

**SKRIPSI**

**PENGARUH KADAR AIR DAN SUHU PENDINGINAN TERHADAP  
PENINGKATAN PATI RESISTEN TIPE III PADA TEPUNG UMBI  
GEMBILI (*Dioscorea esculenta* L.)**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANDI WIDYA HELMALIA PUTRI**

**G031171504**



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

**PENGARUH KADAR AIR DAN SUHU PENDINGINAN TERHADAP  
PENINGKATAN PATI RESISTEN TIPE III PADA TEPUNG UMBI  
GEMBILI (*Dioscorea esculenta* L.)**

*The Effect of Water Content and Cooling Temperature on The Increase of Type III  
Resistant Starches (RS III) in The Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* L.) Flour*

**OLEH:**

**Andi Widya Helmalia Putri**

**G031171504**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian

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

## LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**PENGARUH KADAR AIR DAN SUHU PENDINGINAN TERHADAP  
PENINGKATAN PATI RESISTEN TIPE III PADA TEPUNG UMBI GEMBILI  
(*Dioscorea esculenta* L.)**

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI WIDYA HELMALIA PUTRI  
G031171504**

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 24 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Ir. Nandi Kuswandi Sukendar, M. App.Sc**  
Nip. 19571103 198406 1 001

Pembimbing Pendamping



**Dr. Ir Andi Hasizah, M.Si**  
Nip. 19680522 201508 2 001

Ketua Program Studi,



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

Tanggal Lulus: Februari 2021

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Andi Widya Helmalia Putri  
NIM : G031171504  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Pengaruh Kadar Air dan Suhu Pendinginan terhadap Peningkatan Pati Resisten Tipe III pada Tepung Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.)**

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, Februari 2021

Yang Menyatakan



Andi Widya Helmalia Putri

## ABSTRAK

ANDI WIDYA HELMALIA PUTRI (G031171504). Pengaruh Kadar Air dan Suhu Pendinginan terhadap Peningkatan Pati Resisten Tipe III pada Tepung Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.). Dibimbing oleh NANDI KUSWANDI SUKENDAR dan ANDI HASIZAH.

**Latar belakang** Pati resisten merupakan pati non kalori yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan. Pati resisten di usus besar akan difermentasi dan menghasilkan asam lemak rantai pendek yang memberikan efek fisiologis untuk tubuh. Bahan pangan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pati resisten adalah umbi gembili. Umbi gembili kaya akan senyawa bioaktif dan kandungan pati yang tinggi. Peningkatan pati resisten dapat dilakukan melalui modifikasi fisik seperti pemanasan untuk menghasilkan pati resisten tipe III. **Tujuan** penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh metode pemanasan terhadap tingkat kekerasan chip umbi gembili, perbedaan kadar air dan suhu pendinginan terhadap peningkatan pati resisten tepung umbi gembili. **Metode** Penelitian ini terdiri dari 3 tahap, tahap 1 untuk menentukan metode pemanasan yang digunakan, tahap 2 untuk menentukan kadar air awal chip umbi gembili yang digunakan dan tahap 3 untuk menentukan suhu pendinginan yang digunakan. Penentuan perlakuan terbaik dari tahap 1 ditentukan berdasarkan tingkat kekerasan tertinggi pada chip umbi hasil perlakuan, sedangkan tahap 2 dan tahap 3 ditentukan berdasarkan kandungan pati resisten tertinggi pada tepung umbi gembili. **Hasil** Perlakuan tahap 1 yaitu metode pemanasan tidak berpengaruh nyata secara statistik dalam meningkatkan kekerasan, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *autoclave* yaitu sebesar 12,80%, pengukusan sebesar 12,40%, dan *microwave* sebesar 9,63%. Hasil perlakuan tahap 2 pada kandungan air chip (preparasi awal) berbeda nyata, nilai pati resisten tertinggi terdapat pada kadar air 75% yaitu sebesar 47,86%, kadar air 45% sebesar 30,22%, dan kadar air 35% sebesar 38,13%. Hasil perlakuan tahap 3 pada suhu pendinginan berbeda nyata, nilai pati resisten tertinggi terdapat pada suhu 4°C yaitu sebesar 54,04%, suhu 15°C sebesar 41,67%, dan suhu 30°C sebesar 28,76%. **Kesimpulan** Metode pemanasan yang digunakan tidak berpengaruh dalam meningkatkan kekerasan chip umbi gembili, kekerasan tertinggi terdapat pada perlakuan *autoclave* yaitu 12,80 g(force). Kandungan air pada preparasi awal yang digunakan menghasilkan kadar pati resisten tertinggi pada perlakuan kadar air 75% yaitu 47,86%. Suhu pendinginan yang digunakan menghasilkan kadar pati resisten tertinggi pada perlakuan suhu 4°C yaitu 54,04%.

**Kata kunci:** Gembili, tepung, pati resisten, retrogradasi

## ABSTRACT

ANDI WIDYA HELMALIA PUTRI (G031171504). The Effect of Water Content and Cooling Temperature on The Increase of Type III Resistant Starches (RS III) in The Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* L.) Flour. Supervised by NANDI KUSWANDI SUKENDAR and ANDI HASIZAH.

**Background** Resistant starch is a non-caloric starch that cannot be hydrolyzed by digestive enzymes. Resistant starch in the large intestine is fermented and produces short chain fatty acids that provide physiological effects to the body. Local foodstuffs that can be used as a source of resistant starch are lesser yam. Lesser yam are rich in bioactive compounds and high starch content. The resistant starch content can be increased significantly through physical modification such as heating in order to produce type III resistant starches. **Purpose** The purpose of this study was to determine the effect of heating methods on the hardness value of the lesser yam chips produced, the effect on differences in water content and cooling temperatures on the increase type III resistant starches of the lesser yam flour. **Method** This research method consists of 3 steps, step 1 was to determine the heating method used, step 2 was to determine the initial water content of the lesser yam chips used and step 3 was to determine the cooling temperature used. The result of the best treatment from step was based on the highest value of hardness on the treated chips, the result step 2 and step 3 were determined based on the highest value of resistant starch content in the lesser yam flour. **Results** The results from first step treatment was, the heating methods had no significant effect in increasing the hardness of the chips, the highest hardness value was found using the autoclave 12,80%, steaming 12,40%, and microwave 9,63%. In the second step treatment on the water content of the chip (initial preparation) were significantly different, the highest value of the resistant starch was found at 75% water content 47,86%, 45% water content 30,22%, and 35% water content 38,13%. The results of third step treatment at cooling temperatures were significantly different, the highest value of the resistant starch was at 4°C which was 54,04%, 15°C was 41,67%, and 30°C was 28,76%. **Conclusion** The highest value of hardness was found using an autoclave treatment 12,80 g(force). The water content of the initial preparation produced the highest value of resistant starch in the 75% water content treatment was 47,86%. The cooling temperature used to produce the highest value resistant starch content at 4°C treatment was 54,04%.

**Keywords:** Lesser yam, flour, resistant starch, retrogradation

## PERSANTUNAN

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat, anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang berperan dalam menebarkan kebenaran. Tugas akhir ini menjadi tantangan bagi penulis untuk menyelesaikannya dengan sepenuh hati agar menjadi hadiah untuk orang-orang yang telah memberikan kebahagiaan di dalam hidup penulis. Selama proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Terima kasih kepada dosen pembimbing **Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc** dan **Dr. Ir. Andi Hasizah, M.Si** atas bantuan dan arahnya selama penulis mengerjakan tugas akhir ini, yang dengan penuh kesabaran dan tanpa lelah dalam membimbing penulis. Terima kasih kepada dosen penguji **Prof. Dr. Ir. Mulyati M. Tahir, MS** dan **Dr. Ir. Jumriah Langkong, MS** yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan saran dan nasehat agar tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi. Kepada **Februadi Bastian, S. TP., M.Si., Ph.D** selaku Ketua Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan serta seluruh dosen Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah membekali pengetahuan serta wawasan yang luas kepada penulis. Seluruh staff akademik dan laboran terkhusus **Ir. Hj. Andi Nurhayati** yang banyak membantu penulis selama penelitian.

Rekan seperjuangan dalam dunia perkuliahan **Bunsen 2017** dan **Equalizer 2019** yang selalu mendukung dan menyemangati penulis. **Tadika Mesra** yang menjadi saudari mulai dari awal perkuliahan hingga saat ini, terkhusus kepada **Ni Putu, Lu'lu, Erlinda, Septhree,** dan **Johana** sebagai *support system* bagi satu sama lain. Kepada **Nurchalisah Rustan M.** yang menjadi teman kuliah dan teman penelitian pati resisten, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Kepada teman laboratorium **Monivia, Rahma, Shazkia, Lulu, Sulfi, Jelita, Eni, Lusi, Dindel, Yuli, Fatin, Sam, Shifa,** dan **Rina** terima kasih telah saling menyemangati selama proses penelitian. Kepada sahabat tersayang **Riza** dan **Kiki**, terima kasih telah menerima penulis dalam lingkaran persahabatan yang indah ini. Dan kepada kakak senior Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan yang banyak memberikan bantuan kepada penulis.

Akhirnya, kepada orang tua penulis, ibunda tercinta **Ramlah** dan ayahanda **Andi Mallarangan, S.T.** dan **Ahmar Tahir** kepada ketiganyalah segala dedikasi penulis persembahkan. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan dan doa yang tiada henti-hentinya mengalir seperti sungai demi kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk kedua kakak **Andi Thamrin Malluluang S.T.** dan **Andi Wahyu Malluluang** yang telah memberikan motivasi serta perhatian kepada penulis. Kedua adik tercinta **Ryan Anugerah** dan **Daffa Ibnu Hafidz** yang senantiasa mengisi hari-hari penulis. Keponakan tersayang **Andi Athala Ramadhan** yang telah memberikan semangat selama proses penelitian. Kepada sanak saudara yang senantiasa mendukung penulis dengan doa baik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca. Penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya. Aamiin.

Makassar, Februari 2021

Andi Widya Helmalia Putri

## RIWAYAT HIDUP



Andi Widya Helmalia Putri lahir di Ujung Pandang pada tanggal 6 Mei 1999 dan merupakan anak ketiga dari lima bersaudara. Putri dari pasangan Andi Mallarangan, S.T. dan Ramlah. Pendidikan formal yang telah dijalani adalah :

1. Sekolah Dasar Negeri 71 Rappojawa
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Makassar
3. Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Makassar

Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui Jalur Non Subsidi (JNS) dan tercatat sebagai Mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis pernah menjadi koordinator asisten laboratorium untuk praktikum Aplikasi dan Bioteknologi pangan (2021). Selain itu penulis pernah mengikuti kegiatan lomba karya tulis ilmiah tingkat nasional Agritech Writing Contest 2018 yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian dan berhasil meraih juara Pameran Terbaik. Penulis juga mengikuti lomba tingkat departemen Agritech Entrepreneurship 2019 yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian dan berhasil meraih juara kedua.

Penulis juga aktif di UKM Radio Kampus EBS FM Unhas sebagai anggota divisi External Relation 2020 dan 2021. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan magang di instansi pemerintahan di Indonesia yaitu Badan Pengawas Obat dan Makanan khususnya di daerah Makassar, Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) Makassar pada Laboratorium Mikrobiologi Pangan.



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
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 .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Pati .....	4
2.2 Pati Resisten .....	5
2.3 Umbi Gembili ( <i>Dioscorea esculenta</i> L.) .....	7
2.4 <i>Autoclaving-Cooling</i> .....	8
2.5 Radiasi Gelombang Mikro ( <i>Microwave</i> ).....	9
2.6 Pengukusan.....	10
2.7 Retrogradasi.....	10
2.8 Tepung Umbi Gembili.....	11
3. METODE.....	13
3.1 Tempat dan Waktu .....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Tahapan Penelitian .....	13
3.3.1 Pengaruh Metode Pemanasan .....	13
3.3.2 Pengaruh Kadar Air .....	14
3.3.3 Pengaruh Suhu Pendinginan .....	14

3.4	Parameter Pengamatan .....	15
3.5	Rancangan Penelitian .....	18
3.6	Analisis Statistik.....	18
3.7	Diagram Alir.....	18
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	21
4.1	Penelitian Tahap Pertama .....	21
4.1.1	Tingkat Kekerasan .....	21
4.2	Penelitian Tahap Kedua.....	24
4.2.1	Kadar Pati .....	24
4.2.2	Kadar Amilosa .....	26
4.2.3	Kadar Amilopektin .....	27
4.2.4	Kadar Pati Resisten.....	28
4.2.5	Tingkat Kecerahan.....	30
4.2.6	Rendemen Tepung.....	31
4.3	Penelitian Tahap Ketiga .....	33
4.3.1	Kadar Pati .....	33
4.3.2	Kadar Amilosa .....	34
4.3.3	Kadar Amilopektin .....	36
4.3.4	Kadar Pati Resisten.....	37
4.3.5	Tingkat Kecerahan.....	38
4.3.6	Rendemen Tepung.....	40
5.	KESIMPULAN .....	42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42
	DAFTAR PUSTAKA .....	43
	LAMPIRAN .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Kandungan Gizi Umbi Gembili dalam 100 Gram.....	8
Tabel 2.	Perlakuan Terbaik terhadap Parameter Tingkat Kekerasan dengan <i>Texture Analyzer</i> pada Chip Umbi Gembili.....	24
Tabel 3.	Perlakuan Terbaik Kadar Air terhadap Tepung Umbi Gembili.....	32
Tabel 4.	Perlakuan Terbaik Suhu Pendinginan terhadap Tepung Umbi Gembili .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Amilosa dan Amilopektin.....	4
Gambar 2.	Umbi Gembili ( <i>Dioscorea Esculenta</i> L.).....	7
Gambar 3.	Proses Perubahan Pati selama Pemanasan dan Pendinginan.....	10
Gambar 4.	Perlakuan Tahap 1 .....	18
Gambar 5.	Perlakuan Tahap 2 .....	19
Gambar 6.	Perlakuan Tahap 3 .....	20
Gambar 7.	Hubungan Metode Pemanasan terhadap Tingkat Kekerasan Chip Umbi Gembili. ....	23
Gambar 8.	Hubungan Kadar Air terhadap Kadar Pati Tepung Umbi Gembili. ....	25
Gambar 9.	Hubungan Kadar Air terhadap Kadar Amilosa Tepung Umbi Gembili. ....	26
Gambar10.	Hubungan Kadar Air terhadap Kadar Amilopektin Tepung Umbi Gembili. ....	28
Gambar 11.	Hubungan Kadar Air terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Umbi Gembili....	29
Gambar 12.	Hubungan Kadar Air terhadap Tingkat Kecerahan Tepung Umbi Gembili.....	31
Gambar 13.	Hubungan Kadar Air terhadap Rendemen Tepung Umbi Gembili .....	32
Gambar 14.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Kadar Pati Tepung Umbi Gembili. ....	33
Gambar 15.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Kadar Amilosa Tepung Umbi Gembili. ....	35
Gambar 16.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Kadar Amilopektin Tepung Umbi Gembili. ....	36
Gambar 17.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Umbi Gembili. ....	37
Gambar 18.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Tingkat Kecerahan Tepung Umbi Gembili .....	39
Gambar 19.	Hubungan Suhu Pendinginan terhadap Rendemen Tepung Umbi Gembili .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tahap 1 Data Hasil Pengujian Tekstur Kekerasan Chip Umbi Gembili .....	53
Lampiran 2.	Data Hasil Pengujian Kadar Air Chip Umbi Gembili .....	54
Lampiran 3.	Tahap 2 Data Hasil Pengujian Kadar Pati Pada Tepung Umbi Gembili .....	55
Lampiran 4.	Tahap 2 Data Hasil Pengujian Kadar Amilosa Pada Tepung Umbi Gembili...	56
Lampiran 5.	Tahap 2 Data Hasil Pengujian Kadar Amilopektin Pada Tepung Umbi Gembili .....	57
Lampiran 6.	Tahap 2 Data Hasil Pengujian Kadar Pati Resisten Pada Tepung Umbi Gembili .....	58
Lampiran 7.	Tahap 2 Data Hasil Pengujian Tingkat Kecerahan Pada Tepung Umbi Gembili .....	59
Lampiran 8.	Tahap 2 Data Hasil Perhitungan Rendemen Pada Tepung Umbi Gembili.....	59
Lampiran 9.	Tahap 3 Data Hasil Pengujian Kadar Pati Pada Tepung Umbi Gembili .....	60
Lampiran 10.	Tahap 3 Data Hasil Pengujian Kadar Amilosa Pada Tepung Umbi Gembili...	61
Lampiran 11.	Tahap 3 Data Hasil Pengujian Kadar Amilopektin Pada Tepung Umbi Gembili .....	62
Lampiran 12.	Tahap 3 Data Hasil Pengujian Kadar Pati Resisten Pada Tepung Umbi Gembili .....	63
Lampiran 13.	Tahap 3 Data Hasil Pengujian Tingkat Kecerahan Pada Tepung Umbi Gembili .....	64
Lampiran 14.	Tahap 3 Data Hasil Perhitungan Rendemen Pada Tepung Umbi Gembili.....	64
Lampiran 15.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	65

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kesehatan tubuh merupakan pondasi penting bagi manusia dalam menjalani aktivitas secara produktif. Hal ini dapat dicapai dengan menjalani pola hidup sehat dan teratur, khususnya pola makanan. Makanan cepat saji yang sering dikonsumsi oleh masyarakat banyak mengandung gula, lemak jenuh tinggi, rendahnya serat dan zat gizi mikro lainnya. Hal ini menyebabkan tingginya angka penyakit degeneratif di kalangan masyarakat. Menurut *World Health Organization* (WHO), penyakit tidak menular diperkirakan menyumbang sebesar 73% dari total kematian yang terjadi di Indonesia (WHO, 2018). Penyakit degeneratif adalah jenis penyakit yang menurunkan fungsi sel-sel tubuh sebelum waktunya dan merupakan penyakit tidak menular (Dhani dan Yamasari, 2014). Oleh karena itu, masyarakat mulai mengubah pandangannya bahwa produk makanan tidak hanya harus memiliki cita rasa yang enak, mengenyangkan, dan tampilan yang menarik tetapi juga menuntut suatu produk untuk memberikan efek fungsional bagi kesehatan tubuh dalam mencegah timbulnya penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes, kanker, kolesterol, dan sebagainya. Salah satu komponen bahan pangan yang dapat ditambahkan pada pengembangan produk fungsional adalah pati resisten atau *resisten starch* (Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010).

*Resistant Starch* (RS) atau pati resisten merupakan pati non-kalori mirip serat pangan yang tidak dapat dicerna atau dihidrolisis oleh enzim pencernaan sehingga akan difermentasi oleh bakteri di usus besar yang bermanfaat untuk meningkatkan efek fisiologis bagi sistem pencernaan (Jyothsna dan Hymavathi, 2017). Pati resisten alami dapat ditemukan pada bahan pangan seperti kentang, pisang mentah, biji-bijian, sereal, dan kacang-kacangan. Selain itu terdapat pula pati resisten modifikasi atau non alami yang telah melewati proses perlakuan secara fisik, kimiawi, dan enzimatis. Pati resisten terdiri dari 5 jenis, yaitu RS I, RS II, RS III, RS IV, dan RS V (Raigond *et al.*, 2014). Pati resisten dapat merangsang pertumbuhan bakteri baik, memiliki indeks glikemik rendah (Bodinham *et al.*, 2012) sehingga dapat disarankan sebagai diet kalori karbohidrat, serta menghasilkan produk samping hasil fermentasi yaitu *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) yang memiliki manfaat bagi kesehatan tubuh (Lockyer dan Nugent, 2017). Pati resisten dapat digunakan sebagai fortifikasi serat karena memiliki sifat yang elastis sehingga mudah di aplikasikan pada produk pangan.

Salah satu motivasi pengembangan RS III yaitu pemenuhan permintaan pasar karena banyak dibutuhkan di industri pangan ataupun industri non pangan. RS III dapat mempertahankan karakteristik organoleptik pada produk (Setiarto dkk., 2015) dan relatif tahan panas sehingga stabil selama proses pengolahan (Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010). RS III terbentuk dari hasil retrogradasi pati, molekul pati yang berperan dalam retrogradasi adalah amilosa dan amilopektin. Setelah gelatinisasi, amilosa ter re-kristalisasi dengan cepat karena kemampuannya yang mudah berasosiasi dengan sesamanya, kemudian diikuti dengan kristalisasi dari amilopektin yang berjalan secara lambat bergantung dengan kemampuan rantai bercabang dalam membentuk asosiasi (Wang *et al.*, 2015). Amilosa lebih mudah keluar dari granula karena memiliki rantai lurus dibandingkan amilopektin dengan rantai bercabang. Sehingga semakin banyak molekul amilosa yang berikatan maka semakin tinggi pula kandungan RS III. Faktor yang dapat mempengaruhi retrogradasi adalah kadar air dan suhu

pendinginan. Kadar air yang rendah dapat menyebabkan gelatinisasi dan retrogradasi tidak terjadi secara maksimal. Salah satu produk pati resisten yang telah dikomersialkan adalah HI-Maize yang berasal dari bahan baku pati jagung (Herawati, 2011). Sumber bahan pangan lokal yang kaya akan kandungan pati sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pati resisten adalah umbi gembili. Umbi gembili juga kaya akan senyawa bioaktif seperti diosgenin, dioscorin, glukomannan, dan inulin yang memiliki peran sebagai *immunomodulator* dalam pencegahan penyakit metabolik, peradangan, dan kanker (Prabowo *et al.*, 2014).

Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) merupakan jenis umbi-umbian yang belum dikenal secara luas oleh masyarakat namun berpotensi untuk dikembangkan. Gembili dapat tumbuh baik pada dataran rendah dan beberapa pada dataran tinggi (Nuryana, 2018), menyukai cahaya matahari penuh tetapi memiliki toleransi untuk tumbuh dibawah naungan (Lestari dkk., 2019), sehingga dapat dibudidayakan sebagai tanaman tumpang sari. Penelitian Mongngarm (2013) menunjukkan bahwa umbi gembili memiliki pati resisten tertinggi dari umbi lokal lainnya yaitu 23,25%. Data produktivitas gembili menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia pada tahun 2010 yaitu berkisar 60 ton dan meningkat pada tahun 2013 yaitu berkisar 180 ton (Kementerian Pertanian, 2010; Kementerian Pertanian, 2014). Umbi gembili memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dengan rendemen pati sebesar 34,92 % (Rugchati *et al.*, 2010), kadar air sekitar 64,49%, protein, lemak, serat, vitamin dan mineral (Sabda dkk., 2019). Umbi gembili mudah mengalami kerusakan karena memiliki kadar air yang tinggi sehingga untuk memperpanjang masa simpan umbi maka dapat dibuat dalam bentuk produk kering seperti tepung.

Tepung merupakan hasil pengolahan dari bahan pangan yang didapatkan dari penggilingan dengan kadar air yang rendah sehingga berpengaruh pada keawetan tepung (Prakarsa, 2016). Pengolahan umbi menjadi tepung menjadi salah satu alternatif produk setengah jadi yang dianjurkan karena selain memperpanjang masa simpan, produk tepung lebih mudah diaplikasikan secara langsung dalam produk-produk pangan, meningkatkan nilai ekonomis, lebih cepat diolah sesuai dengan tuntutan kehidupan yang serba praktis serta pengemasan yang lebih efisien (Prabowo dkk., 2014). Pengembangan umbi gembili menjadi tepung dapat menjadi solusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap tepung terigu yang masih diimpor. Untuk meningkatkan nilai fungsional pada tepung umbi gembili, kandungan pati yang tinggi pada tepung tersebut dapat dimodifikasi baik secara fisik, kimia, ataupun secara enzimatis.

Peningkatan pati resisten khususnya pada tipe III dapat dilakukan dengan modifikasi secara fisik yang terdiri dari banyak macam metode diantaranya *Heat Moisture Treatments* (HMT) dan *Annealing* (ANN), *autoclaving-cooling*, retrogradasi, tekanan hidrostatik tinggi, pra tanak, perebusan, pengukusan dan ekstrusi (Dupuis *et al.*, 2014). Metode konvensional yang memiliki potensi tertinggi untuk komersialisasi di industri adalah metode *autoclaving* dibandingkan dengan metode lainnya. Selain itu metode *autoclaving* cenderung lebih aman digunakan karena tidak menggunakan bahan kimia, dapat mengubah karakteristik pati, serta meningkatkan sifat resistensi pati (Zheng *et al.*, 2020). Metode *autoclaving-cooling* menggunakan tekanan uap bersuhu tinggi (120-145°C, 1 atm) dan dilanjutkan pada suhu rendah sehingga pati mengalami retrogradasi. Menurut penelitian Wariyah *et al* (2019), metode *autoclaving-cooling* yang dilanjutkan dengan pengeringan dapat meningkatkan pati resisten growol kering menjadi 16,55-17,04 g/100 bk. Peningkatan pati resisten dapat juga

dilakukan dengan gelombang mikro atau *microwave* dan metode ini lebih efisien dibandingkan pemanasan secara konvensional. Waktu yang dibutuhkan pada metode *microwave* relatif singkat dan tidak membutuhkan biaya yang tinggi sehingga cocok untuk digunakan dalam skala industri untuk mengurangi biaya produksi. Penelitian Li *et al* (2018) menggunakan metode *microwave* telah meningkatkan kadar amilosa dari pati kentang yang berperan dalam mengontrol daya cerna pati. Kandungan pati resisten kentang meningkat dari 11,54% menjadi 27,09%.

Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memperoleh tepung umbi gembili yang kaya akan RS III. Pentingnya pengembangan RS III pada tepung umbi gembili agar dapat menetralkan penyakit-penyakit degeneratif seperti kanker dan diabetes yang dapat muncul jika mengonsumsi bahan pangan tinggi pati mudah cerna yang dapat meningkatkan kadar glukosa darah. Oleh karena itu tepung umbi gembili kaya pati resisten dapat menjadi sebuah pendekatan alternatif dalam memproduksi produk-produk pangan fungsional bagi penderita diabetes melitus dan individu yang sedang melakukan diet atau menjaga kesehatan pencernaannya. Hal tersebutlah yang mendasari penelitian ini guna mengoptimalkan produksi hasil tepung umbi gembili di pasaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Umbi gembili memiliki kandungan pati yang tinggi sehingga berpotensi untuk ditingkatkan kandungan pati resistennya. Banyak macam metode modifikasi yang dapat digunakan, salah satunya modifikasi fisik. Namun pada proses peningkatan pati resisten tepung umbi gembili, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil akhirnya baik internal maupun eksternal. Oleh karena itu perlu diketahui metode pemanasan, kadar air dan suhu pendinginan yang berbeda-beda terhadap kadar pati resisten yang dihasilkan.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan kadar pati resisten tipe 3 yang tinggi dari tepung umbi gembili.

Tujuan khusus yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh metode pemanasan terhadap tingkat kekerasan pada chip umbi gembili.
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan kadar air terhadap peningkatan pati resisten pada tepung umbi gembili.
3. Untuk mengetahui pengaruh suhu pendinginan terhadap peningkatan pati resisten pada tepung umbi gembili.

## 1.4 Manfaat Penelitian

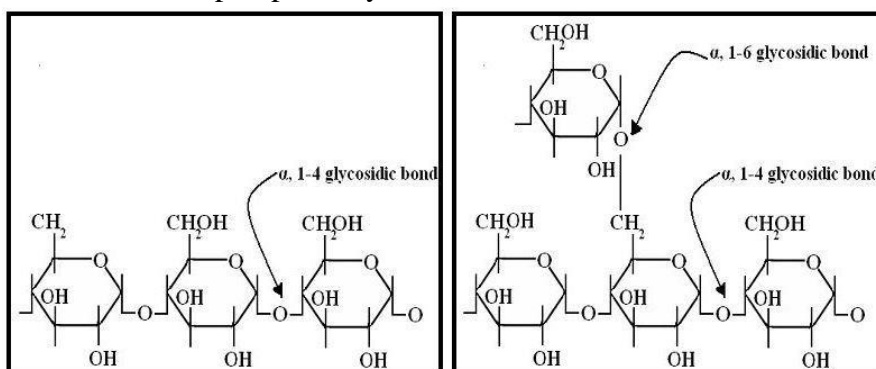
Hasil penelitian yang didapatkan diharapkan dapat menjadi sumber informasi terhadap penelitian selanjutnya dalam pengembangan metode peningkatan pati resisten secara fisik. Hasil tepung gembili diharapkan dapat berkontribusi dalam diversifikasi produk-produk pangan sehingga semakin banyak produk pangan yang berkhasiat sebagai pangan fungsional. Selain itu dapat meningkatkan kegunaan dari umbi lokal gembili untuk lebih dibudidayakan lagi oleh petani-petani di Indonesia.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pati

Pati merupakan jenis karbohidrat yang banyak ditemukan di tanaman hijau, protozoa, bakteri dan beberapa jenis lumut (Perin dan Murano, 2017) melalui proses fotosintesis dan digunakan sebagai sumber karbon dan juga energi bagi pertumbuhan tanaman (Niken dan Adepristian., 2013). Hasil fotosintesis tersebut akan menghasilkan glukosa yang akan terpolimerisasi menjadi amilosa dan amilopektin untuk membentuk granula pati. Pati pada tanaman disimpan di kloroplas dan amiloplas. Pati yang tersimpan di kloroplas disintesis dengan cepat oleh tanaman sedangkan pati di amiloplas dapat disimpan selama berhari-hari bahkan berminggu-minggu (Alcazar-alay dan Meireles, 2015). Pati terdiri dari 2 fraksi utama yaitu amilosa dan amilopektin. Kandungan dua fraksi tersebutlah yang membedakan sifat fungsional pati seperti sifat kelarutan, viskositas pasta, dan derajat gelatinisasinya (Cornejo-ramirez *et al.*, 2018). Amilosa merupakan polimer yang tersusun dari monomer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -(1,4)-Glikosidik dengan membentuk rantai yang lurus. Amilopektin merupakan polimer yang memiliki rantai cabang, rantai dasarnya dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-Glikosidik sedangkan titik percabangannya dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$ -(1,6)-Glikosidik. Amilopektin akan membentuk bagian kristalin yang rapat dan kompak sedangkan amilosa membentuk bagian amorf yang mudah ditembus oleh air, enzim, dan sebagainya (Wiadnyani dkk., 2015; Bertoft, 2017). Pati dapat ditemukan pada umbi-umbian, biji-bijian, buah-buahan maupun pada sayuran.



**Gambar 1. Struktur Amilosa dan Amilopektin**

Pati dan turunannya bersifat multifungsi sehingga banyak digunakan sebagai bahan tambahan pada berbagai industri seperti industri *confectionary*, minuman, makanan yang diproses, tekstil, kertas, farmasi, kosmetik, dan lain sebagainya (Wiadnyani dkk., 2015). Pati berperan sebagai pengental, *texturizer*, *stabilizer*, bahan pengisi, pengikat, agen pembentuk gel (Yazid *et al.*, 2018), dan pemanis (Rios-rios *et al.*, 2016). Menurut Copeland *et al* (2009), persentase kegunaan pati dan turunannya yang paling tinggi terdapat pada industri makanan dan minuman yaitu berkisar 60%, industri kertas dan tekstil sebanyak 25%, industri farmasi dan bahan kimia sebesar 10%, industri non pangan 4%, dan makanan ternak sebesar 1%. Dalam pengaplikasiannya, pati alami tidak banyak digunakan di industri karena pasta yang terbentuk akan mengeras, membutuhkan waktu yang lama, tidak jernih, dan tidak tahan terhadap proses pemanasan atau perlakuan asam (Sumardiono *et al.*, 2020). Oleh karena itu pati alami dapat dimodifikasi dengan memotong struktur molekul atau menyusun kembali

struktur molekul, oksidasi, dan atau melakukan substitusi gugus kimia pada molekul pati (Herawati, 2011). Hal ini bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat yang dibutuhkan seperti tahan panas, stabil, dan dapat meningkatkan jumlah pati resisten.

## 2.2 Pati Resisten

Pati berdasarkan daya cernanya terdiri dari 3 jenis yaitu *Rapidly Digestible Starch* (RDS) yang dapat dicerna dalam 20 menit, *Slowly Digestible Starch* (SDS) yang dapat dicerna antara 20-120 menit, dan *Resistent Starch* (RS) yang tidak dapat dicerna (Miao *et al.*, 2015). Pati resisten merupakan salah satu komponen pada bahan pangan yang memiliki sifat fungsional bagi tubuh. Pati resisten adalah sejumlah pati atau sisa pati yang tidak dapat diserap oleh usus halus sehingga akan difermentasi oleh mikroflora di usus besar. Hasil fermentasi tersebut dapat menghasilkan asam lemak rantai pendek atau *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) sehingga pH kolon menjadi lebih rendah (Erickson *et al.*, 2018). Pati resisten tahan terhadap proses hidrolisis karena memiliki struktur molekul yang kompak sehingga tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan (Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010). Pati resisten adalah komponen bahan pangan yang tidak mengandung kalori dan tidak dapat meningkatkan produksi gula darah sehingga memiliki peran fisiologis di dalam tubuh manusia (Jyothsna dan Hymavathi, 2017). Pati resisten digolongkan menjadi lima kelompok yaitu RS I, RS II, RS III, RS IV, dan RS V (Ai, 2013).

RS tipe I adalah jenis pati resisten alami yang terperangkap secara fisik di dalam sel-sel tanaman sehingga sulit untuk dihidrolisis oleh enzim pencernaan. RS I banyak ditemukan pada biji-bijian atau leguminosa, sereal, dan biji yang tidak diproses. Kandungan RS I dapat dipengaruhi oleh proses penggilingan sehingga untuk meminimalkan terjadinya kehilangan RS I dapat dilakukan dengan penggilingan kasar dan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan proses pengolahan (Roman dan Martinez., 2019). RS I memiliki sifat yang tahan panas yang memungkinkan penggunaannya sebagai bahan tambahan pada berbagai macam produk makanan konvensional (Sajilata *et al.*, 2006; Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010). RS I telah diaplikasikan pada pasta yang menghasilkan respons glukosa yang lebih rendah (Ai, 2013). RS tipe II adalah jenis pati resisten alami yang memiliki struktur granula rapat sehingga sulit dicerna oleh enzim pencernaan. RS II akan mengalami penurunan secara substansial setelah proses pemanasan (Ai, 2013). RS II banyak ditemukan di pisang mentah, kentang mentah, dan tepung jagung beramilosa tinggi (Snelson *et al.*, 2019).

RS tipe III adalah jenis pati resisten yang telah mengalami proses retrogradasi setelah pati dimasak atau tergelatinisasi yang dilanjutkan dengan pendinginan. Retrogradasi pati ini terjadi karena terbentuknya kembali rantai amilosa setelah tergelatinisasi (keluarnya amilosa dari granula pati) (Roman dan Martinez., 2019). Selama proses retrogradasi, dua molekul pati yang berdekatan akan saling mengikat dan membentuk heliks ganda sehingga strukturnya lebih tahan terhadap hidrolisis. Sehingga kandungan amilosa berperan terhadap pembentukan RS III yang cepat membentuk kristalin yang lebih tahan dari amilopektin dan lebih mudah mengalami retrogradasi selama pendinginan (Ai, 2013). Amilopektin akan mengalami proses retrogradasi namun berjalan secara lambat bergantung dengan kemampuan rantai bercabang dalam mengasosiasi ikatan. RS III dapat diperoleh dengan melakukan proses modifikasi pati secara fisik, kimia, mikrobiologi, dan enzim. RS III banyak digunakan di industri karena

bersifat stabil terhadap proses pemanasan. Pemrosesan bahan pangan yang melalui pengolahan panas dapat menghancurkan RS I dan RS II namun dapat membentuk RS III (Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010).

RS tipe IV adalah jenis pati resisten yang telah dimodifikasi secara kimia sehingga sulit dicerna. Hal ini karena struktur molekul pati yang telah termodifikasi akibat ikatan melalui reaksi substitusi tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan. RS IV dapat dilakukan dengan modifikasi secara ikatan silang, oksidasi, eterifikasi, esterifikasi pati kelompok hidroksil bebas dan kelompok karbon (Roman dan Martinez., 2019). Modifikasi kimia dengan ikatan silang dapat menghasilkan pati resisten pada produk menjadi 40-80% (Jyothsna dan Hymavathi, 2017). Akan tetapi kelemahan dari modifikasi secara kimia yaitu membutuhkan waktu reaksi yang panjang, berdampak pada lingkungan, dan menghasilkan residu sisa kimia karbon (Roman dan Martinez., 2019). RS tipe V adalah jenis pati resisten tipe baru yang terbentuk jika terjadi ikatan silang antara amilosa dan asam lemak atau lipid atau jika lipid terjebak di dalam heliks amilosa sehingga tahan terhadap enzim pencernaan (Ordonio dan Matsioka, 2016). RS V dapat ditemukan pada bahan pangan yang diolah dengan minyak seperti nasi goreng dan roti yang ditambahkan lemak. RS V belum tersedia secara komersial di pasaran (Roman dan Martinez., 2019).

Pati resisten memiliki banyak manfaat bagi kesehatan tubuh diantaranya dapat merangsang pertumbuhan bakteri baik seperti *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria* (bersifat prebiotik) (Arshad dkk., 2018), menurunkan respon insulin atau penyerapan gula darah untuk mencegah terjadinya diabetes, mempercepat pemulihan pada penyakit diare, meningkatkan sekresi insulin di fase pertama (Bodinham *et al.*, 2012), dan mencegah obesitas dengan mengurangi akumulasi lipid (Ai, 2013). Selain itu pati resisten dapat berfungsi sebagai fortifikasi serat, antikarsinogenik, dan dapat meningkatkan fungsi fisiologis tubuh serta kesehatan pencernaan karena adanya *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) sebagai produk samping yang dihasilkan dari proses fermentasi di usus besar (Lockyer dan Nugent, 2017). SCFA yang didapatkan berupa asam butirat, asam propionat, dan asam asetat yang dapat menurunkan pH usus sehingga bakteri patogen akan berkurang, meningkatkan penyerapan mineral, dan sebagai sumber energi (Erickson *et al.*, 2018). Salah satu SCFA yang dominan adalah butirat yang berperan sebagai sumber energi primer untuk mencegah terjadinya kanker kolon. Butirat memiliki sifat antitumorigenik yang mengurangi proliferasi sel dan menginduksi apoptosis dari garis sel tumor kolorektal (Birt *et al.*, 2013).

Pati resisten memiliki sifat indeks glikemik yang rendah. Hal ini karena pati resisten tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan sehingga pelepasan glukosa ke dalam darah berjalan lambat. Pengujian indeks glikemik dilakukan secara *in vivo* maupun *in vitro*. Kandungan amilosa yang tinggi memiliki indeks glikemik yang rendah dibandingkan amilosa yang rendah sehingga kandungan pati resisten dan amilosa berperan terhadap indeks glikemik (Kumar *et al.*, 2018). Pati resisten banyak diaplikasikan pada bahan pangan karena memiliki kelebihan tertentu dalam penerapannya. Pati resisten memiliki ukuran partikel yang kecil, rasa yang hambar, dan penampilan berwarna putih sehingga tidak mempengaruhi karakteristik produk akhir. Pati resisten telah diterapkan pada roti, produk pasta, dan sereal untuk meningkatkan kandungan serat makanannya (Ai, 2013; Fuentes-zaragoza *et al.*, 2010).

### 2.3 Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.)

Umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.) merupakan jenis umbi dari genus *Dioscorea* yang dapat digunakan sebagai makanan tambahan dalam mengurangi ketergantungan pada konsumsi beras (Lestari dkk., 2019). Gembili dapat tumbuh di daerah beriklim tropis dan mudah dibudidayakan (Koir dkk., 2017). Gembili termasuk tanaman merambat dan dapat mencapai tinggi antara 3-5 meter dengan batang yang berduri dan berwarna hitam. Gembili dapat tumbuh dibawah naungan, namun gembili saat ini masih dianggap sebagai tanaman subsiten yaitu tidak dibudidayakan karena masih kurangnya kebutuhan terhadap umbi gembili (Nizam, 2018). Gembili dapat tumbuh pada dataran rendah, akan tetapi tetap tumbuh pada ketinggian 900 m dpl dengan kondisi tanah yang gembur, tekstur ringan atau berpasir, berdrainase baik, memiliki pH 5,5-6,5, dan suhunya sekitar 22,7°C-35°C. Curah hujan yang dibutuhkan adalah 875-1750 mm/tahun dengan distribusi yang merata sepanjang tahun (Nunuela, 2017). Berikut adalah taksonomi klasifikasi dari tanaman umbi gembili (Danny, 2013). Adapun umbi gembili dapat dilihat pada Gambar 1.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Liliales
Family	: Dioscoreaceae
Genus	: Dioscorea
Spesies	: <i>Dioscorea esculenta</i> L.



**Gambar 2. Umbi Gembili (*Dioscorea esculenta* L.)**

Umbi gembili kaya akan karbohidrat sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pengganti beras seperti singkong dan ubi jalar. Selain sebagai sumber karbohidrat, gembili juga berpotensi sebagai sumber protein, serat makanan, hidrat arang, rendah lemak, kalsium, fosfor, zat besi, potasium, vitamin C, dan vitamin B1. Gembili memiliki kandungan inulin yang tinggi yaitu sebesar 10,96% (Istianah, 2010). Komposisi kandungan gizi dari umbi gembili dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Kandungan Gizi Umbi Gembili dalam 100 gram**

<b>Komponen</b>	<b>Jumlah</b>
Karbohidrat	31,30 g
Protein	1,10 g
Lemak	0,20 g
Serat	1,00 g
Kadar Air	14,00 g
Kadar Abu	85 g
Kalsium	56,00 mg
Betakaroten	0,08 SI
Vitamin B1	4,00 mg
Vitamin C	66,40 mg

Sumber: (Yuniar, 2010 dalam Prabowo dkk., 2014).

Menurut Rugchati *et al.*, (2010), kandungan pati gembili sendiri cukup tinggi diantara umbi-umbian lainnya yaitu dengan kadar rendemen pati sebesar 34,92%. Kandungan pati umbi gembili tersusun dari amilosa dan amilopektin dengan kadar berturut-turut yaitu 14,2% dan 85,8%. Gembili memiliki beberapa senyawa bioaktif seperti diosgenin, dioscorin, glukomannan dan inulin yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Senyawa bioaktif tersebut berperan sebagai *immunomodulator* yang berperan dalam mencegah terjadinya peradangan, kanker, dan penyakit metabolik seperti obesitas, diabetes, dislipidemia, dan hiperkolesterolemia (Prabowo dkk., 2014). Selain itu gembili memiliki sifat hipolipidemic yang dapat menurunkan total kolesterol (Herlina dkk., 2013), menurunkan kadar glukosa darah atau efek anti-hiperglikemi (Setiawan dkk., 2015), ekstrak etanol memiliki aktivitas antikanker yang berpengaruh secara signifikan terhadap siklus perkembangan sel kanker payudara, serta inulin yang bermanfaat bagi kesehatan pencernaan yang akan di fermentasi di usus besar sehingga berfungsi sebagai prebiotik yang dapat menstimulasi pertumbuhan bakteri menguntungkan di dalam usus manusia (Fera dan Masrikhiyah, 2019).

#### **2.4 Autoclaving-Cooling**

*Autoclaving cooling* merupakan metode modifikasi pati secara fisik yang dapat meningkatkan kandungan pati resisten dan lebih aman digunakan karena tidak menggunakan berbagai pereaksi kimia (Wiadnyani dkk., 2015). Metode *autoclaving* dilakukan pada suhu tinggi di atas suhu gelatinisasi bahan pangan. Suspensi pati yang bersifat tidak larut air akan mudah mengendap sebelum dan selama terjadinya proses *autoclaving*. Adanya suspensi pati yang mengendap pada metode pemanasan dapat mengakibatkan proses gelatinisasi tidak terjadi secara merata sehingga terlebih dahulu dapat dilakukan pemanasan awal sebelum *autoclaving* agar gelatinisasinya merata. *Autoclaving* di suhu yang tinggi menyebabkan terjadinya gelatinisasi yaitu proses granula pati membengkak dan pecah sehingga bersifat *irreversible*. Proses gelatinisasi ini menyebabkan putusnya ikatan hidrogen dari struktur *double helix* amilopektin, pelelehan bagian kristalit dan keluarnya amilosa dari granula pati. Amilosa yang keluar dari granula pati inilah yang berperan penting terhadap pembentukan struktur heliks ganda yang lebih padat dan tahan untuk dihidrolisis, berbentuk kristalit serta distabilkan oleh ikatan hidrogen pada proses pendinginan. Selain itu amilosa lebih mudah

mengalami proses retrogradasi, lebih mudah keluar dari granula pati, dan cepat berasosiasi dengan sesamanya. Jumlah siklus *autoclaving* dan pendinginan dapat mempengaruhi kadar pati resisten yang akan dihasilkan karena akan semakin banyak terbentuk fraksi amilosa yang akan saling berikatan. Pati yang teretrogradasi inilah yang memelopori terbentuknya RS 3.

Menurut Ozturk *et al.*, (2011) metode pemanasan bertekanan pada suhu 121°C dan dilanjutkan dengan pendinginan dapat digunakan untuk memproduksi pati resisten. Suhu yang sering digunakan untuk *autoclaving* adalah 121-145°C dengan lama waktu 5-30 menit dalam satu siklus. Sedangkan suhu pendinginan yang efektif untuk meningkatkan jumlah pati yang teretrogradasi adalah 4°C (Ozturk *et al.*, 2011; Dupuis *et al.*, 2014). Penelitian Dundar dan Gocmen (2013), mengatakan bahwa pati jagung yang di *autoclave* pada suhu 145°C memiliki kandungan pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan pati jagung yang di *autoclave* pada suhu 140°C. Penelitian dari Sugiyono dkk., (2009) menggunakan metode pemanasan bertekanan-pendinginan dengan 5 siklus dapat meningkatkan kadar pati resisten pati garut hingga 5 kali lipat dari 2,12 menjadi 10,91%.

## 2.5 Radiasi Gelombang Mikro (*Microwave*)

Radiasi gelombang mikro atau *microwave* merupakan radiasi elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang memiliki kisaran dari 3000 MHz hingga 30 GHz. *Microwave* adalah sumber energi yang memungkinkan terjadinya transfer energi secara cepat dengan mengubahnya menjadi sumber panas dengan pengurangan waktu proses yang signifikan jika dibandingkan dengan proses konvensional lainnya. *Microwave* umumnya banyak digunakan dalam proses memanggang, memanaskan, mencairkan, dan mensterilkan baik itu dalam skala rumah tangga hingga skala industri. Selain itu, metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan sifat fungsional pada pati. Metode *microwave* memiliki banyak kelebihan yaitu prosesnya yang cepat, pemanasan volumetrik, ramah lingkungan, tidak membutuhkan biaya produksi yang tinggi karena energi yang dihasilkan difokuskan kepada material tersebut secara signifikan sehingga meningkatkan kinerja prosesnya (Lewicka *et al.*, 2015). Metode *microwave* yang dikombinasikan dengan pendinginan dapat meningkatkan kandungan pati resisten. Beberapa faktor yang mempengaruhi perilaku pati dengan metode *microwave* yaitu kadar air pati, jenis pati, kepadatan, kedalaman penetrasi, frekuensi gelombang mikro, daya, dan waktu yang digunakan (Brasoveanu, 2014). Frekuensi yang digunakan pada *microwave* skala industri yaitu 915 MHz dan 2450 MHz sedangkan di skala rumah tangga yaitu 2450 MHz.

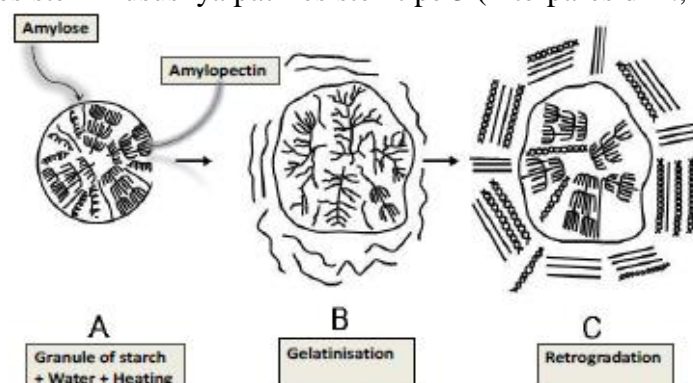
Penelitian mengenai peningkatan pati resisten metode *microwave* telah dilakukan oleh Mutlu *et al.*, (2017). Penelitian ini menggunakan 3 siklus perlakuan *microwave* dengan daya 20% (160 W) selama 2 menit sedangkan perlakuan penyimpanannya pada suhu 95°C selama 24 jam. Perlakuan tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan pati resisten pada sampel pati jagung tinggi amilosa (Hylon VII) yang meningkat menjadi 43,4%. Terdapat pula penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.*, (2018) yang menggunakan metode *microwave-toughening* yang menunjukkan terjadinya peningkatan pati resisten pada pati kentang dari 11,54% menjadi 27,09%. Perlakuan pemanasan dengan *microwave* ini menyebabkan pati mengalami gelatinisasi dan saat pendinginan akan terjadi rekristalisasi molekul amilosa dan dilanjutkan dengan perlakuan *aging* sehingga dapat meningkatkan kandungan pati resisten pada pati kentang.

## 2.6 Pengukusan

Pengukusan merupakan salah satu metode pemasakan konvensional yang menggunakan media panas. Pengukusan menyebabkan terjadinya perpindahan panas secara konveksi dari uap panas ke bahan pangan yang sedang dikukus. Pengukusan dapat membantu pembentukan pati resisten. Terdapat sebuah penelitian bahwa pada produk *mie* yang dikukus menunjukkan terjadinya peningkatan kadar air dan pati resisten. Selain itu biji-bijian yang dikukus memiliki pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji-bijian mentah (Eroglu dan Buyuktuncer, 2017). Penelitian mengenai pengukusan dalam meningkatkan pati resisten buah sukun telah dilakukan oleh Rosida dan Yulistiani (2013). Metode pengukusan dilakukan pada suhu 100°C selama 15 menit. Perlakuan ini menghasilkan kadar pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan metode perebusan yaitu dari 3,27% menjadi 6,67%, sedangkan pada perebusan hanya 3,82%. Hal ini dapat terjadi karena pati sukun mengalami proses gelatinisasi yang sempurna saat pengukusan dan perlakuan pendinginan pati mengalami retrogradasi sehingga terbentuk struktur kristal yang tidak larut. Berbeda dengan perebusan yang menyebabkan sampel terendam air sehingga memungkinkan larutnya sebagian pati sehingga menurunkan kadar pati resisten pada sukun.

## 2.7 Retrogradasi

Retrogradasi merupakan proses kristalisasi yaitu kembalinya molekul-molekul pati untuk saling berikatan setelah mengalami gelatinisasi akibat adanya air dan panas (Putri, 2015). Saat retrogradasi berlangsung, akan terjadi pembentukan ikatan hidrogen antar molekul pati untuk membentuk bagian kristalin yang rapat dan kompak dalam jaringan tiga dimensi. Molekul amilosa lebih berperan dalam proses rekristalisasi karena sifatnya yang mudah berasosiasi dengan sesamanya (Whistler dan BeMiller, 2009). Amilosa dengan konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan retrogradasi pada pati terjadi lebih cepat dan menghasilkan kristalit tipe B dan tekstur yang keras (Wang dkk., 2017). Retrogradasi dapat menyebabkan terbentuknya ikatan-ikatan amilosa-amilosa, amilosa-amilopektin, dan amilopektin-amilopektin (Haryanti dkk., 2014). Menurut Wuttisela dkk., (2008) retrogradasi atau kristalisasi selama penyimpanan dan pendinginan dapat menyebabkan terjadinya penyusutan dan pelepasan air atau disebut juga sineresis. Keluarnya air dari pati menyebabkan tekstur menjadi keras. Retrogradasi yang terjadi pada pati yang telah tergelatinisasi dapat mendorong terbentuknya pati resisten khususnya pati resisten tipe 3 (Interpares dkk., 2015).



**Gambar 3. Proses Perubahan Pati selama Pemanasan dan Pendinginan**

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses retrogradasi pada pati yaitu jenis dan konsentrasi pati, suhu pemanasan, suhu pendinginan, kandungan air, pH, dan lama penyimpanan. Saat penyimpanan, suhu yang ada di sekitar gel pada pati akan berangsur-angsur menurun sehingga molekul-molekul amilosa yang telah keluar dari granula pati akan cenderung berikatan satu sama lain melalui ikatan intermolekuler dan juga akan berikatan dengan cabang molekul-molekul amilopektin yang terdapat di tepi luar granula pati. Sehingga butir-butir pati akan mengembang dan akan bergabung kembali membentuk mikrokristal yang akan mengendap (Andhika, 2017). Selain itu rekristalisasi molekul-molekul pati akan semakin kuat ikatannya dengan semakin rendahnya suhu penyimpanan. Saat keadaan dingin energi kinetik cukup rendah dan tidak dapat mencegah terjadinya proses saling berikatan kembali molekul-molekul pati (Putri, 2015). Suhu optimum terjadinya retrogradasi adalah  $-20^{\circ}\text{C}$ - $95^{\circ}\text{C}$  dan lama penyimpanan 24-72 jam (Dupuis *et al.*, 2014). Kandungan air juga mempengaruhi proses retrogradasi pada pati. Kandungan air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan retrogradasi tidak terjadi secara maksimal. Retrogradasi akan menunjukkan perubahan entalpi sehingga akan menunjukkan bentuk parabolik saat mencapai retrogradasi maksimum apabila kadar air 40-45% (Wang *et al.*, 2015). Saat kadar air kurang dari 20% dan lebih besar dari 90% maka tidak terdapat hasil retrogradasi yang teramati pada pati jagung dan gandum (Zhou *et al.*, 2011).

## 2.8 Tepung Umbi Gembili

Umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.) merupakan sumber hayati umbi-umbian yang memiliki komponen karbohidrat yang tinggi sehingga berpotensi dijadikan sebagai alternatif non terigu. Pengolahan umbi gembili menjadi tepung dapat menjadi pelengkap pemenuhan tepung terigu yang saat ini masih diimpor dan lebih menguntungkan karena lebih fleksibel atau lebih praktis, mudah dicampur, dapat diperkaya gizinya atau fortifikasi, meningkatkan nilai ekonomis, dan pengemasan yang lebih efisien (Prabowo dkk., 2014). Selain itu dapat memperpanjang masa simpan umbi gembili karena terjadinya pengurangan kadar air hingga 8-10% (Saskiawan dan Nafi'ah, 2014). Pengolahan tepung umbi gembili dapat dilakukan dengan metode sederhana yang merujuk pada Amelia (2018). Umbi gembili dibersihkan dari tanah dan kotoran lainnya menggunakan air bersih, dilanjutkan dengan blanching suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 1 menit untuk menginaktifkan enzim. Kemudian diiris tipis dan dikeringkan dengan *cabinet dryer* suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 6-8 jam, dihancurkan di ayak dengan ayakan 80 mesh. Umbi gembili yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan tepung adalah jenis umbi yang telah tua. Hal ini karena umbi tua memiliki kandungan pati yang tinggi dengan sedikit lendir sehingga lebih mudah dalam pembuatan tepungnya. Suhu pengeringan yang digunakan  $< 60^{\circ}\text{C}$  untuk menghindari terjadinya gelatinisasi (Alsuheindra dan Ridawati., 2010).

Tepung umbi gembili memiliki kandungan karbohidrat sebesar 86,84%; kadar air sebesar 8,39%; kadar abu sebesar 0,72%; kadar lemak sebesar 0,15%; kadar protein sebesar 3,92% (Saskiawan dan Nafi'ah, 2014); dan kadar serat sebesar 9,04% (Retnowati dkk., 2019). Berdasarkan penelitian dari Yuniastuti *et al.*, (2017) mengemukakan bahwa tepung umbi gembili memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi dari tepung gadung dan tepung garut yaitu sebesar 3,34%. Senyawa bioaktif yang terdapat pada tepung umbi gembili dan mengalami peningkatan adalah dioscorin yaitu dari 0,77% menjadi 2,04% (Prabowo, 2013).



Selain itu telah dilakukan penelitian mengenai karakterisasi sifat fisikokimia dari tepung umbi gembili oleh Retnowati dkk., (2018). Tepung umbi gembili yang dihasilkan berwarna coklat muda, butiran tepung umbi berbentuk oval dengan permukaan halus tanpa pecahan yang terdiri dari fragmen poligonal atau gugus yang tidak beraturan. Butiran tepung umbi memiliki diameter rata-rata  $23 \mu\text{m}$  yang menunjukkan bahwa pencernaan dari tepung umbi gembili cukup tinggi. Tepung umbi gembili yang dihasilkan memiliki kristalinitas tipe B yang berkisar antara  $31 \pm 3,7\%$ , suhu gelatinisasi berkisar  $85,8^\circ\text{C}$ , entalpi gelatinisasi tepung sebesar  $9,52 \text{ J.g}^{-1}$ , daya kembang yang rendah yaitu  $3,90 \text{ g.g}^{-1}$ , kelarutan tepung di dalam air dengan nilai  $11,07\%$  sehingga dapat dicerna dengan baik. Hasil akhir tepung umbi gembili yang berwarna coklat diakibatkan karena terjadinya reaksi oskidasi fenol oleh polifenol oksidase dan peroksidase yang terdapat di dalam lendir gembili atau disebut juga *browning* enzimatis (Retnowati dkk., 2018). Tepung umbi gembili cocok diaplikasikan pada produk pangan roti, *cookies*, mie yang memiliki tekstur kenyal, dan makanan bayi atau makanan lansia.