan °Hue).....	31
4.2.6	Aroma	33
5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran	34
	DAFTAR PUSTAKA.....	35
	LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Ubi Jalar per 100 gr.....	5
Tabel 3.1 Matriks Perlakuan Penelitian	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Ubi Jalar Ungu (<i>Ipomea batatas</i> L.).....	4
Gambar 2.2	(a) Struktur Kimia Amilosa; (b) Struktur heliks Amilosa	9
Gambar 2.3	Struktur Kimia Amilopektin	9
Gambar 2.4	Proses Retrogradasi pada Pati (Robles-Ramírez <i>et al.</i> , 2012)	11
Gambar 3.1	Preparasi Irisan Ubi Jalar Ungu	14
Gambar 3.2	Tahap Modifikasi Ubi Jalar Ungu	15
Gambar 3.3	Tahap Pembuatan Tepung Pati Resisten.....	15
Gambar 4.1	Hubungan Lama Fermentasi terhadap pH Ubi Jalar Ungu; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p<0,05$).....	21
Gambar 4.2	Hubungan Lama Fermentasi terhadap Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Ubi Jalar Ungu. Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p<0,05$).	23
Gambar 4.3	Hubungan Perlakuan Suhu Rendah, Suhu Pemanasan, dan Jenis Ubi Jalar Ungu Terhadap Kadar Air Tepung; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata ($p<0,05$).	24
Gambar 4.4	Grafik Hasil Rendemen	25
Gambar 4.5	Hubungan Jenis Pemanasan terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata ($p<0,05$).	26
Gambar 4.6	Hubungan Jenis Pemanasan terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata ($p<0,05$).	29
Gambar 4.7	Hubungan Jenis Perlakuan Suhu Rendah terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata ($p<0,05$).	29
Gambar 4.8	Hubungan Jenis Ubi Jalar Ungu terhadap Kecerahan Tepung Ubi Jalar Ungu; Huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata ($p<0,05$).	31
Gambar 4.9	Nilai °Hue pada Tepung Ubi Jalar Ungu	32
Gambar 4.10	Skor Penilaian Panelis Terhadap Tepung Ubi Jalar Ungu	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengamatan pH pada Fermentasi Ubi Jalar Ungu.....	43
Lampiran 2. Data Pengamatan Total BAL pada Fermentasi Ubi Jalar Ungu	44
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu.....	45
Lampiran 4. Data Hasil Rendemen Tepung Ubi Jalar Ungu.....	47
Lampiran 5. Data Hasil Uji Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu.....	48
Lampiran 6. Data Hasil Uji Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Ungu	50
Lampiran 7. Data Hasil Uji Kadar Amilopektin pada Tepung Ubi Jalar Ungu	52
Lampiran 8. Data Hasil Uji Kadar Pati Resisten pada Tepung Ubi Jalar Ungu.....	54
Lampiran 9. Data Hasil Uji Warna pada Tepung Ubi Jalar Ungu	56
Lampiran 10. Hasil Penilaian Panelis Terhadap Uji Organoleptik Aroma	59
Lampiran 11. Dokumentasi Pembuatan Tepung Ubi Jalar Ungu.....	61

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L.) merupakan salah satu alternatif komoditas pangan lokal dalam pengembangan program diversifikasi pangan yang lebih kompetitif dibandingkan dengan bahan pangan lokal lainnya. Ubi jalar ungu digunakan sebagai sumber bahan pangan fungsional, sumber energi serta berpotensi sebagai substitusi bahan pangan utama karena mengandung karbohidrat, vitamin, dan mineral sehingga dapat diterapkan dalam penganekaragaman pangan dan mengurangi konsumsi beras (Ginting *et al.*, 2015). Upaya pemberdayaan tepung ubi jalar sebagai alternatif pengganti terigu merupakan tantangan dalam pengembangan produk lokal serta pengembangan pangan fungsional.

Ubi jalar ungu mengandung kadar pati yang cukup tinggi yaitu sebesar 31,67% (Erliana *et al.*, 2005). Kandungan pati yang cukup tinggi pada ubi jalar ungu berpotensi dalam pengembangan produk pangan fungsional. Saat ini, kesadaran konsumen akan pangan dan kesehatan semakin meningkat. Konsumen tidak hanya menilai pangan dari segi sensori tetapi mempertimbangkan dampaknya terhadap kesehatan sehingga perlu adanya pengembangan pangan fungsional. Salah satu pengembangan pangan fungsional yaitu pati resisten.

Pati resisten atau *resistant starch* (RS) merupakan pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim α -amilase dalam usus halus manusia tetapi dapat difermentasi pada usus besar untuk menghasilkan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA), seperti propionat, butirat, dan asetat (Rozali *et al.*, 2018). Pati resisten digolongkan ke dalam empat tipe yaitu RS I, RS II, RS III, dan RS IV (Ekafitri, 2018). Pati resisten tipe 3 (RS III) merupakan pati resisten yang paling banyak dikembangkan dalam produk pangan. Pati resisten tipe III diproses dengan pemanasan (gelatinisasi) yang diikuti dengan proses pendinginan. Pati resisten tipe III dapat diperoleh dalam gel pati, adonan, tepung, serta produk yang dipanggang. Sifat resisten disebabkan karena adanya pati teretrogradasi. Pati resisten tipe III merupakan salah satu jenis pati resisten yang banyak digunakan dalam pemanfaatan pangan karena mampu mempertahankan karakteristik organoleptik suatu makanan serta bersifat tahan panas sehingga dapat terjaga selama proses pengolahan (Zahruniya, 2014). Kadar amilosa merupakan faktor utama yang berperan dalam pembentukan pati resisten RS III karena dapat menyebabkan retrogradasi selama pendinginan (Setiarto & Widhyastuti, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan proses modifikasi pati dalam meningkatkan kadar RS III biasanya dilakukan dengan fermentasi dengan Bakteri Asam Laktat (BAL) (Setiarto & Widhyastuti, 2017). Metode produksi pati resisten biasanya dilakukan dengan proses hidrolisis secara enzimatik maupun asam dan perlakuan hidrotermal, retrogradasi, ekstruksi, serta modifikasi kimia (Kusnandar *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait modifikasi pati resisten tipe III pada ubi jalar ungu diantaranya modifikasi pati secara *Heat Moisture Treatment* (HMT) (Tanak, 2016), modifikasi pati metode pregelatinisasi (Anggarawati *et al.*, 2019), modifikasi pati secara hidrotermal (Habibah *et al.*, 2018), dan modifikasi melalui kombinasi BAL dengan pemanasan *autoclave* (Setiarto & Widhyastuti, 2017). Setiarto & Widhyastuti (2017), melaporkan bahwa perlakuan fermentasi dengan 1 siklus pemanasan bertekanan-pendinginan meningkatkan kadar pati resisten sebesar 11.26%.

Penggunaan pati alami dalam bidang pangan maupun non pangan memiliki beberapa kendala yaitu membutuhkan waktu yang lama dalam pemasakan, pasta yang terbentuk juga cukup keras dan tidak bening, serta sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan asam. Kendala tersebut menyebabkan pati menjadi terbatas penggunaannya dalam bidang industri. Oleh karena itu, diperlukan teknik modifikasi pati. Modifikasi dapat dilakukan dengan pemotongan struktur molekul, penyusunan kembali struktur molekul, oksidasi atau dengan cara mensubstitusi gugus kimia pada molekul pati. Salah satu teknik modifikasi pati yaitu modifikasi secara mikrobiologis dengan memanfaatkan bakteri asam laktat (Yusmarini *et al.*, 2017).

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa modifikasi pati dengan fermentasi Bakteri Asam Laktat (BAL) dapat meningkatkan kadar pati resisten, seperti penelitian yang dilakukan oleh Jenie *et al.*, (2012), bahwa perlakuan fermentasi spontan yang dikombinasi dengan proses pemanasan-pendinginan mampu meningkatkan kandungan pati resisten tipe III tepung pisang sebesar 2 kali lipat dari 5,87-6,45% menjadi 12,99-13,71%, Setiarto *et al.*, (2018), bahwa perlakuan fermentasi meningkatkan kadar pati resisten sebesar 4,5 kali lipat dibandingkan kontrol, serta Nurhayati, *et al.*, (2014), bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan pati resisten tepung pisang hingga empat kali lipat dari 10,32% menjadi 42,68%.

Penelitian mengenai pembuatan tepung ubi jalar ungu kaya akan pati resisten tipe III belum dikaji secara luas. Oleh karena itu, metode dalam memodifikasi pati yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode fermentasi BAL secara spontan dilanjutkan metode pemanasan-pendinginan yang prosedurnya mengacu pada (Ekasari, 2007), (Zahruniya, 2014), (Setiarto & Widhyastuti, 2017), serta penelitian lainnya yang telah dimodifikasi. Penyediaan dan peningkatan pati resisten dengan berbagai metode diharapkan dapat meningkatkan kandungan pati resisten pada ubi jalar ungu dan dampaknya bagi kesehatan tubuh. Pemanfaatannya dalam berbagai bidang pangan terutama produk pangan olahan juga diharapkan dapat meningkatkan keragaman produk pati resisten. Hal ini yang mendasari perlunya dikembangkan proses produksi dalam pengoptimalan tepung ubi jalar ungu kaya akan pati resisten pada ubi jalar ungu.

1.2 Rumusan Masalah

Pembuatan tepung ubi jalar ungu yang kaya akan kandungan pati resisten dapat dilakukan secara modifikasi fisik, kimia, maupun enzimatik. Faktor yang mempengaruhi peningkatan kadar pati resisten pada ubi jalar ungu yaitu perlakuan modifikasi pati yang digunakan. Oleh karena itu, pengaruh modifikasi tepung ubi jalar ungu secara fermentasi spontan perlu diketahui dalam meningkatkan kandungan pati resisten pada tepung ubi jalar ungu.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini yaitu untuk menghasilkan tepung ubi jalar ungu yang kaya akan pati resisten dan senyawa antosianin.

Tujuan khusus penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Untuk menentukan pengaruh jenis tepung tanpa modifikasi dan modifikasi dengan fermentasi BAL secara spontan terhadap pati resisten yang dihasilkan.
2. Untuk menganalisis pengaruh jenis pemanasan (*autoclaving* dan perebusan) terhadap pati resisten yang dihasilkan.

3. Untuk menganalisis pengaruh perlakuan suhu rendah (pembekuan pada suhu 0°C dan pendinginan pada suhu 5-6°C) terhadap pati resisten yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat menjadi referensi bagi masyarakat dalam memperoleh kandungan pati resisten yang maksimal berdasarkan hasil perlakuan terbaik dari penelitian yang telah dilakukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.)

Ubi jalar ungu merupakan salah satu jenis komoditas pangan lokal yang banyak ditemui di Indonesia selain berwarna putih, kuning, dan merah. Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang cukup tinggi sehingga warna kulit dan daging umbi berwarna ungu kehitaman (ungu pekat). Tanaman ini mempunyai prospek yang cukup besar untuk dikembangkan di lahan yang kurang subur dan sebagai bahan olahan atau bahan baku industri (Apriliyanti, 2010). Umur panen optimum pada ubi jalar segar yaitu 120 hari berdasarkan kadar pati tertinggi. Jika umur panen ubi jalar lebih dari 120 hari maka kandungan pati akan menurun (Ginting *et al.*, (2006). Menurut (Iriyanti, 2012), tanaman ubi jalar diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomea</i>
Spesies	: <i>Ipomea batatas</i> (L.)

Ubi jalar ungu termasuk komoditas pangan lokal yang memiliki produktivitas yang cukup tinggi. Produksi ubi jalar ungu di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 2.261.124 ton dengan produktivitas 160,53 kuintal/hektar (BPS, 2015). Ubi jalar ungu cukup populer di Indonesia khususnya di Indonesia bagian timur, yaitu Papua dan Papua Barat yang memanfaatkan ubi jalar ungu sebagai makanan pokok. Ubi jalar ungu saat ini telah banyak dikembangkan diberbagai negara seiring dengan meningkatnya permintaan pasar terhadap pangan fungsional. Kenampakan ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.)
(Sumber : Fatimatuzahro *et al.*, (2019))

Keunggulan ubi jalar ungu adalah pigmen antosianin sebagai zat antioksidan yang membantu tubuh menangkal radikal bebas yang diakibatkan oleh nikotin, polusi udara dan bahan kimia, prebiotik yang dapat berfungsi sebagai antikarsinogenik, dan antimikrobia. Selain itu, ubi jalar ungu mengandung senyawa fenol yang memiliki efek anti-penuaan dan komponen

antioksidan. Senyawa fenol sangat berperan penting pada ubi jalar ungu karena dapat bersinergi dengan pigmen antosianin dalam menentukan aktivitas antioksidannya (Ginting *et al.*, 2015).

Ubi jalar ungu digunakan sebagai sumber karbohidrat yang cukup tinggi. Ubi jalar ungu mengandung serat pangan (*dietary fiber*) seperti senyawa pektin, hemiselulosa, dan selulosa yang tidak dapat tercerna dan diserap dalam usus halus sehingga akan terfermentasi pada usus besar. Hal ini juga menjadi nilai tambah ubi jalar sebagai bahan pangan fungsional. Anjuran konsumsi serat pangan menurut WHO (1990), yaitu 25 g/hari, sehingga dengan mengonsumsi 100 g ubi jalar ungu artinya telah memenuhi 8% angka kecukupan asupan serat pangan. Selain itu, ubi jalar mengandung vitamin dan mineral. Vitamin yang terkandung dalam ubi jalar ungu yaitu Vitamin A, Vitamin C, *thiamin*, dan *riboflavin* sedangkan mineral yang terkandung pada ubi jalar di antaranya adalah zat besi, fosfor, dan kalsium (Larasati, 2016). Berikut kandungan gizi pada ubi jalar per 100 gr dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Ubi Jalar per 100 gr

Kandungan Gizi	Ubi Jalar Putih	Ubi Jalar Kuning	Ubi Jalar Ungu
Energi (kkal)	123	114	123
Protein (g)	1,80	0,80	1,80
Lemak (f)	0,70	0,50	0,70
Karbohidrat (g)	27,90	26,70	27,90
Kalsium (mg)	30	51	30
Fosfor (mg)	49	47	49
Zat besi (mg)	1	0,90	1
Vitamin A (IU)	60	0	7700
Vitamin B1 (mg)	0,09	0,06	0,09
Betakaroten (mg)	260	2900	9900
Antosianin (mg)	0,06	4,56	110,51
Serat kasar (%)	0,90	1,40	1,20
Kadar gula (%)	0,40	0,30	0,40
Air (%)	68,50	79,28	68,50
Bagian yang dikonsumsi (%)	86	85	86

Sumber : International Labour Organization, (2012)

Ubi jalar ungu mengandung zat anti gizi, salah satunya tripsin inhibitor yang mampu menghambat kerja enzim tripsin sehingga dapat menurunkan tingkat penyerapan protein. Aktivitas dari tripsin inhibitor dapat dihilangkan dengan pengolahan panas seperti perebusan, pengukusan, serta penggorengan (Pramita, 2008). Senyawa lain yang terkandung pada ubi jalar ungu yaitu senyawa yang menyebabkan *flatulensi* seperti raffinosa, stachiosa, dan verbakosa. Efek flatulensi diakibatkan oleh kerja bakteri dalam kolon dalam memfermentasi karbohidrat pada ubi jalar yang tidak dapat dicerna dengan baik oleh enzim pencernaan (Putri, 2015).

2.2 Antosianin

Antosianin merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthos* yang berarti bunga dan *kyanos* yang berarti biru gelap. Antosianin adalah salah satu kelompok flavonoid yang merupakan pigmen dapat larut dalam air dan berperan memberi warna ungu, merah, atau biru pada buah-buahan dan sayuran (Utami *et al.*, 2016). Antosianin dapat mengalami perubahan warna seiring perubahan suhu, suasana asam dan basa. Pada suasana basa, antosianin cenderung berwarna biru atau tidak berwarna, sedangkan pada suasana asam berwarna merah. Umumnya, pada pH kurang dari 4 antosianin menghasilkan warna merah keunguan. Antosianin berbentuk glikosida yang dibentuk dari gugus aglikon dan glikon. Apabila gugus glikon dihidrolisis maka akan menghasilkan senyawa antosianidin (Santoso & Estiasih, 2014). Warna antosianin juga dipengaruhi oleh jumlah gugus 6 hidroksi atau metoksi pada struktur antosianidin. Gugus hidroksi yang dominan dapat mengakibatkan warna cenderung biru dan relatif tidak stabil sedangkan dominasi gugus metoksi pada struktur antosianidin mengakibatkan warna cenderung merah dan relatif stabil.

Antosianin yang terdapat pada ubi jalar ungu yaitu dalam bentuk mono atau diasetil dari peonidin dan sianidin (Indrajati, 2019). Antosianin berperan sebagai antioksidan karena kemampuannya menangkap radikal bebas dengan cara menyumbangkan atom hidrogen terhadap radikal yang sangat reaktif (Amperawati *et al.*, 2019). Faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan antosianin secara enzimatik yaitu enzim polifenoloksidase. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin secara non-enzimatik yaitu pH, cahaya, oksigen, pelarut, kadar gula, dan suhu (Mubarokah, 2019). Ekstraksi antosianin dapat dilakukan dengan berbagai jenis pelarut polar, seperti air, etanol, metanol, namun yang paling efektif yaitu dengan menggunakan metanol yang diasamkan dengan HCl (Hambali *et al.*, 2015).

2.3 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses perubahan secara kimiawi pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan dari starter mikroorganisme (Nurhalimah, 2015). Starter merupakan biakan mikroorganisme yang ditumbuhkan pada suatu media fermentasi. Fermentasi dapat dilakukan melalui dua cara yaitu fermentasi spontan dan tidak spontan (Chanifah, 2014).

Fermentasi spontan merupakan fermentasi yang dilakukan tanpa penambahan starter mikroorganisme atau ragi pada suatu substrat sedangkan fermentasi tidak spontan merupakan proses fermentasi yang dilakukan dengan penambahan starter mikroorganisme atau ragi dalam pada suatu substrat. Mikroorganisme dalam suatu substrat atau bahan akan tumbuh dan berkembang biak secara aktif yang mampu merubah bahan yang difermentasi menjadi suatu produk yang diinginkan (Chanifah, 2014).

Menurut Fahmi & Nurrahman, (2011), faktor yang dapat mempengaruhi proses fermentasi yaitu sebagai berikut.

1. Suhu

Pada proses fermentasi, suhu yang digunakan akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Suhu selama fermentasi akan menentukan jenis mikroorganisme dominan yang tumbuh. Umumnya, suhu yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme yaitu 30°C.

2. pH

pH merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan produk. Mikroorganisme membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai dengan pertumbuhannya. Umumnya, bakteri dapat tumbuh pada kisaran pH 4-8, khamir pH 3-6, dan kapang pH 3-7.

3. Substrat

Substrat merupakan sumber energi yang diperlukan mikroorganisme proses fermentasi, Substrat dengan kandungan nutrisi yang sesuai sangat diperlukan oleh mikroorganisme dalam pertumbuhannya. Energi yang dibutuhkan mikroorganisme umumnya berasal dari karbohidrat, protein, lemak, mineral, serta zat gizi lainnya yang terkandung dalam substrat. Umumnya, sumber energi yang banyak digunakan mikroorganisme yaitu glukosa.

4. Oksigen

Selama fermentasi, ketersediaan oksigen harus diatur karena berhubungan dengan sifat dari suatu mikroorganisme. Contohnya bakteri-bakteri penghasil asam tidak memerlukan oksigen selama proses fermentasi sedangkan khamir pada proses pembuatan anggur umumnya membutuhkan oksigen selama fermentasi berlangsung.

5. Jumlah Starter (Ragi)

Keberhasilan suatu fermentasi juga ditentukan dari jumlah starter yang digunakan. Apabila jumlah starter yang digunakan terlalu sedikit maka proses fermentasi akan berlangsung dan jika jumlah ragi yang digunakan terlalu banyak maka akan menghambat mikroorganisme pada proses fermentasi. Hal inilah yang akan menyebabkan mikroorganisme pembusuk dapat tumbuh sehingga produk mengeluarkan bau busuk.

2.4 Modifikasi Pati Melalui Fermentasi Spontan

Penggunaan pati saat ini telah banyak dilakukan pada pengolahan pangan, baik skala rumah tangga maupun industri pangan. Umumnya, pati yang digunakan yaitu pati alami atau tanpa perlakuan modifikasi. Pati alami memiliki kekurangan yang dapat menghambat penggunaannya dalam proses pengolahan pangan. Salah satunya yaitu menghasilkan suspensi pati dengan viskositas dan kemampuan pembentukan gel yang tidak konsisten. Hal ini diakibatkan oleh profil gelatinisasi pati alami sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman sehingga pati yang sejenis belum tentu memiliki sifat fungsional yang sama. Selain itu, kebanyakan pati alami tidak tahan terhadap pemanasan suhu tinggi, kondisi, dan proses mekanis. Pati alami juga memiliki kelarutan terbatas dalam air dan gel yang dihasilkan mudah mengalami sineresis akibat dari retrogradasi pati (Amin, 2013). Oleh karena kekurangan dari pati alami tersebut yang menyebabkan pati alami sering dimodifikasi untuk menghasilkan pati yang sesuai dengan kondisi pada proses pengolahan.

Pati termodifikasi merupakan pati yang telah mengalami perubahan sifat fisik, kimia dan fungsional akibat dari perlakuan fisik ataupun kimia (Krisna, 2011). Modifikasi pati bertujuan untuk mengatasi sifat-sifat dasar pati alami sehingga dapat memperluas penggunaannya pada proses pengolahan pangan serta karakteristik dari produk pangan yang dihasilkan. Beberapa dari sifat pati alami yang dapat diubah yaitu suhu gelatinisasi, ketahanan terhadap pemanasan, pengasaman dan pengadukan, serta retrogradasi (Putri, 2015).

Metode dalam modifikasi pati yang umumnya banyak dilakukan yaitu modifikasi secara fisik, seperti pregelatinisasi dan *Heat Moisture Treatment* (HMT) dan modifikasi secara kimia,

seperti modifikasi substitusi, ikatan silang, hidrolisis asam, dan oksidasi. Modifikasi pati alami juga dapat dilakukan secara kombinasi misalnya modifikasi ikatan silang dan substitusi (Latifah & Yuniarta, 2017). Metode modifikasi pati berkembang luas dengan memanfaatkan bakteri melalui suatu proses fermentasi dan juga proses enzimatis (Pinem *et al.*, 2017)

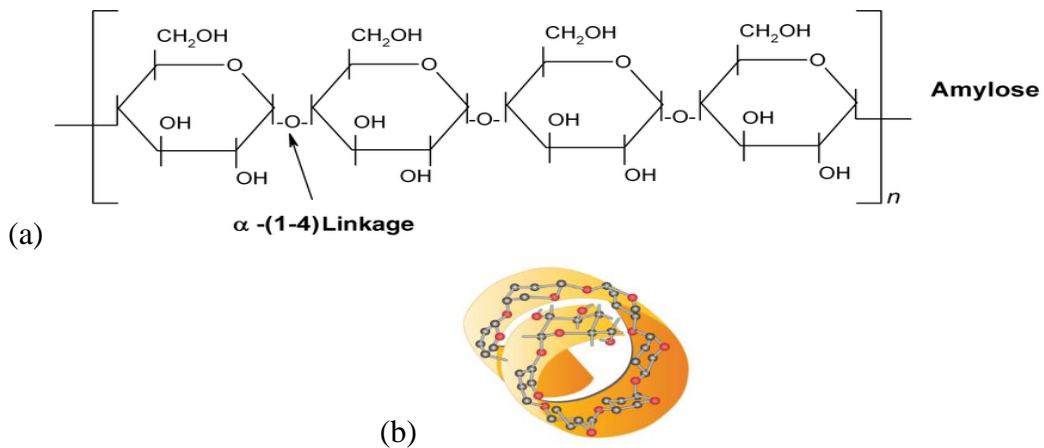
Teknik modifikasi secara fermentasi memanfaatkan mikroorganisme dalam merubah sifat dari pati alami. Proses fermentasi secara spontan dalam modifikasi pati alami dilakukan dengan merendam bahan dalam air pada selang waktu tertentu dengan memanfaatkan mikroorganisme dari lingkungan. Selama proses berlangsung, aktivitas dari mikroorganisme seperti bakteri asam laktat menyebabkan terjadinya perubahan sifat pada pati alami (Triwiyono *et al.*, 2020).

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri Gram positif yang dapat ditemukan pada produk fermentasi spontan, seperti singkong, asinan buah dan sayur (Nurhayati. *et al.*, 2011). BAL bersifat amilolitik yaitu mampu menghasilkan enzim amilase untuk mendegradasi pati (Yusmarini *et al.*, 2017). Contoh dari bakteri asam laktat yaitu *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. amylophilus*, *L. amilolyticus*, *Leuconostoc cellobiosus*, *Leuconostoc sp*, *Streptococcus bovis*, dan *S. Macedonicus* (Nurhayati *et al.*, 2011). BAL dapat memfermentasi pangan yang mengandung karbohidrat, seperti umbi-umbian, serelia, dan lain sebagainya. Bakteri ini mampu menghasilkan enzim dan asam yang dapat menghidrolisis sebagian pati. Sajilata *et al.*, (2006), melaporkan bahwa perubahan struktur pati dari kristalin menjadi lebih amorf, meningkatkan kemampuan pelepasan amilosa serta menurunkan suhu gelatinisasi. Banyaknya amilosa yang terlarut selama proses gelatinisasi akan mempengaruhi semakin tinggi terjadinya retrogradasi pati selama proses pendinginan. Pati yang mengalami retrogradasi akan memiliki sifat lebih resisten terhadap enzim pencernaan. Pati ini disebut dengan pati resisten tipe III (RSIII).

2.5 Pati

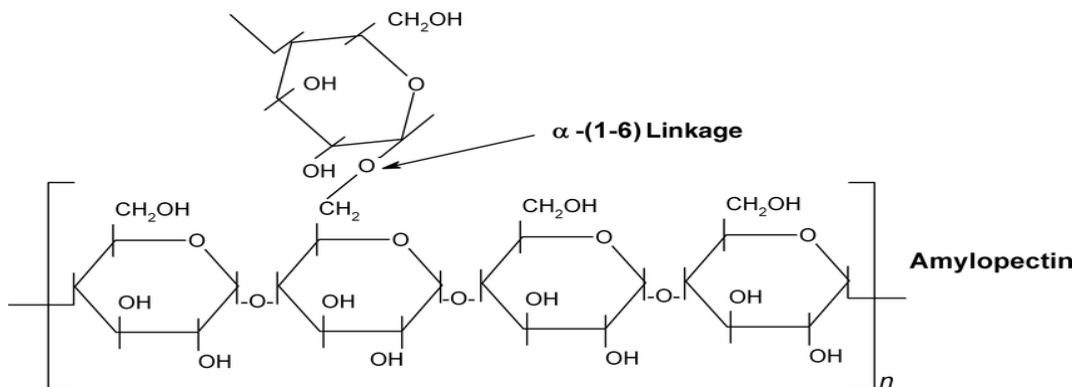
Pati merupakan salah satu jenis karbohidrat kompleks yang utama pada tanaman hijau dan digunakan selama pertumbuhan tanaman tersebut. Pati diperoleh dari berbagai tanaman yang tersebar di alam dan dapat diekstrak dari sumbernya, seperti biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, dan juga buah-buahan. Pati sangat penting sebagai makronutrien karena berfungsi sebagai sumber energi utama. Umumnya, pati mengandung sekitar 15-30% amilosa dan 70-85% amilopektin (Setiarto *et al.*, 2018).

Pati tersusun dari dua makromolekul yaitu amilosa dan amilopektin yang tersimpan dalam butiran yang disebut dengan granula (Herawati, 2011). Amilosa merupakan kumpulan beberapa monomer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik (Risoyatiningsih, 2011; Gambar 2.2). Berat molekul amilosa yaitu sekitar 1×10^5 - 1×10^6 . Derajat polimerisasi (DP) amilosa yaitu sekitar 500. Amilosa memiliki rantai yang berbentuk heliks yang mengandung atom H sehingga bersifat hidrofobik yang memungkinkan amilosa dapat membentuk ikatan kompleks dengan asam lemak bebas, komponen asam lemak dari gliserida. Umumnya, amilosa merupakan bagian linier dari pati, walaupun jika dihidrolisis dengan α -amilase pada beberapa jenis pati tidak menghasilkan hidrolisis yang sempurna (Setiarto *et al.*, 2018). Amilosa dihidrolisis oleh enzim alfa amilase menjadi unit-unit residu glukosa dengan memutus ikatan α -1,4. Kandungan amilosa yang semakin tinggi mengakibatkan kapasitas penyerapan air dan elastisitas semakin menurun sehingga tingkat kekerasan semakin meningkat. Oleh karena itu, tingginya fraksi amilosa yang terkandung dalam pati maka akan menyebabkan suatu produk memiliki tekstur yang semakin padat.



Gambar 2.2 (a) Struktur Kimia Amilosa; (b) Struktur heliks Amilosa
 Sumber : (Visakh *et al.*, 2014)

Amilopektin merupakan kumpulan monomer glukosa yang dihubungkan oleh α -1,4 glikosidik pada rantai lurusanya dan terdapat ikatan α -1,6 glikosidik pada rantai cabangnya. Setiap cabang pada percabangan amilopektin terdiri atas 25-30 unit D-glukosa (Nurtiana & Pamela, 2019; Gambar 2.3). Berat molekul amilopektin lebih tinggi dibandingkan amilosa yaitu sekitar 1×10^6 - 1×10^9 . Derajat polimerisasi pada amilopektin bergantung pada ukuran amilopektinnya, derajat polimerisasi pada amilopektin berukuran kecil yaitu kisaran 700-2100, ukuran sedang 4400-8400, dan ukuran besar kisaran 13400-26500.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Amilopektin
 Sumber : (Visakh *et al.*, 2014)

Fraksi terlarut disebut amilosa karena mengandung gugus hidroksil dan membentuk lapisan transparan apabila dipanaskan dalam air sedangkan fraksi tidak larut dan cenderung tidak teretrogradasi disebut amilopektin (Herawati, 2011). Rasio antara amilosa dan amilopektin berpengaruh pada sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi pati. Semakin rendah kandungan amilosa pada pati maka pati yang dihasilkan akan semakin kental begitu juga sebaliknya (Nisah, 2018). Sementara, kandungan amilopektin yang tinggi menyebabkan tekstur pati lebih lunak dengan rasa yang enak (Dianty, 2010). Granula pati memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda bergantung dari sumbernya. Granula pati menentukan karakteristik pati dan pengaplikasiannya terhadap produk pangan (Audiensi, 2019). Ukuran granula menjadi

salah satu faktor penentu suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi merupakan suhu saat suspensi pati dipanaskan hingga mengembang dan membentuk gel (Gultom *et al.*, 2014). Ukuran granula pati juga berpengaruh pada saat proses modifikasi pati (Krisna, 2011). Ukuran granula pati yang kecil menyebabkan proses hidrolisis secara asam maupun enzimatis lebih efektif dan bereaksi dengan cepat dan lebih baik dibandingkan ukuran granula yang besar (Dewi *et al.*, 2012).

2.6 Gelatinisasi Pati

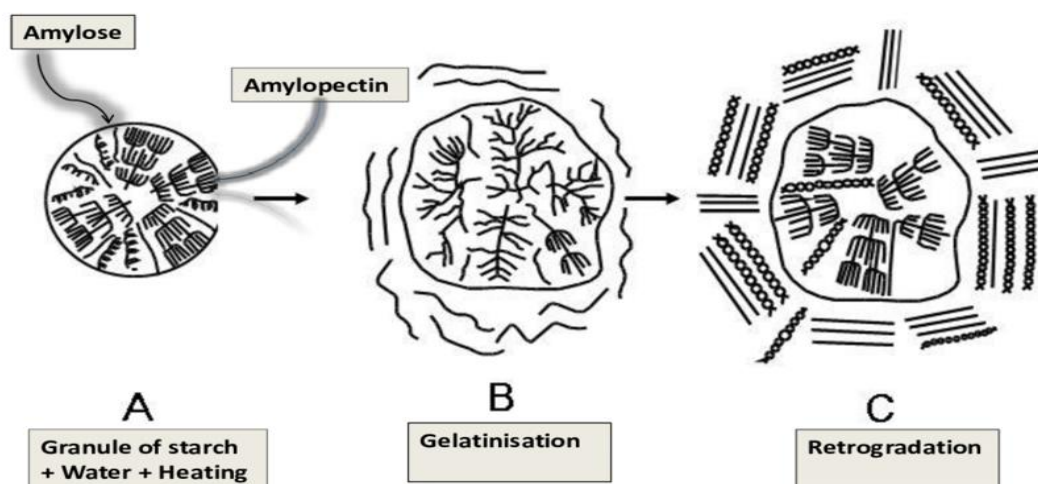
Sifat dari granula pati alami yaitu tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam air jika suspensi pati dipanaskan di atas suhu gelatinisasi. Pemanasan menyebabkan kerusakan struktur kristal pati. Apabila pati disuspensikan dalam air dan dipanaskan pada suhu dan waktu tertentu, maka granula pati akan mengalami pembengkakan dan amilosa keluar dari granula pati. Rusaknya granula pati akibat pemanasan dikenal dengan gelatinisasi (Krisna, 2011).

Pada proses gelatinisasi, granula pati mengalami pengembangan (*swelling*) secara berangsur-angsur dengan meningkatnya suhu pemanasan. Granula pati yang mengalami pengembangan terjadi karena molekul-molekul air masuk ke dalam granula pati dan terperangkap pada molekul-molekul amilosa dan amilopektin (Karneta *et al.*, 2014). Naiknya suhu pada suspensi pati, maka mengakibatkan granula pati semakin membesar. Proses dari gelatinisasi pati juga menyebabkan terjadinya disosiasi *double helix* dari amilopektin dan peluruhan dari kristalit (Oksilia & Pratama, 2018). Akibat dari disosiasi *double helix* ini menyebabkan rantai amilopektin kehilangan sifat *birefringence* dan kristalinitas granula pati (Faridah *et al.*, 2014).

2.7 Retrogradasi Pati

Peristiwa retrogradasi pati disebabkan oleh pati yang telah tergelatinisasi jika disimpan pada suhu rendah, sehingga terjadi rekristalisasi amilosa. Retrogradasi merupakan peristiwa kristalisasi kembali ikatan hidrogen antar molekul amilosa dan amilopektin dalam pati yang telah tergelatinisasi (Karneta *et al.*, 2014). Retrogradasi utamanya disebabkan oleh molekul amilosa karena ikatan hidrogen antar molekul amilosa lebih mudah terbentuk (Gambar 2.4). Ikatan hidrogen antara molekul amilosa dan amilopektin semakin kuat apabila dilakukan proses pembekuan dan pendinginan. Apabila pendinginan dilakukan hingga suhu yang lebih rendah maka suspensi pati akan berangsur-angsur membentuk gel pati, sehingga ikatan hidrogen antar molekul amilosa dan amilopektin semakin kuat dan cenderung kompak (Krisna, 2011).

Banyaknya jumlah fraksi amilosa yang keluar dari granula selama proses gelatinisasi, maka akan berpengaruh terhadap retrogradasi. Semakin banyak fraksi amilosa yang keluar, maka akan semakin banyak pati retrogradasi yang terbentuk saat proses retrogradasi (Srichuwong, 2006). Faktor utama yang mempengaruhi retrogradasi yaitu suhu dan lama penyimpanan. Dupuis *et al.*, (2014), melaporkan bahwa suhu pendinginan dalam proses retrogradasi yang digunakan bervariasi kisaran -20 sampai 95°C dengan lama penyimpanan yang digunakan 24, 48, dan 72 jam.



Gambar 2.4 Proses Retrogradasi pada Pati (Robles-Ramírez *et al.*, 2012)

2.8 Pati Resisten

Pati diklasifikasikan menjadi pati yang dapat dicerna dan yang tidak dapat dicerna. Pati yang dapat dicerna merupakan pati yang dipecah oleh enzim di dalam saluran pencernaan menjadi glukosa (Willem *et al.*, 2018). Pati yang dapat dicerna terdiri dari 2 kelompok yaitu pati dapat dicerna dengan cepat (*rapidly digestible starch*) dan pati yang dapat dicerna secara lambat (*slowly digestible starch*) (Herawati, 2011).

Pati yang tidak dapat dicerna (*non-digestible starch*) atau yang dikenal dengan pati resisten merupakan pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pada saluran pencernaan manusia dan tidak diserap di dalam usus halus tetapi dapat difermentasi secara lambat oleh mikroflora di usus besar (Herawati, 2011). Fermentasi dari pati resisten oleh mikroflora menghasilkan asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid* atau SCFA), seperti asam asetat, propionat, dan butirat. Namun, hasil dari fermentasi pati resisten lebih banyak mengandung asam butirat (Harmani *et al.*, 2016). Pati resisten memiliki karakteristik dan fungsi seperti serat pangan, sehingga pati resisten berperan penting untuk fungsi fisiologi tubuh, antara lain menurunkan indeks glikemik, menurunkan kolesterol, dan mengurangi resiko kanker usus sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan pangan fungsional (Rozali *et al.*, 2018). Kandungan dari pati resisten dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin, konsentrasi pati, siklus pemanasan dan pendinginan, serta kondisi penyimpanan (Faridah, 2011).

Menurut Herawati, (2011), pati resisten atau *resistant starch* (RS) terdiri dari empat tipe yaitu RS tipe I, RS tipe II, RS tipe III, RS tipe IV dan RS tipe V. RS tipe I merupakan jenis pati yang secara fisik terperangkap dalam matriks sel sehingga enzim-enzim pencernaan sulit untuk menghidrolisis. Banyaknya jumlah RS1 dapat dipengaruhi oleh proses pengolahan dan dapat dikurangi ataupun dihilangkan dengan proses penggilingan. Pati jenis ini biasanya terdapat pada biji-bijian, gandum, dan sereal.

RS tipe II merupakan pati yang secara alami terdapat dalam granula pati, seperti pada pati pisang mentah dan pati kentang mentah. Jenis pati ini mudah tergelatinisasi dengan adanya proses pemasakan.

RS tipe III merupakan pati hasil retrogradasi yang terbentuk saat bahan pangan yang mengandung pati dipanaskan dan didinginkan secara berulang. Peristiwa retrogradasi pati menghasilkan makrokristal yang menyebabkan pati tahan panas dan enzim. Jenis pati ini

merupakan jenis pati yang paling stabil. Pati ini umumnya terdapat pada kentang yang dimasak dan didinginkan.

Pati resisten tipe IV merupakan jenis pati yang terbentuk dari modifikasi secara kimia melalui asetilasi dan hidrosipropilasi atau pati hasil repolimerisasi melalui terbentuknya ikatan silang pada rantai polimer.

Dari keempat jenis pati resisten tersebut, pati resisten tipe III termasuk salah satu tipe pati yang banyak digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional. Pembentukan RS III terjadi karena granula pati mengalami gelatinisasi akibat proses pemanasan dan terjadi pelepasan amilosa (Faridah, 2011). Saat pendinginan, rantai polimer terpisah membentuk *double heliks* dan mengalami pembentukan kembali ke struktur awalnya secara perlahan membentuk struktur yang rapat yang distabilkan oleh ikatan hidrogen. Peristiwa tersebut dikenal dengan sebutan retrogradasi (Karneta *et al.*, 2014). Amilosa teretrogradasi pada RS III bersifat stabil terhadap panas dan sangat tahan terhadap enzim amilase (Herawati, 2011).

2.9 Tepung Ubi Jalar Ungu

Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tepung dengan kadar air hingga 7% merupakan salah satu cara untuk memperpanjang masa simpan dari ubi jalar ungu (Nurdjanah & Yuliana, 2019). Tepung ubi jalar ungu memiliki kandungan kadar air, kadar abu, kadar protein, lemak, karbohidrat dan serat masing-masing mencapai 7,28%, 5,31%, 2,79%, lemak 0,81%, 83,81%, dan 4,72% (Naim, 2016). Nurdjannah & Yuliana, (2013), melaporkan bahwa antosianin pada tepung ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki sebesar 63,15 mg/100 g sementara pada hasil penelitian Ningsih, (2015), kadar antosianin ubi jalar ungu diperoleh sebesar 18,1-25,7 mg/100 g bergantung pada lama pendinginan. Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tepung lebih mudah dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri pangan maupun non pangan. Proses pengeringan pada pembuatan ubi jalar ungu perlu diperhatikan agar diperoleh tepung yang berkualitas. Proses pengeringan pada ubi jalar ungu dilakukan pada suhu 60°C (Naim, 2016). Permasalahan utama dalam pembuatan ubi jalar ungu yaitu reaksi pencoklatan enzimatik, sehingga warnanya akan terlihat kusam akibat dari enzim fenolase. Cara menghambat reaksi pencoklatan enzimatik tersebut yaitu ubi ungu dikukus terlebih dahulu untuk merusak struktur dari enzim fenolase tersebut (Richana, 2013). Umumnya, suhu optimum reaksi enzimatik yaitu pada suhu 30-40°C, sehingga pada suhu 45°C enzim mulai terdenaturasi dan pada suhu 60°C enzim mengalami dekomposisi (Sirait *et al.*, 2020). *Blanching* merupakan proses pemanasan pada bahan pangan menggunakan suhu dibawah 100°C. Proses *blanching* dapat dilakukan melalui dua cara yaitu pemanasan langsung dengan air panas (*hot water blanching*) atau dengan menggunakan sistem uap (*steam blanching*). Tujuan dari *blanching* yaitu untuk menginaktifkan enzim yang mengakibatkan perubahan pada warna, tekstur, serta cita rasa pada bahan pangan (Sari, 2010).