

Editor

Dr. Muhammad Arifin, M.Pd.

umsu  PRESS

Pati

Modifikasi

dan Aplikasinya



Dr. Budi Suarti, S.P., M.Si.

PATI MODIFIKASI DAN APLIKASINYA

HAK CIPTA DILINDUNGI UNDANG-UNDANG

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam dan dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penulis.

PATI MODIFIKASI DAN APLIKASINYA

Dr. Budi Suarti, S.P., M.Si.

Editor

Dr. Muhammad Arifin, M.Pd.



Judul
Pati Modifikasi dan Aplikasinya

Penulis
Dr. Budi Suarti, S.P., M.Si.

Editor
Dr. Muhammad Arifin, M.Pd.

Layouter
Fimanda Arlita, M.Pd.

Cetakan Pertama; Desember 2024
xvi + 90 hlm; 15.5 x 23 cm

ISBN 978-623-408-864-9 (cetak)
978-623-408-865-6 (ebook)

Penerbit



Redaksi

Jalan Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan, 20238

Telepon, 061-6626296, Fax. 061-6638296

Email; umsupress@umsu.ac.id

Website; <http://umsupress.umsu.ac.id/>

Anggota IKAPI Sumut, No: 38/ Anggota Luar Biasa/SUT/2020

Anggota APPTI, Nomor: 005.053.1.09.2018

Anggota APPTIMA Nomor: 01/B/ AnggotaAPPTIMA/2023

Daftar Isi

Daftar Isi _____	v
Daftar Gambar _____	ix
Daftar Tabel _____	xi
Prakata _____	xiii
Kata Pengantar Editor _____	xv
INTRODUKSI _____	1
A. Deskripsi Singkat Mata Kuliah _____	1
B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah _____	1
C. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah _____	2
D. Materi Mata Kuliah _____	3
E. Persyaratan Pembelajaran _____	3
F. Penggunaan Buku Ajar _____	3
BAB I Pendahuluan _____	5
A. Tujuan Pembelajaran _____	5
B. Materi Pembelajaran _____	5
C. Rangkuman _____	7
D. Evaluasi _____	7
BAB II Ruang Lingkup Karbohidrat _____	9
A. Tujuan Pembelajaran _____	9
B. Materi Pembelajaran _____	9
C. Rangkuman _____	12
D. Evaluasi _____	13
BAB III PATI _____	15
A. Tujuan Pembelajaran _____	15
B. Materi Pembelajaran _____	15
C. Rangkuman _____	25

D. Evaluasi _____	26
BAB IV PATI RESISTEN _____	27
A. Tujuan Pembelajaran _____	27
B. Materi Pembelajaran _____	27
C. Rangkuman _____	30
D. Evaluasi _____	30
BAB V GELATINISASI PATI _____	31
A. Tujuan Pembelajaran _____	31
B. Materi Pembelajaran _____	31
C. Rangkuman _____	34
D. Evaluasi _____	35
BAB VI PATI MODIFIKASI _____	37
A. Tujuan Pembelajaran _____	37
B. Materi Pembelajaran _____	37
C. Rangkuman _____	39
D. Evaluasi _____	39
BAB VII PATI MODIFIKASI SECARA FISIK _____	41
A. Tujuan Pembelajaran _____	41
B. Materi Pembelajaran _____	41
C. Rangkuman _____	45
D. Evaluasi _____	45
BAB VIII PATI MODIFIKASI SECARA KIMIA _____	47
A. Tujuan Pembelajaran _____	47
B. Materi Pembelajaran _____	47
C. Rangkuman _____	55
D. Evaluasi _____	56

BAB IX PATI MODIFIKASI SECARA ENZIMATIS _____	57
A. Tujuan Pembelajaran _____	57
B. Materi Pembelajaran _____	57
C. Rangkuman _____	62
D. Evaluasi _____	63
BAB X PEMANFAATAN PATI MODIFIKASI _____	65
A. Tujuan Pembelajaran _____	65
B. Materi Pembelajaran _____	65
C. Rangkuman _____	77
D. Evaluasi _____	77
Glosarium _____	79
Daftar Pustaka _____	81
Tentang Penulis _____	85
Tentang Editor _____	87
Indeks _____	89

Daftar Gambar

No. Gambar	Keterangan	Hal
Gambar 3.1	Ubi Kayu	20
Gambar 3.2	Ubi Uwi	23
Gambar 10.1	Analisa SEM: (a) pati asli, (b) pati termodifikasi (Retnowati et al., 2010)	69
Gambar 10.2	SEM perbesaran 1000x (Hartesi et al., 2020).	76

Daftar Tabel

No. Tabel	Keterangan	Hal
Tabel 10.1	Modifikasi Pati Jagung	73
Tabel 10.2	Perbandingan Pati : Air, Suhu dan Pengadukan	75

Prakata

Alhamdulillah atas kehadiran Allah swt, penulis dapat menghasilkan buku ajar Pati Modifikasi dan Aplikasinya, yang ditulis oleh Dr. Budi Suarti, S.P.,M.Si. Buku ajar ini terdiri dari 10 (Sepuluh) Bab.

Buku ajar ini disusun berdasarkan penelusuran literatur kepustakaan dari beberapa buku dan jurnal. bertujuan sebagai sumber pembelajaran bagi mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian. Melalui buku ajar ini penulis berharap agar mahasiswa dapat mengerti tentang Pati Modifikasi dan aplikasinya.

Ucapan terima kasih kepada pimpinan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan tim UMSU Press, terutama keluarga yang telah memberikan motivasi sehingga buku ini dapat diterbitkan.

Buku ini masih jauh dari kesempurnaan, kritik dan saran sangat dibutuhkan, terima kasih.

Kata Pengantar Editor

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah swt, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku Pati Modifikasi dan Aplikasinya yang ditulis oleh Dr. Budi Suarti, S.P., M.Si. ini dapat terwujud dengan baik dan diterbitkan. Buku ini adalah kontribusi yang sangat berharga dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi hasil pertanian. Fokus utama buku ini, yaitu modifikasi pati dan aplikasinya, memiliki relevansi yang tinggi dengan kebutuhan berbagai industri, baik pangan maupun non-pangan.

Buku ini disusun dengan berdasarkan penelusuran literatur yang mendalam, mencakup berbagai buku dan jurnal ilmiah yang relevan, sehingga menjadikannya sumber pembelajaran yang bermanfaat, khususnya bagi mahasiswa jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Dalam 10 bab yang disusun secara sistematis, penulis memaparkan berbagai konsep penting mengenai pati, proses modifikasinya, serta aplikasinya yang dapat diimplementasikan dalam berbagai industri.

Melalui buku ini, Dr. Budi Suarti tidak hanya memberikan pemahaman teori yang solid mengenai dasar-dasar modifikasi pati, tetapi juga menggali aplikasinya secara praktis yang dapat dimanfaatkan oleh para praktisi di dunia industri. Pendekatan yang berbasis riset dan penjelasan yang komprehensif, menjadikan buku ini sebagai referensi yang sangat berharga bagi siapa saja yang ingin memahami potensi besar yang dimiliki oleh pati sebagai

bahan baku yang dapat dimodifikasi untuk meningkatkan nilai tambahnya.

Kami berharap agar buku ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi para akademisi, peneliti, serta praktisi yang tertarik pada bidang modifikasi bahan pangan dan aplikasinya. Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang tersebut.

Editor

INTRODUKSI

A. Deskripsi Singkat Mata Kuliah

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah Bidang Kajian Utama Teknologi Hasil Pertanian yang merupakan mata kuliah pilihan yang diikuti mahasiswa S1. Setelah mengikuti matakuliah ini, mahasiswa diharapkan memiliki (1) pemahaman secara komprehensif tentang dasar-dasar sumber, klasifikasi, dan fungsional karbohidrat, ekstraksi dan teknologi modifikasi pati, pati tahan cerna (2) mengimplementasikan pemahaman tersebut baik dalam pengembangan industri.

B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

CPMK 1 : Mampu menunjukkan sikap bertanggung jawab atas pekerjaan di bidang modifikasi pati secara mandiri (CPL1)

CPMK 2: Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya bidang pati modifikasi (CPL2)

CPMK 3 : Mampu menguasai pengetahuan tentang prinsip - prinsip teknologi pengolahan hasil pertanian dan pangan (kimia dan analisis pangan, mikrobiologi dan keamanan pangan dan hasil pertanian, rekayasa dan pengolahan hasil pertanian dan pangan, biokimia pangan dan gizi) dalam menghasilkan produk pangan dan hasil pertanian yang aman dan

bermutu disepanjang rantai pangan dan hasil pertanian bidang pati modifikasi (CPL3)

CPMK 4 : Mampu menjelaskan fungsi biologis bahan pangan untuk kesehatan dan nilai gizi bidang pati modifikasi (CPL4)

C. Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

Sub-CPMK 1 : Mahasiswa mampu menjelaskan ruang lingkup pati modifikasi.

Sub-CPMK 2 : Mahasiswa mampu menjelaskan karbohidrat dan pembagian karbohidrat.

Sub-CPMK 3 : Mahasiswa mampu membedakan sumber karbohidrat.

Sub-CPMK 4 : Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan sumber pati.

Sub-CPMK 5 : Mahasiswa mampu menjelaskan ekstraksi pati.

Sub-CPMK 6 : Mahasiswa mampu menjelaskan pati modifikasi.

Sub-CPMK 7 : Mahasiswa mampu melakukan analisis pati modifikasi secara kimia.

Sub-CPMK 8 : Mahasiswa mampu melakukan analisis pati modifikasi secara fisik.

Sub-CPMK 9 : Mahasiswa mampu melakukan analisis pati modifikasi secara enzimatik.

Sub-CPMK 10 : Mahasiswa mampu mengimplementasikan pemanfaatan pati modifikasi.

Sub-CPMK 11 : Mahasiswa mampu melakukan mengimplementasikan pengembangan pati modifikasi pada produk.

D. Materi Mata Kuliah

Pendahuluan, pengertian karbohidrat, ruang lingkup pati, sumber-sumber pati, karakteristik fisik dan kimia pati alami, karakteristik pati modifikasi secara fisik dan kimia serta pemanfaatannya.

E. Persyaratan Pembelajaran

Mahasiswa yang mengikuti perkuliahan ini harus memiliki kemampuan dasar tentang teknologi pengolahan hasil pertanian dan kimia pangan hasil pertanian.

F. Penggunaan Buku Ajar

Mata kuliah Pati Modifikasi dirancang untuk mahasiswa khususnya yang mengambil mata kuliah Pati Modifikasi dan Aplikasinya di semester 7 (tujuh) agar mahasiswa mampu memahami ruang lingkup pemanfaatan pati modifikasi. Mata kuliah ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan mahasiswa mengenai perbedaan pati alami dan pati modifikasi dalam pemanfaatan pati menjadi produk pangan dan industri.

Mata kuliah Pati Modifikasi dan Aplikasinya memiliki bobot 2 sks. Buku ajar ini disusun agar memudahkan mahasiswa mencapai tujuan mata kuliah dan mengacu pada penyusunan buku ajar ini didasarkan pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang sudah dikembangkan berdasarkan Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNDIKTI) serta mengikuti kurikulum yang telah disepakati oleh Perhimpunan Ahli Teknologi Indonesia (PATPI).

BAB I

Pendahuluan

A. Tujuan Pembelajaran

Melalui materi ini mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan secara mandiri mengenai ruang lingkup pati modifikasi, perbedaan pati alami dan pati modifikasi.

B. Materi Pembelajaran

Pati berbeda dengan tepung, perbedaan pati dan tepung dapat dilihat secara fisik yaitu pati lebih putih dan lebih halus daripada tepung hal ini disebabkan karena proses pengolahan yang berbeda pada masing-masing pati dan tepung. Pati merupakan sumber energi, yang menghasilkan energi 4 kkal/gram. Secara umum pati banyak digunakan di industri seperti farmasi dan makanan. Penggunaan pati biasanya digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*), dan pengikat (*binder*) dalam pembuatan pil dan kapsul. Pati sebagai bahan tambahan pangan pemakaiannya sangat luas hal ini disebabkan karena pati bersifat inert dan dapat dicampur dengan obat tanpa efek reaksi kimia. Pati digunakan sangat beragam sebagai bahan makanan dan sebagai bahan tambahan (Wahidah, 2020).

Perbandingan kadar amilosa dan amilopektin dalam pati sangat mempengaruhi sifat dan karakteristik pati. Sifat pati tergantung dari panjang rantai karbon, rantai lurus atau bercabang. Kandungan amilosa dan amilopektin berdasarkan sumber pati berbeda-beda juga bentuk dan ukuran granula yang disusunnya. Pati memiliki proporsi amilopektin yang jauh lebih besar daripada amilosa. Kandungan amilosa biasanya berkisar

antara 20-30% dan amilopektin 70-80%. Kandungan amilopektin yang besar menyebabkan pati lebih basah, lengket dan cenderung sedikit menyerap air. Begitu juga, jika kandungan amilosa tinggi, pati bersifat kering, kurang lengket dan mudah menyerap air. Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula. Sumber pati yaitu umbi kimpul, ubi kayu, umbi uwi (Rosida, 2021).

Pati *native* (asli) memiliki beberapa kelemahan pada pengolahan pangan karena *peak viscosity* sempit, tidak jernih, pasta lemah ketika dipanaskan dan menghasilkan gel yang tidak diinginkan saat didinginkan karena terjadinya retrogradasi dan endapan pada pati (Harni *et al.*, 2022).

Pati terdiri dari dua jenis molekul yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa terikat oleh α -(1,4)-D-glukosa, dengan berat molekul rata ratanya adalah 105 Da (Zulvianti *et al.*, 2022). Molekul amilosa memiliki struktur yang linear dan terikat satu sama lain melalui ikatan glikosidik α -1,4, Sedangkan, amilopektin memiliki struktur yang bercabang, dengan ikatan glikosidik α -1,6 sebagai ikatan penghubung antar percabangannya (Syahbanu *et al.*, 2023).

Pemanfaatan pati dalam pangan sebagai zat gizi, juga sebagai penentu karakteristik produk. Pati alami tidak bisa diaplikasikan untuk semua jenis pengolahan. Penyebab keterbatasannya di industri adalah karena hilangnya viskositas pada suhu tinggi, pH rendah, atau perlakuan mekanis.

Proses modifikasi dapat mengubah struktur dan mempengaruhi ikatan hidrogen bertujuan untuk memperbaiki karakteristik fisik kimia pati. Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia atau dengan mengganggu struktur asalnya. Pati modifikasi dapat dilakukan dengan pemberian perlakuan tertentu untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat

sebelumnya. Perlakuan ini dengan menggunakan asam, alkali, panas, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati (Rosida, 2021). Pada permukaan granula pati halus tidak retak karena rendahnya tingkat kerusakan pati selama isolasi (Harni *et al.*, 2022).

Pati yang dimodifikasi memiliki sifat fisikokimia yang lebih baik dibandingkan pati alami. Pengaruh modifikasi secara hidrolisis asam menyebabkan peningkatan kelarutan, penurunan viskositas, penurunan pengembangan, dan dijadikan sebagai alternatif bahan tambahan (Wahidah, 2020).

C. Rangkuman

Berdasarkan penjelasan di atas, mahasiswa harus memahami bahwa pati merupakan polisakarida utama yang terdapat pada tanaman, terutama pada tanaman pangan. Pati termasuk jenis polisakarida. Sifat-sifat pati termodifikasi yang tidak dimiliki oleh pati alam adalah kekentalannya lebih rendah, kecerahannya lebih tinggi, retrogradasi yang rendah, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang yang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah.

D. Evaluasi

1. Jelaskan bagaimana ruang lingkup karbohidrat
2. Jelaskan pengertian pati
3. Berilah contoh fungsi pati
4. Jelaskan perbedaan pati dan pati modifikasi
5. Pati terdiri dari dua jenis molekul yaitu amilosa dan amilopektin, jelaskan perbedaan amilosa dan amilopektin

BAB II

Ruang Lingkup Karbohidrat

A. Tujuan Pembelajaran

Pada materi ini mahasiswa diharapkan mampu menguraikan dan memahami secara mandiri tentang karbohidrat.

B. Materi Pembelajaran

Pada umumnya konsumen menganggap bahwa tanaman merupakan sumber karbohidrat, di Indonesia yang dikenal sebagai sumber karbohidrat adalah padi, jagung, ubi kayu, ubi jalar, sagu dan kentang. Padahal banyak sumber karbohidrat lain seperti sorgum, jewawut, jali, uwi, suweg, kimpul, gadung, garut, ganyong, sukun, pisang, talas, dan lain-lain, akan tetapi pemanfaatannya belum banyak dikenal.

Karbohidrat adalah aldehida atau keton polihidroksilasi dan turunannya. Karbohidrat merupakan polimer dan senyawa lain yang disintesis dari aldehida dan keton terpolihidroksilasi.

Karbohidrat dapat berfungsi sebagai penambah rasa manis, penampilan makanan, membantu mengatur glukosa darah dan untuk memecah asam lemak dalam tubuh (Yunianto *et al.*, 2021).

Karbohidrat memiliki fungsi utama sebagai sumber energi. Pada saat mengkonsumsi karbohidrat, tubuh akan memecah makromolekul menjadi glukosa yang merupakan sumber energi. Energi yang terkandung dalam karbohidrat itu pada dasarnya berasal dari energi matahari. Karbohidrat dalam bentuk sederhana yaitu glukosa, dibentuk dari karbon dioksida dan air

dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Selanjutnya glukosa yang terjadi diubah menjadi amilum dan disimpan pada bagian lain, misalnya pada buah atau umbi (Rosida, 2021). Karbohidrat kompleks berfungsi memperbaiki viskositas, tekstur, sensoris dan daya simpan produk. Penggunaan serat pangan dalam produk roti dapat memperpanjang kesegaran (*freshness*) karena kemampuannya dalam mengikat air (Yunianto *et al.*, 2021).

Beberapa contoh sumber karbohidrat yang memiliki kandungan pati resisten tinggi adalah beras hitam, beras aromatik, sorgum putih, talas, ganyong putih, sukun, pisang, kacang polong, kacang merah dan biji nangka.

Sumber pangan karbohidrat yang memiliki kandungan komponen bioaktif tinggi adalah beras hitam, beras ungu, gandum, rye, barley, ubi jalar putih, ubi jalar merah, ubi ungu, talas, garut, ganyong putih, bengkuang, aren, pisang, buah kurma, kacang polong, kacang hijau (Afandi, 2023).

Karbohidrat terdiri dari: tiga unsur: karbon, hidrogen, dan oksigen. Karbohidrat pada umumnya dibagi menjadi karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Karbohidrat sederhana termasuk di dalamnya monosakarida dan disakarida sedangkan polisakarida merupakan bagian dari karbohidrat kompleks. Secara spesifik karbohidrat diklasifikasikan menjadi empat jenis: monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida.

Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat paling sederhana, dengan rumus kimia umum (CH_2O) dan disebut gula sederhana (mono = satu, sakarida = gula). Monosakarida lebih cepat diserap oleh usus. Semua jenis karbohidrat lainnya seperti disakarida dan polisakarida tidak diserap secara langsung. Semua disakarida dan polisakarida akhirnya diubah

menjadi monosakarida, contoh glukosa, galaktosa dan fruktosa (Yunianto *et al.*, 2021).

Glukosa merupakan monosakarida terpenting, yang disintesis selama fotosintesis dan berfungsi sebagai 'bahan bakar' dan sumber energi disimpan sebagai glikogen polimer pada hewan dan sebagai pati pada tumbuhan.

Galaktosa adalah sejenis gula yang kurang manis dibandingkan glukosa dan tidak terlalu larut dalam air. Galaktosa lebih banyak ditemukan pada disakarida, laktosa atau gula susu. Ini ditemukan sebagai monosakarida dalam kacang polong.

Fruktosa merupakan gula pereduksi sederhana (monosakarida) ditemukan pada kebanyakan pangan dan merupakan salah satu dari tiga gula darah terpenting bersama dengan glukosa dan galaktosa. Madu, buah, melon, dan beberapa sayuran akar, seperti bit, ubi jalar, dan bawang, mengandung fruktosa (Yunianto *et al.*, 2021)

Disakarida

Disakarida terdiri dari dua monosakarida yang diikat oleh ikatan glikosidik. Contoh sukrosa, laktosa dan maltosa.

Sukrosa ditemukan dalam tebu, Laktosa merupakan disakarida yang terdapat dalam susu, sehingga disebut juga gula susu. Maltosa ditemukan dalam sereal mentah, sayuran dan produk sayuran, buah buahan, almond.

Oligosakarida

Oligosakarida merupakan sakarida yang memiliki derajat polimerisasi 2-10, contoh rafinosa, stakiosa, verbaskosa.

Rafinosa adalah trisakarida yang terdiri dari galaktosa, fruktosa, dan glukosa ditemukan pada kacang-kacangan, kubis, kecambah, brokoli, asparagus, sayuran, dan biji-bijian (Yunianto *et al.*, 2021).

Stakiosa adalah tetrasakarida non pereduksi yang ditemukan bersama-sama dengan rafinosa dalam kacang-kacangan dan tanaman lainnya.

Verbaskosa, terdiri dari unit galaktosa yang bergabung dengan sukrosa. Oligosakarida ini banyak terdapat di dalam biji tumbuh-tumbuhan dan kacang-kacangan.

Polisakarida

Polisakarida merupakan karbohidrat polimer, terbentuk dari mono atau disakarida yang berikatan oleh ikatan glikosidik.

Berbeda dengan sakarida yang lain, polisakarida cenderung tidak memiliki rasa manis. Beberapa contoh polisakarida termasuk pati, selulosa dan glikogen. (Yunianto *et al.*, 2021).

Pati adalah bentuk penyimpanan glukosa dalam tubuh. Pati tersusun atas amilosa dan amilopektin. Bentuk selulosa yang paling murni biasanya diperoleh dari kapas. Selulosa adalah polimer yang terdiri dari residu glukosa. Glikogen adalah bentuk penyimpanan glukosa dalam tubuh terutama pada otot rangka dan hati. Glikogen juga disebut pati hewan. Glikogen sama dengan pati dalam tanaman (Yunianto *et al.*, 2021).

C. Rangkuman

Dari penjelasan di atas, mahasiswa harus memahami ruang lingkup karbohidrat. Fungsi dan pembagian kelompok karbohidrat. Karbohidrat sebagai sumber pangan dapat diperoleh dari tanaman padi, jagung, ubi kayu, ubi jalar, kentang, uwi, talas, dan lain-lain. Jenis karbohidrat diantaranya yaitu monosakarida, oligosakarida, polisakarida, pati, glikogen, dekstrin, dan selulosa. Karbohidrat berperan untuk tubuh sebagai sumber energi, pemberi rasa manis.

D. Evaluasi

1. Jelaskan pengertian karbohidrat
2. Jelaskan pengelompokan karbohidrat
3. Jelaskan pati termasuk dalam kelompok jenis karbohidrat apa
4. Jelaskan fungsi karbohidrat
5. Perbedaan karbohidrat kompleks dan karbohidrat sederhana

BAB III

PATI

A. Tujuan Pembelajaran

Melalui materi ini mahasiswa diharapkan mampu menguraikan dan menjelaskan secara mandiri tentang pati dan sumber pati.

B. Materi Pembelajaran

Pati

Pati adalah polisakarida yang memiliki monomer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati tersusun atas amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan D-glukosa dengan ikatan α -(1,4) dan membentuk rantai lurus dari pati. Amilopektin seperti amilosa juga mempunyai ikatan α -(1,4) pada rantai lurusnya, serta ikatan β -(1,6) pada titik percabangannya. Pati banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti makanan, tekstil, kosmetik, plastik, perekat, dan obat-obatan. Pati juga banyak digunakan dalam dunia farmasi karena relatif murah. Umumnya pati digunakan sebagai pengikat, penghancur dan pengisi, namun pemanfaatannya terbatas karena sifat fungsional yang kurang dari pati itu sendiri (Zulvianti *et al.*, 2022).

Amilopektin dan amilosa mempunyai sifat fisik yang berbeda. Amilosa lebih mudah larut dalam air dibandingkan amilopektin. Kandungan amilosa yang tinggi dapat menyebabkan pera / keras sedangkan amilopektin bersifat lengket. Pemanasan dalam air, dapat menghasilkan amilpektin membentuk lapisan yang transparan, dan larutan dengan viskitas tinggi. Pati dan tepung secara visual terlihat sama yaitu berupa serbuk dan berwarna putih akan tetapi sebenarnya berbeda, baik secara fisika, kimia dan proses pembuatannya.

Perbedaan proses pembuatannya terletak pada proses ekstraksi, dimana untuk menghasilkan pati perlu proses ekstraksi. Pati adalah bentuk penyimpanan glukosa dalam tubuh. Pati memberikan warna biru dengan larutan iodin (Yunianto *et al.*, 2021).

Pati memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik pati yaitu sumber tanaman, genetik dan lingkungan. Pati memiliki karakteristik serupa dan ada juga berbeda seperti butiran pati bervariasi, struktur, bentuk dan ukuran. Perbedaan ini menunjukkan asal botani dan kondisi pertumbuhannya yang berbeda sehingga kemungkinan cara pengambilan pemisahan pati dari akar dan umbi lebih mudah dibandingkan dengan ekstraksi dari butir padi karena akar dan umbinya mengandung butiran pati yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan oleh proses pengendapan. Prosedur yang terlibat dalam isolasi pati dari akar terdiri dari pamarutan bahan untuk memecah sel-sel dan melepaskan pati (Harni *et al.*, 2022).

Sumber pati banyak terdapat di Indonesia seperti sereal (40-90%), akar (30-70%), umbi-umbian (65-85%), kacang-kacangan (25-50%) dan beberapa buah yang belum matang seperti pisang atau mangga, yang mengandung sekitar 70% dari pati berdasarkan berat kering.

Proses memperoleh pati dari tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Proses ekstraksi dipengaruhi oleh komposisi yang terkandung dalam bahan sehingga mempengaruhi metode ekstraksi yang dilakukan. Ekstraksi pati dari kacang-kacangan lebih kompleks dan sulit karena kandungan protein dan lipidnya yang lebih tinggi dan butiran pati yang lebih kecil dibandingkan dengan pati akar dan umbi (Harni *et al.*, 2022).

Proses ekstraksi pati umumnya dilakukan melalui tahapan

sebagai berikut

1. Pengupasan
2. Pencucian
3. Pamarutan
4. Penyaringan
5. Pengendapan
6. Pengeringan
7. Penghancuran
8. Pengayakan atau penyaringan

Metode Ekstraksi Pati

Pemisahan pati sering mengalami hambatan, hal ini disebabkan beberapa faktor yang memengaruhinya seperti kelarutan protein, tingkat interaksi protein-pati, dan karakteristik granula pati, ukuran dan morfologi butiran pati. Sehingga untuk mengatasi faktor-faktor tersebut perlu dilakukan beberapa metode ekstraksi pati.

1. Ekstraksi dengan air

Ekstraksi pati dengan menggunakan air merupakan ekstraksi dengan pelarut bersifat polar. Bahan baku yang digunakan saat ekstraksi dalam keadaan segar. Pati yang diperoleh setelah ekstraksi kemudian dilakukan pengeringan. Metode ekstraksi tepung akan mempengaruhi tingkat detoksifikasi. Penggunaan pelarut air dapat meningkatkan jumlah pati yang dihasilkan dan air juga ramah lingkungan. Penggunaan air sebagai pelarut disebabkan karena jumlah air yang berlimpah dan murah. Jika ditinjau berdasarkan kepolarnya, merupakan pelarut yang baik dan aman dalam mengekstraksi komponen pada bahan pangan.

Kelemahan dalam ekstraksi air adalah menggunakan pelarut yang banyak dan untuk membantu proses ekstraksi selain itu juga dapat merusak struktur polisakarida.

2. Ekstraksi dengan alkali

Ekstraksi dengan alkali dapat digunakan pada beras. Ekstrak ini bertujuan untuk memisahkan protein dengan pati. Ekstraksi alkali menghasilkan pati yang lebih tinggi untuk semua jenis (15- 39% lebih tinggi). Pati dari jenis yang sama, dengan metode ekstraksi air dan basa, akan menghasilkan sifat yang berbeda.

Pada ekstraksi dengan alkali menggunakan pelarut NaOH bertujuan mendapatkan hasil ekstrak yang lebih murni, karena penggunaan larutan NaOH dapat menghilangkan kotoran seperti protein, karena NaOH merupakan basa kuat yang dapat mengurai protein pada suhu kamar. Konsentrasi NaOH optimal dalam ekstraksi alkali adalah 0,15-0,18% (b/v), dan konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,24% serta akan menyebabkan perubahan dalam granular pati

3. Ekstraksi dengan enzim

Enzim merupakan salah satu biokatalis dan dapat meningkatkan ekstraksi hasil senyawa yang ditargetkan dari berbagai sumber. Selain itu, enzim pada ekstraksi dianggap ramah lingkungan dan membutuhkan lebih sedikit energi. Enzim yang digunakan seperti tripsin, papain dan pektinase yang merupakan enzim pencernaan yang ada di tubuh manusia dan sering digunakan untuk mengekstrak polisakarida dari tubuh buah jamur dan tanaman.

Metode ekstraksi menggunakan enzim akan

menghasilkan jumlah pati yang lebih tinggi dari ekstraksi menggunakan asam dan metode ini lebih cepat dan tepat dalam menentukan jumlah pati.

Ekstraksi secara enzimatis merupakan proses yang paling efektif dalam pemulihan pati dari kentang yang memberikan hasil hingga 89% dibandingkan dengan ekstraksi lainnya secara konvensional dan juga menemukan kondisi operasi optimal dengan konsentrasi enzim cellulase 0,5 g /100 g tepung kentang dengan jangka waktu 5 jam dan pengenceran 20 ml (Harni *et al.*, 2022).

Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak.

Pada satu jenis tanaman dengan varietas yang berbeda beda komposisi materialnya bervariasi. Sifat fisikokimia yang meliputi *swelling power* dan *solubility*. *Swelling power* merupakan kenaikan volume dan berat maksimum pati selama mengalami pengembangan di dalam air. *Swelling power* menunjukkan kemampuan pati untuk mengembang dalam air. *Swelling power* yang tinggi berarti semakin tinggi pula kemampuan pati mengembang dalam air.

Nilai *swelling power* perlu diketahui untuk memperkirakan ukuran atau volume wadah yang digunakan dalam proses produksi sehingga jika pati mengalami *swelling*, wadah yang digunakan masih bisa menampung pati tersebut. Semakin besar *swelling power* berarti semakin banyak air yang diserap selama pemasakan. Adapun untuk pola *solubility* pati dapat diketahui dengan cara mengukur berat supernatan yang telah dikeringkan dari hasil pengukuran *swelling power*. *Solubility* terkait dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam granula pati dan menggantikan interaksi hidrogen antar molekul sehingga

granula akan lebih mudah menyerap air dan mempunyai pengembangan yang tinggi. Adanya pengembangan tersebut akan menekan granula dari dalam sehingga granula akan pecah dan molekul pati terutama amilosa akan keluar. Sifat *swelling* dan *solubility* pada pati sangat tergantung pada kekuatan dan sifat alami antar molekul di dalam granula pati, yang juga tergantung pada sifat alami dan kekuatan daya ikat granula. Salah satu faktor yang menentukan daya ikat tersebut perbandingan amilosa dan amilopektin (Nurhayati, 2019).

Sumber-Sumber Pati

Ubi kayu (*Manihot utilissima*)

Ubi kayu merupakan umbi dengan kandungan pati yang cukup tinggi, banyak digunakan untuk industri tapioka dan turunannya. Ubi kayu segar mengandung air 60-70%, karbohidrat 12-33%. Selain itu terdapat juga komponen lain seperti protein, lemak, mineral dan serat dalam jumlah yang kecil. Kadar amilosa dari ubi kayu adalah 20-27%.



Gambar 3.1 Ubi Kayu

Retrogradasi pada pati akan terjadi jika semakin tinggi kadar amilosa sehingga viskositas pati akan semakin tinggi dan mudah mengalami retrogradasi.

Bentuk granula pati singkong adalah lonjong, terpotong, dan membulat, dengan ukuran butiran berkisar antara 2-32 mikron. Pengendapan pati dilakukan dengan sentrifugasi dan dikeringkan. Pati singkong yang dihasilkan yaitu : 98,6% pati. Morfologi pati singkong menunjukkan bentuk poligonal dan sferis berbentuk butiran dengan ukuran kurang dari 50 mikron (Harni *et al.*, 2022).

Talas (*Colocasia esculenta*)

Talas mengandung pati sisanya adalah riboflavin, vitamin C, abu, air, lipid dan protein. Pati talas dapat dijadikan sebagai sumber pati untuk industri, swelling dan viskositas tinggi. Ukuran jel talas lebih kecil karena ukuran granula patinya juga kecil. Pati talas yang diekstraksi memiliki kemurnian 96,68% (basis kering). Amilosa dalam pati talas (17,12%).

Ekstraksi pati talas dilakukan melalui ekstraksi sederhana menggunakan air, proses wet milling dan proses sentrifugasi (Harni *et al.*, 2022).

Ubi jalar (*Ipomea batatas*)

Kadar pati dari ubi jalar adalah 70% dari total berat kering. Bentuk granula pati ubi jalar bulat, poligonal, dan oval atau semi-oval dengan diameter berkisar antara 2 hingga 45 m.

Isolasi pati dari ubi jalar tergolong mudah namun dipengaruhi oleh senyawa pigmen dan fenolik. Metode ekstraksi pada ubi jalar bisa menggunakan air saja karena sudah cukup untuk menghilangkan kandungan protein, karena kandungan protein awal ubi jalar yang rendah.

Kentang (*Solanum tuberosum*)

Kentang mengandung protein 13,5, lipid 0,6 dan karbohidrat 81,4 per 100 gram bahan. Kentang mengandung pati sekitar 15-20%. Amilosa yang terdapat dalam pati kentang adalah

20-30%. Ukuran granula amilosa pati kentang berkisar dari 5,5-72,2 m.

Ekstraksi pati kentang dilakukan dengan cara penggilingan, dekantasi, sentrifugasi, pencucian pati dengan air suling, dan pengeringan.

Sereal

Sereal merupakan keluarga rumput-rumputan Poaceae atau Gramineae, misalnya barley, jagung, millet, oat, beras, gandum hitam, sorgum dan gandum

Sereal mengandung >50% pati dan zat gizi makro dan mikro lainnya. Jelai dan gandum mengandung b-glukan yang mempunyai manfaat bagi kesehatan, sementara millet dan sorgum adalah biji-bijian yang bebas dari gluten.

Beras (*Oryza sativa*)

Butir beras mengandung pati 76-90% dan sejumlah kecil protein, lipid, serat, dan abu. Butiran pati beras memiliki bentuk yang tidak teratur bentuk poligonal, dan merupakan ukuran terkecil diantara pati sereal dengan ukuran rata-rata 3-8 m.

Beras yang rendah amilosa akan memberikan hasil ekstrak yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis beras lainnya. Hal ini terjadi karena penyerapan air yang lebih tinggi pada butiran beras sehingga membuat sulit untuk memisahkan protein yang menempel pada granula pati protein beras dalam endosperma melekat erat pada permukaan butiran pati, dan sulit untuk menghilangkannya. Isolasi protein pada isolasi pati lebih mahal dibandingkan pati lainnya. Selain itu pemurnian butiran pati beras terganggu oleh sedimentasi yang lambat di air, mengakibatkan kerugian selama pemisahan dan pemurnian.

Jagung (*Zea mays*)

Bentuk pati seperti granula kecil dengan ukuran 2 μm - 30 μm dengan bentuk polyhedral dan spherical. Metode isolasi pati dapat dilakukan dengan proses penggilingan basah, dimana jagung direndam dalam larutan asam sulfat (0,2-0,4%, b/v) pada suhu sekitar 50 °C selama 24 jam. Larutan asam sulfat bertindak sebagai agen pereduksi dan memotong ikatan disulfida sehingga akan melemahnya molekul protein, longgar dan tepung jagung mudah dilepaskan.

Kacang-kacangan

Kacang-kacangan mengandung karbohidrat dalam jumlah 55-65% dari berat kering terdiri dari pati dan polisakarida bukan pati (non starch polysaccharides) berupa serat pangan, serta oligosakarida.

Salah satu jenis kacang-kacangan yang merupakan sumber pati adalah kacang hijau. Kadar pati kacang hijau varietas wallet 42,11% dengan kadar amilosa yang tinggi yaitu 55,39%, Jumlah pati yang terdapat dalam kacang merah adalah 25-45% dari bahan kering (Harni *et al.*, 2022).

Uwi (*Dioscorea spp.*)

Uwi berpotensi sebagai sumber bahan pangan karbohidrat non beras. Uwi mengandung lendir kental yang terdiri dari glikoprotein dan polisakarida larut air. Glikoprotein dan polisakarida merupakan bahan bioaktif yang berfungsi sebagai serat pangan larut air dan bersifat hidrokolid yang bermanfaat untuk menurunkan kadar glukosa darah dan kadar total kolesterol. Uwi mengandung pati 16,7 - 28 %



Gambar 3.2 Ubi Uwi

Sifat Fisika Kimia Pati

Sifat fungsional pati merupakan sifat fisikokimia yang memengaruhi perilaku komponen pati selama persiapan, pengolahan, penyimpanan dan konsumsi. Sifat Fisika kimia pati antara lain adalah sebagai berikut:

1) Kelarutan (*Solubility*)

Kelarutan (*Solubility*) adalah jumlah dari suatu zat yang dapat larut dalam suatu pelarut. Satuan yang pada umumnya digunakan adalah gr/ml. Besarnya kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis pelarut dimana senyawa polar akan mudah larut dalam senyawa polar sedangkan senyawa non-polar akan larut dalam senyawa non-polar, dan suhu yang tinggi akan mengakibatkan zat mudah larut dalam pelarut akibat semakin renggangnya jarak antara molekul zat padat tersebut. Semakin tinggi kandungan amilosa, maka kemampuan pati untuk menyerap air menjadi lebih besar karena amilosa mempunyai kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen yang lebih besar daripada amilopektin. Semakin tinggi kadar amilosa pati maka kelarutannya di dalam air juga akan meningkat karena amilosa memiliki sifat polar.

2) Daya kembang (*Swelling Power*)

Swelling power (daya kembang) pada pati merupakan

kenaikan volume dan berat maksimum pati selama mengalami pengembangan di dalam air. Swelling power yang tinggi berarti semakin tinggi pula kemampuan pati mengembang didalam air. Semakin besar swelling power berarti semakin banyak air yang diserap selama pemasakan, hal ini disebabkan kandungan amilosa dan amilopektin yang ada dalam tepung.

3) Viskositas

Viskositas berkaitan dengan pengukuran tepung dengan konsen trasi tertentu selama pemanasan dan pengadukan. Viskositas menunjukkan sifat pecahnya granula pati setelah proses gelatinisasi pati yang disebabkan karena adanya panas dan air (Rosida, 2021).

C. Rangkuman

Dari penjelasan di atas, mahasiswa harus memahami bahwa pati berbeda dengan tepung walau secara fisik bentuknya sama-sama tepung. Pati dan tepung berbeda dari cara pengolahan dan bentuk fisiknya. Sumber pati berasal dari nabati yang dapat diperoleh dari umbi-umbian.

Pati merupakan polisakarida yang digunakan tanaman untuk sumber energi dalam menjalankan proses metabolisme. Sumber pati banyak terdapat pada umbi-umbian, serealialia dan beberapa kacang-kacangan. S

Sumber pati mempunyai komposisi dan sifat pati yang berbeda. Perbedaan ini menyebabkan cara ekstraksi yang berbeda. Umbi-umbian merupakan bahan yang mengandung pati tertinggi sementara pada serealialia dan kacang-kacangan selain mempunyai pati juga mengandung protein dan lemak hal ini menyebabkan proses ekstraksi yang dilakukan berbeda dan lebih susah dibanding dengan umbi-umbian karena harus dilakukan pemisahan dengan protein terlebih dahulu. Dengan demikian biaya yang harus dikeluarkan untuk ekstraksi pati

jauh lebih tinggi dari pada umbi-umbian. Oleh sebab itu proses ekstraksi pati pada sereal dan beberapa kacang-kacangan sebaiknya menggunakan alkali. Satu hal yang harus menjadi pertimbangan dalam proses ekstraksi yaitu harus ramah lingkungan karena proses ekstraksi akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan.

D. Evaluasi

1. Jelaskan perbedaan pati dan tepung
2. Jelaskan pengolahan tepung dan pati
3. Tuliskan sumber-sumber pati
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pati
5. Jelaskan perbedaan amilosa dan amilopektin

BAB IV

PATI RESISTEN

A. Tujuan Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini diharapkan mampu menguraikan tentang pati resisten.

B. Materi Pembelajaran

Pati Resisten (RS)

Secara umum, pati dapat dikelompokkan menjadi pati yang dapat dicerna dengan cepat atau *Rapid Digestible Starch* (RDS), dan pati yang memiliki daya cerna lambat atau *Slowly Digestible Starch* (SDS). Contoh RDS yaitu beras dan kentang yang telah dimasak serta beberapa sereal instan siap saji, dan contoh SDS adalah pati sereal, produk pasta, dan RS (Herawati, 2011).

Pati resisten didefinisikan sebagai jumlah dari pati dan hasil pencernaan pati yang tidak diserap di dalam usus halus individu sehat (Masrukan, 2020).

Pati Resisten (RS) merupakan bagian dari pati dan produk pati yang tahan cerna saat melalui saluran pencernaan. Pati resisten (RS) merupakan pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan dan tahan terhadap asam lambung. Proses pencernaan pati resisten hampir sama dengan serat tak larut air. Dimana pati resisten hanya melewati usus halus dan tidak mengalami pemecahan atau perubahan bentuk apa pun. RS digolongkan sebagai sumber serat tidak larut dan mampu menurunkan kolesterol dan indeks glikemik. Kandungan RS dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin, konsentrasi enzim pululanase, konsentrasi pati, suhu pemanasan, siklus pemanasan dan pendinginan (Rosida, 2021).

RS banyak dikonsumsi karena nilai fungsionalnya. Hidrolisis RS oleh enzim pencernaan umumnya membutuhkan waktu yang lebih lama sehingga proses produksi glukosa menjadi lebih lambat (Herawati, 2011).

Beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kandungan pati resisten (dalam % b/b) adalah beras hitam (36,59%), beras aromatik (17,9%), sorgum putih (21,89%), talas (35,19%), ganyong putih (16,58%), yam (22,48%), sukun (13,6%), pisang (32,49%), kacang polong (13%), kacang merah (10,63%), jack bean (14,15%), pigeon pea (78,9%), dan biji nangka (74,26%) (Afandi, 2023).

Pati modifikasi dengan daya cerna lebih rendah kemungkinan memiliki kandungan RS yang lebih besar. Modifikasi pati sagu dengan gelatinisasi dan retrogradasi dapat meningkatkan kadar pati resisten. Peningkatan kadar pati resisten akibat gelatinisasi dan retrogradasi berulang disebabkan karena kristalisasi ulang molekul amilosa saat proses retrogradasi. Setiap pemanasan berulang dapat meningkatkan derajat gelatinisasi pati dan pendinginan berulang memicu lebih terjadinya retrogradasi (Palguna *et al.*, 2014).

Pati resisten (RS) diklasifikasikan dalam lima kelompok

- a. Pati resisten tipe I (RS1) merupakan pati yang terdapat secara alamiah dan secara fisik terperangkap dalam sel-sel tanaman dan matriks dalam bahan pangan kaya pati, terutama dari biji-bijian dan sereal. Pati resisten jenis ini merupakan pati yang diselubungi biji atau embrio tanaman. Memiliki sifat tahan dalam proses pencernaan karena dinding sel biji dan embrio yang menyelubungi (cangkang berserat dan keras).
- b. Pati resisten tipe II (RS2) merupakan pati yang secara alami sangat resisten terhadap pencernaan oleh enzim α -amilase dan umumnya granulanya berbentuk kristalin. Sumber RS2

- antara lain pisang dan kentang yang masih mentah, serta jenis pati jagung dengan kadar amilosa yang tinggi
- c. Pati resisten tipe III (RS3) adalah pati teretrogradasi yang diproses dengan pemanasan autoklaf (121°C), annealing, *Heat Moisture Treatment* (HMT), dan dilanjutkan dengan pendinginan pada suhu rendah (4°C) maupun pada suhu ruang sehingga mengalami retrogradasi. Misalnya nasi, kentang, *oat*, atau mi yang sudah dimasak dan mengalami pendinginan.
 - d. Pati resisten tipe IV (RS4) adalah pati termodifikasi secara kimia seperti pati ester maupun pati ikatan silang. Misalnya proses pembuatan roti atau kue
 - e. Pati resisten tipe V (RS5) terbentuk ketika pati berinteraksi dengan lipid, sehingga amilosa membentuk kompleks heliks tunggal dengan asam lemak dan lemak alkohol. Rantai linear pati dalam struktur heliks akan membentuk kompleks dengan asam lemak dalam rongga heliks, sehingga pati akan saling mengikat dan sulit dihidrolisis oleh enzim amilase.

RS3 adalah yang paling menarik perhatian karena RS tipe ini dapat mempertahankan karakteristik organoleptik ketika ditambahkan pada makanan. RS tipe ini relatif tahan panas dibandingkan RS tipe lainnya sehingga RS3 stabil selama proses pengolahan pangan. RS3 merupakan jenis RS yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku fungsional berbasis RS. Kandungan RS3 dalam bahan pangan alami umumnya rendah, oleh karena itu perlu ditingkatkan kadarnya melalui teknik modifikasi (Rosida, 2021).

Pembuatan RS III dapat dilakukan dua tahap yaitu gelatinisasi dan retrogradasi. Suspensi pati dipanaskan pada suhu $\pm 70^{\circ}$ C agar diperoleh pasta pati yang homogen,

kemudian digelatinisasi pada suhu tinggi. Pati yang telah tergelatinisasi selanjutnya didinginkan sehingga terjadi retrogradasi. Perlakuan panas dengan autoclaving dan penambahan air dapat menyebabkan ekspansi matrik pati dan gelatinisasi granula. Setelah digelatinisasi, pati didinginkan. Selama proses pendinginan, sebagian fragmen pati yang terlarut akan menyatu kembali membentuk lapisan kaku dan kuat pada permukaan granula. (Sugiyono *et al.*, 2009).

C. Rangkuman

Teknik yang paling aman, mudah diaplikasikan, serta tidak berisiko bagi keselamatan kerja serta ramah lingkungan untuk meningkatkan kadar pati resisten dalam bahan pangan adalah teknik enzimatik.

RS merupakan produk pati termodifikasi yang secara garis besar terbagi menjadi RS1, RS2, RS3, dan RS4. RS memiliki nilai fungsional untuk fortifikasi serat, mereduksi kalori, dan mengoksidasi lemak. RS berpotensi cukup besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional bagi kesehatan.

D. Evaluasi

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pati resisten
2. Tuliskan beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kandungan pati resisten
3. Kenapa Modifikasi pati sagu dengan gelatinisasi dan retrogradasi dapat meningkatkan kadar pati resisten
4. Pati Resisten (RS) diklasifikasikan dalam lima kelompok, jelaskan
5. Jelaskan kenapa RS3 paling menarik perhatian

BAB V

GELATINISASI PATI

A. Tujuan Pembelajaran

Melalui materi dalam bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami gelatinisasi pati.

B. Materi Pembelajaran

Gelatinisasi Pati

Gelatinisasi adalah pembengkakan granula pati melalui pemanasan menggunakan air berlebih sehingga amilosa keluar.

Suhu gelatinisasi terdiri dari suhu awal, puncak dan akhir gelatinisasi. Gelatinisasi merupakan proses pembengkakan granula pati ketika dipanaskan dalam media air. Granula pati tidak larut dalam air dingin, tetapi granula pati dapat mengembang dalam air panas. Naiknya suhu pemanasan akan meningkatkan pembengkakan granula pati. Pembengkakan granula pati menyebabkan terjadinya penekanan antara granula pati dengan lainnya. Mula-mula pembengkakan granula pati bersifat reversible (dapat kembali ke bentuk awal), tetapi ketika suhu tertentu sudah terlewati, pembengkakan granula pati menjadi irreversible (tidak dapat kembali) (Nurhayati, 2019).

Proses gelatinisasi yang terjadi dapat dipercepat dengan pemecahan granula. Semakin mudah granula pati pecah, semakin cepat terjadinya gelatinisasi. Semakin cepat gelatinisasi terjadi, suhu yang dibutuhkan untuk mencapai titik gelatinisasi semakin rendah.

Gelatinisasi terjadi akibat granula pati pembengkakan/pengembangan mengalami (*swelling*), sehingga

terjadi pemecahan (melting) pada daerah kristalit. Sifat *birefringence* granula menjadi hilang dan diikuti dengan peningkatan kekentalan dan kelarutan pati (Syahbanu *et al.*, 2023).

Beberapa Karakteristik Modifikasi dengan gelatinisasi-retrogradasi

1. Sifat *birefringence*

pati dengan gelatinisasi-retrogradasi mengakibatkan hilangnya sifat *birefringence* **pada** pati. Hilangnya sifat *birefringence* pati termodifikasi mengindikasikan pemanasan suspensi pati hingga mencapai suhu 77°C dengan rasio pati terhadap air padaimbangan yaitu 1:2,23 menyebabkan pati mengalami gelatinisasi (Palguna *et al.*, 2014).

2. Bentuk dan Ukuran Granula

Hasil *scanning electron* memperlihatkan granula pati native berbentuk bulat elips dan bagian ujungnya tampak terpotong. Akibat gelatinisasi dan retrogradasi granula pati menjadi pecah atau rusak. Pecahnya granula pati sagu termodifikasi disebabkan karena pemanasan suspensi pati di atas suhu awal gelatinisasi pati sagu dan pada keadaan air berlebih (200 gr pati dalam 446 gr air (Palguna *et al.*, 2014).

3. Daya Cerna Pati

Semakin banyak jumlah gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan daya cerna pati menurun. Proses gelatinisasi dan retrogradasi paling optimal menurunkan daya cerna pati hampir 2 kali. Pemanasan dan pengadukan selama proses pemasakan pati akan merusak struktur granula, menyebabkan peningkatan hidrolisis enzim terhadap pemecahan pati tetapi pendinginan pati tergelatinisasi menyebabkan terjadinya retrogradasi amilosa yang mengakibatkan penurunan

daya cerna pati. Penurunan daya cerna pati sagu akibat gelatinisasi dan retrogradasi menunjukkan bahwa semakin sedikit produk hidrolisis pati yang dihasilkan oleh enzim pemecah pati (Palguna *et al.*, 2014)

4. Sineresis

Sineresis adalah jumlah air keluar dari gel pati pada siklus pendinginan dan pencairan. Modifikasi pati dengan gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan jumlah air keluar dari gel pati selama pendinginan dan pencairan menjadi meningkat menyebabkan peningkatan nilai sineresis (Palguna *et al.*, 2014).

5. Kekuatan Gel

Kekuatan gel merupakan gaya maksimum yang diberikan selama kompresi gel pati. Proses gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan penurunan kekuatan gel pati. Kekuatan gel pati sagu native menurun.

Penurunan kekuatan gel pati sagu termodifikasi mengindikasikan semakin rendahnya gaya maksimum yang diberikan selama kompresi gel pati. Penurunan kekuatan gel pati termodifikasi disebabkan karena pecahnya granula pati termodifikasi. Pecahnya granula pati yang sudah mengalami modifikasi dapat memengaruhi kemampuannya untuk membentuk gel. Bila proses pemanasan dilakukan pada suhu tinggi, maka granula pati akan pecah dan keadaan yang seperti ini akan menyebabkan viskositas pati menurun (Palguna *et al.*, 2014).

6. Pelepasan Amilosa

Pelepasan amilosa pati akibat gelatinisasi dan retrogradasi lebih rendah dibandingkan dengan pelepasan amilosa pati native. Pelepasan amilosa pati sagu native yaitu 4,34 persen turun menjadi 3,32 - 2,68

persen akibat gelatinisasi dan retrogradasi. Ikatan ulang antara amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin yang semakin kuat akibat proses retrogradasi menjadi faktor yang menyebabkan pelepasan amilosa pati semakin menurun. Hal ini sejalan dengan terjadinya peningkatan nilai sineresis pati akibat gelatinisasi dan retrogradasi yang mengindikasikan terjadinya peningkatan interaksi amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin selama retrogradasi (Palguna *et al.*, 2014).

Pati *pregelatinisasi* adalah pati yang telah mengalami proses fisik atau kimiawi dengan adanya air, baik dengan maupun tanpa pemanasan untuk memecah semua atau sebagian ikatan dari butir-butir pati dan untuk membuat pati yang memiliki sifat bisa mengalir serta dapat digunakan sebagai bahan pembawa cetak langsung. Pati *pregelatinisasi* memiliki beberapa keuntungan antara lain mempunyai kemampuan sebagai penghancur tablet, dan dapat mempercepat kecepatan pelepasan zat aktif yang sukar larut dalam air. Selain itu, tujuan dari modifikasi fisik (*pregelatinisasi*) adalah untuk meningkatkan ukuran partikel sehingga diperoleh ukuran partikel yang lebih besar (Rosida, 2021).

C. Rangkuman

Modifikasi pati dengan gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan sifat birefringence pati menjadi tidak terlihat sedangkan granula pati menjadi pecah atau rusak akibat gelatinisasi dan retrogradasi. selain itu, menyebabkan peningkatan beberapa karakteristik seperti kadar pati resisten, nilai sineresis, suhu awal gelatinisasi, dan viskositas balik relatif. Akan tetapi, perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan penurunan nilai daya cerna pati, kekuatan gel,

dan pelepasan amilosa. Perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi meningkatkan kadar pati resisten pati menjadi hampir 5 kali lipat. Sehingga pati termodifikasi gelatinisasi dan retrogradasi dapat berpotensi sebagai pangan fungsional.

Apabila granula pati dipanaskan di dalam air, maka energi panas akan menyebabkan ikatan hidrogen terputus, dan air masuk ke dalam granula pati. Air yang masuk selanjutnya membentuk ikatan hidrogen dengan amilosa dan amilopektin. Meresapnya air ke dalam granula menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati. Ukuran granula akan meningkat sampai batas tertentu sebelum akhirnya granula pati tersebut pecah. Pecahnya granula menyebabkan bagian amilosa dan amilopektin berdifusi keluar. Proses masuknya air ke dalam pati yang menyebabkan granula mengembang dan akhirnya pecah disebut dengan gelatinisasi, sedangkan suhu dimana terjadinya gelatinisasi disebut dengan suhu gelatinisasi. Pati yang telah mengalami gelatinisasi akan kehilangan sifat *birefringence* atau sifat merefleksikan cahaya terpolariisasi sehingga di bawah mikroskop terlihat hitam putih. Kisaran suhu yang menyebabkan 90% butir pati dalam air panas membengkak sehingga tidak kembali ke bentuk normalnya disebut *Birefringence End Point Temperature* atau disingkat BEPT (Rosida, 2021).

D. Evaluasi

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gelatinisasi pati.
2. Bagaimana pengaruh gelatinisasi dan retrogradasi terhadap bentuk dan ukuran granula.
3. Kenapa gelatinisasi dan retrogradasi dapat berpotensi sebagai pangan fungsional.
4. Jelaskan yang dimaksud dengan sineresis.
5. Pati pregelatinisasi memiliki beberapa keuntungan, jelaskan.

BAB VI

PATI MODIFIKASI

A. Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran dalam bab ini adalah mahasiswa mampu menjelaskan secara mandiri tentang pati modifikasi.

B. Materi Pembelajaran

Pati modifikasi

Pati alami memiliki beberapa kelemahan dalam karakteristiknya seperti mudah mengalami kerusakan fisik akibat panas dan asam, stabilitas dan kelarutan rendah, viskositas tidak konsisten, tidak larut dalam air, pasta yang tidak bening, keras dan sangat lengket, memiliki nilai *swelling power* dan solubility yang kurang baik, mengalami retrogradasi dan sineregis yang cenderung tinggi, serta daya serap air rendah. Pati menghasilkan viskositas yang tidak seragam karena profil gelatinisasi dipengaruhi oleh fisiologis tanaman. Pati alami tidak tahan suhu tinggi sehingga menyebabkan penurunan kekentalan. Pati tidak tahan asam karena akibat hidrolisis asam menyebabkan terhambatnya kemampuan gelatinisasi sehingga pada saat penyimpanan terjadi penurunan kekentalan pada saos. Pati *native* tidak tahan proses mekanis, seperti pengadukan sehingga viskositas pati akan menurun. pati mengalami sineresis akibat terjadinya retrogradasi selama penyimpanan dingin. Untuk mendapatkan pati dengan kualitas terbaik diperlukan modifikasi pati. Penggunaan pati modifikasi telah banyak digunakan untuk memaksimalkan hasil atau fungsional dari produk.

Tujuan utama dilakukannya proses modifikasi pati, baik secara kimia, fisik, biologis, enzimatik maupun fermentasi adalah untuk memperbaiki sifat-sifat pati khususnya kelarutan pati

dalam air. Modifikasi pati adalah merubah struktur pati sehingga dapat dioptimalkan sifat fungsionalnya (Rahayu *et al.*, 2023)

Pati diubah secara kimia atau fisik sesuai dengan tujuan untuk meningkatkan sifat pati alami dan menyesuaikan dengan aplikasinya dalam industri, khususnya dalam bidang pangan. Modifikasi secara substitusi dan pembentukan ikatan silang akan mampu memperkenalkan gugus fungsional baru dalam pati alami dengan tujuan untuk meningkatkan sifat fisikokimia pati (Marseno *et al.*, 2020).

Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia atau dengan mengganggu struktur asalnya. Pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat sebelumnya atau sifat lainnya. Sifat-sifat penting yang diinginkan dari pati termodifikasi (yang tidak dimiliki oleh pati alam) diantaranya adalah: kecerahannya lebih tinggi (pati lebih putih), retrogradasi yang rendah, kekentalannya lebih rendah, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang yang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah (Rosida, 2021).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk memodifikasi pati secara enzimatis, fisikawi, atau kimiawi. Adapun sifat fisikokimia yang dihasilkan pada pati yang dimodifikasi dengan metode kimiawi dapat dianalisis menggunakan mikroskop untuk kenampakan struktur granula pati, karakteristik termal pati dengan differential scanning calorimetry (DSC), dan viskositas pati dengan rapid viscosity analyzer (RVA) (Marseno *et al.*, 2020).

Pati modifikasi ini memiliki peran penting dalam pembentukan sifat mekanik edible film pati komposit dan interaksi antara filler dan matriks pati. Hal ini disebabkan karena

pati modifikasi dan edible film memiliki struktur kimia yang sama dan interaksi antar permukaan yang baik memungkinkan terjadinya ikatan hidrogen (Ulyarti *et al.*, 2021).

C. Rangkuman

Mahasiswa harus memahami dan menjelaskan bahwa perbedaan pati alami dan pati modifikasi. Pati dalam bentuk alami (*native starch*) adalah pati yang dihasilkan dari sumber umbi-umbian dan belum mengalami perubahan sifat fisik dan kimia atau diolah secara kimia-fisika. Pati ini banyak digunakan di industri makanan dan farmasi sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pengikat (*binder*) dalam pembuatan tablet, pil dan kapsul.

Pati termodifikasi merupakan pati yang gugus hidroksilnya telah diubah melalui suatu reaksi kimia atau dengan mengubah struktur asalnya. Tujuan dilakukannya modifikasi pati adalah untuk meningkatkan daya tahan pati terhadap panas dan pengadukan serta terhadap asam, dan mengurangi sifat sineresis pada pati, untuk menghasilkan sifat yang lebih baik yaitu memperbaiki sifat sebelumnya.

D. Evaluasi

1. Jelaskan pengertian pati modifikasi
2. Jelaskan kelebihan pati yang telah dimodifikasi
3. Jelaskan kekurangan pati alami dibandingkan pati modifikasi
4. Jelaskan metode untuk memodifikasi pati
5. Jelaskan tujuan modifikasi pati

BAB VII

PATI MODIFIKASI SECARA FISIK

A. Tujuan Pembelajaran

Tujuan dari materi ini adalah agar mahasiswa mampu menjelaskan secara mandiri tentang modifikasi secara fisik.

B. Materi Pembelajaran

Modifikasi fisik adalah modifikasi pati dengan menggunakan pemanasan. Modifikasi pati secara fisik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: kadar air, suhu, tekanan, dan pemotongan pada pati.

Umumnya modifikasi fisik lebih aman daripada modifikasi kimia, karena tidak menggunakan pereaksi kimia sehingga tidak meninggalkan residu pada pati termodifikasi. Perlakuan modifikasi secara fisik antara lain: praboiling, steam-cooking, ekstruksi, iradiasi microwave, pemanggangan, hydro termal treatment dan auto-claving.

Modifikasi Fisik Secara Ekstrusi, Ekstrusi dapat memperbaiki karakteristik pati dengan meningkatkan daya cerna pati contohnya pada pembuatan sereal sarapan dan produk makanan ringan. Teknologi ekstrusi, pati termodifikasi dapat dipecah oleh enzim amilase dengan waktu yang cepat daripada pati alami. Hal ini berarti bahwa teknologi ekstrusi dapat meningkatkan pencernaan dan penyerapan makanan pada usus halus.

Modifikasi pati dengan Annealing, annealing merupakan modifikasi pati dengan menggunakan panas dan sejumlah air yang berlebih. Suhu yang digunakan di bawah suhu gelatinisasi pati. Annealing dapat merubah sifat fisiko-kimia pati namun

perubahan pada granula pati dan sifat kristalinitas sangat sedikit (Rosida, 2021).

Semakin lama waktu annealing terhadap warna keripik dan tepung., semakin terang warnanya. Sedangkan secara visual, suhu yang lebih tinggi tidak berpengaruh banyak berpengaruh pada warnanya. Penyerapan air berkaitan dengan pembengkakan butiran, hal ini menunjukkan permulaan gelatinisasi (Setiavani dan Suarti, 2023).

Modifikasi pati dengan metode *Heat Moisture Treatment* (HMT) merupakan modifikasi pati yang dilakukan dengan menggunakan perlakuan panas dan pengaturan kadar air yaitu pada pemanasan di atas suhu gelatinisasi pati (80 - 120°C).

Pati modifikasi *autoclaving-cooling* adalah memanaskan pati menggunakan autoclave selama 30 menit lalu didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam kemudian dikeringkan menggunakan oven suhu 50°C. Proses ini bertujuan memperoleh pati tahan cerna atau resisten (Rosida, 2021).

Ultrasonikasi merupakan modifikasi fisik pati yang menghasilkan pembentukan permukaan granula pati yang berpori.

Modifikasi ultrasonikasi pati dapat dilakukan dengan cara pati disuspensikan dengan akuades (30 b/v), kemudian dilakukan proses ultrasonikasi pada frekuensi 25 kHz, daya 500 Watt, suhu 30- 35°C, selama 15 menit dan 30 menit. Suspensi pati kemudian disentrifugasi pada 3500 rpm, 30 menit, lalu hasil endapannya dikeringkan dengan udara panas menggunakan pengering kabinet pada 50°C selama 17 jam. Pati selanjutnya dilakukan penggilingan dan dilakukan pengayakan 100 mesh.

Pati modifikasi ultrasonikasi mengalami beberapa perubahan yaitu :

1. Perubahan pada bentuk granula pati, permukaan granula pati dengan ultrasonikasi menjadi tidak rata dan bepori

- dengan ukuran pori-pori yang cukup besar. Munculnya pori pada granula pati disebabkan karena selama proses ultrasonikasi terjadi runtuhnya gelembung kavitasi yang menghasilkan tekanan tinggi di sekitar granula,
2. Pati modifikasi ultrasonikasi memiliki swelling volume yang lebih tinggi daripada pati alami. karena modifikasi ultrasonikasi menyebabkan kerusakan fisik granula pati menjadi berpori, sehingga molekul air lebih mudah berdifusi ke dalam granula, peningkatan asupan air akan meningkatkan leaching amilosa dari daerah amorf (Subroto *et al.*, 2021).
 3. Rendemen pati adalah perbandingan berat kering pati dengan berat umbi yang sudah dibersihkan umbinya. Ekstraksi pati garut menghasilkan rendemen pati sebanyak 10.78% (Sugiyono *et al.*, 2009).
 4. Daya cerna pati adalah tingkat kemudahan suatu jenis pati untuk dapat dihidrolisis oleh enzim pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih kecil. Pati garut modifikasi dengan waktu gelatinisasi 30 menit menghasilkan daya cerna pati lebih tinggi daripada yang digelatinisasi selama 15 menit.
 5. Daya cerna pati tanpa modifikasi, Siklus *autoclaving-cooling* menyebabkan penurunan daya cerna pati. Pati modifikasi yang digelatinisasi selama 15 menit memiliki daya cerna paling rendah diantara pati modifikasi lainnya (Sugiyono *et al.*, 2009).
 6. Kadar protein dan lemak pati modifikasi 3 siklus dengan waktu gelatinisasi 15 menit, semuanya rendah. Kadar protein pati garut sebesar 0.23% bk, dan pati modifikasi 3 siklus dan 5 siklus dengan waktu gelatinisasi 15 menit masing-masing sebesar 0.23% bk dan 0.28% bk. Kadar lemak pati garut, dan pati modifikasi 3 siklus dan 5

siklus dengan waktu gelatinisasi 15 menit masing-masing berturut-turut adalah 0.55% bk, 0.38% bk, dan 0.37% bk. Rendahnya kadar protein dan lemak pada pati merupakan hal yang dikehendaki terkait dengan tujuan pembentukan RS (Sugiyono *et al.*, 2009).

7. Pati yang telah dimodifikasi mengandung serat pangan yang tinggi. Pati yang telah dimodifikasi memiliki total serat pangan sekitar 3 kali lipat lebih besar dibandingkan pati alami. Penambahan serat pangan pada pati yang telah dimodifikasi merupakan indikasi terbentuknya RS. RS bersifat sebagai serat pangan. Peningkatan kadar serat pangan total terjadi karena peningkatan kadar serat tidak larut. Serat pangan dalam diet memiliki manfaat fisiologis yang baik bagi kesehatan. Serat pangan larut bersifat hipoglikemik dan hipokolesterolemik serta dapat berfungsi sebagai prebiotik bagi mikroflora usus. Serat pangan tidak larut yang bersifat laksatif mengurangi risiko pembentukan kanker saluran pencernaan (Sugiyono *et al.*, 2009).

Penggunaan produk kaya akan serat pangan sebagai bahan pensubstitusi tepung konvensional dalam pembuatan beberapa produk makanan dapat mengurangi mutu sensori dan daya terima produk yang dihasilkan. Dengan demikian diperlukan bahan sumber serat pangan yang mampu menghasilkan produk dengan mutu sensori dan daya terima yang baik kadar serat pangan, RS tipe III berkontribusi menaikkan kadar serat pangan total pati garut yang telah dimodifikasi.

Proses modifikasi beberapa siklus memerlukan jumlah air yang lebih banyak. Jumlah air yang lebih sedikit kemungkinan kurang mengganggu struktur heliks amilosa

pada gelatinisasi siklus selanjutnya.

Modifikasi dengan 5 siklus dapat meningkatkan kadar RS tipe III hingga hampir 6 kali lipat. Untuk penerapan di industri, lebih efisien dilakukan proses modifikasi pati 3 siklus dan waktu gelatinisasi 15 menit (Sugiyono *et al.*, 2009).

Pati pregelatinisasi modifikasi pati menjadi pati pregelatinisasi dapat dilakukan dengan cara pemanasan suspensi pati dalam air (Rosida, 2021).

C. Rangkuman

Dari penjelasan di atas, mahasiswa harus memahami bahwa proses modifikasi pati dengan cara pemanasan suhu tinggi-pendinginan (*autoclaving-cooling cycling*) dapat meningkatkan terbentuknya RS tipe III.

Modifikasi pati dengan ultrasonikasi, menunjukkan permukaan pati menjadi berpori, dengan modifikasi kombinasi ultrasonikasi 30 menit menghasilkan pori-pori yang lebih banyak pada permukaan granulanya daripada pati alami. Pati termodifikasi ini cocok diaplikasikan sebagai absorben dan pada berbagai produk instant.

Modifikasi fisik cenderung lebih aman karena tidak menggunakan berbagai pereaksi kimia sehingga tidak akan meninggalkan residu pada pati termodifikasi. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik melalui beberapa cara, antara lain pengeringan, pemanasan, pendinginan, pemasakan, gelatinisasi, ekstrusi, *High Moisture Treatment*, *annealing*, dan *autoclaving cooling*.

D. Evaluasi

1. Jelaskan pengertian pati modifikasi secara fisik.
2. Bagaimana pengaruh modifikasi dengan menggunakan suhu tinggi.
3. Bagaimana pengaruh modifikasi fisik dengan

ultrasonikasi.

4. Apa kelebihan modifikasi pati secara fisik .
5. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik melalui beberapa cara, jelaskan.

BAB VIII

PATI MODIFIKASI SECARA KIMIA

A. Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami secara mandiri tentang pati modifikasi secara kimia.

B. Materi Pembelajaran

Modifikasi pati secara kimiawi dapat dilakukan dengan menggunakan metode cross-linking, substitusi, hidrolisis asam, dan oksidasi.

Metode cross-linking

Modifikasi pati secara cross-linking adalah penggantian ikatan hidrogen antar intra dan intermolekul pati dengan menggunakan ikatan kovalen yang lebih kuat. Beberapa agen cross-linking yang sering digunakan antara lain *sodium trimetaphosphate* (STMP), *monosodium phosphate* (MSP), *sodium tripolyphosphate* (STPP), *phosphoryl chloride* (POCl₃).

Agen cross-linking akan mengikat antarmolekul anhydrous glucose unit (AGU) pada bagian amorf granula pati. Terjadinya ikatan antarpati dengan agen cross-linking diperkirakan terjadi pada gugus hidroksil (-OH) atom C no. 2, 3 (sekunder), dan 6 (primer). Hal ini dikarenakan gugus hidroksil (-OH) yang terletak pada atom C no. 1 dan 4 akan membentuk ikatan glikosidik antara molekul glukosa (Nurhayati, 2019).

Pati modifikasi cross-linking memiliki sifat sebagai berikut; viskositas tinggi, dan ketahanan geser yang baik serta dapat menghambat pengembangan granula untuk stabilitas viskositas yang disebabkan terbentuknya ikatan ikatan (jembatan) baru antar molekul di dalam pati itu sendiri atau antar molekul pati

yang satu dengan dengan molekul pati yang lain (Rosida, 2021).

Pati hasil modifikasi cross-linking pada umumnya memiliki karakteristik tahan terhadap panas, asam, dan shear stress. sehingga, pati cross-linking dapat diaplikasikan pada produk sup, saus, bakery, dan dairy product karena kemampuannya untuk viscosifiers dan texturizer. Salah satu contoh aplikasi pati hasil cross-linking untuk texturizer ialah pada pembuatan roti (Nurhayati, 2019)..

Metode substitusi

Modifikasi substitusi digunakan untuk menggantikan gugus hidroksil pada pati dengan proses eterifikasi, esterifikasi, ataupun propilasi pada polimer amilosa dan amilopektin sehingga struktur pati mengalami perubahan (Nurhayati, 2019).

Metode Asetilasi,

Metode asetilasi merupakan metode yang sangat penting untuk memodifikasi karakteristik pati karena metode ini dapat memberikan efek pengentalan (sebagai thickening agent) pada berbagai makanan. Selain itu, kualitas produk yang dihasilkan dari pati terasetilasi lebih stabil dan tahan terhadap retrogradasi (Rosida, 2021).

Pati asetat (pati asetilasi) diproduksi melalui reaksi esterifikasi dengan asam asetat atau asetat anhidrida.

Modifikasi pati secara asetilasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik yang meliputi struktur granula (bentuk dan ukuran granula), komposisi granula (Rasio Amilopektin dan Amilosa serta komposisi selain pati) sedangkan faktor ekstrinsik terdiri dari reagents (Jenis Reagen, Konsentrasi), kondisi media reaksi (suhu, pH, lama reaksi dan tekanan). Faktor faktor tersebut akan berpengaruh terhadap derajat

substitusi, % asetil, sifat sifat fisiko kimia, morfologi dan reologi, termal serta pasting pati terasetilasi. Derajat substitusi (DS) dan (%) asetil digunakan untuk mengetahui berapa banyak gugus asetil yang tersubsitusi ke dalam pati yang terasetilasi. DS merupakan parameter yang menentukan penggunaan pati terasetilasi secara komersial, dan menentukan besarnya perubahan sifat fungsional pati asetat dari pati alaminya.

Dalam pati yang dimodifikasi oleh asetilasi, dimulai gugus asetil ke dalam granula pati menyebabkan pati bersifat hidrofobik yang menyebabkan air sulit masuk, sehingga mengurangi swelling power. Jika dibandingkan dengan perbedaan kandungan amilosa, low-amilosa menunjukkan kelarutan yang sangat rendah bila dibandingkan dengan medium- dan high- amilosa.

Masuknya gugus asetil ke dalam granula pati terutama di C6 menyebabkan peningkatan berat molekul pati yang menyebabkan leaching amilosa dari granula pati menjadi semakin sulit. Sifat termal pati terasetilasi meliputi suhu gelatinisasi (suhu terjadinya peristiwa gelatinisasi).

Pati alami menunjukkan suhu gelatinisasi lebih tinggi bila dibandingkan dengan pati terasetilasi, selain itu semakin lama waktu proses asetilasi maka semakin rendah suhu gelatinisasi yang dibutuhkan. Tidak ada perbedaan suhu gelatinisasi dari pati alami pada berbagai kandungan amilosa. Saat ini pati termodifikasi sangat banyak digunakan untuk berbagai tujuan pembuatan produk yang menggunakan pati sebagai bahan baku utama ataupun sebagai bahan baku sekundernya. Sesuai dengan tujuan awal modifikasi pati dilakukan untuk mengurangi kelemahan dari sifat alami pati antara lain tidak tahan terhadap panas, kondisi asam ataupun untuk menghambat laju retrogradasi pati. Proses asetilasi

dapat meningkatkan kestabilan pasta dan kejernihan, serta dapat mencegah retrogradasi. Tingkat asetilasi juga dapat dibatasi sehingga dapat memperbaiki sifat-sifat yang diperlukan (Nurhayati, 2019).

Pati alami umumnya memiliki kelemahan yang mengurangi aplikasinya di dalam proses pengolahan pangan, beberapa di antaranya adalah kemampuan membentuk gel yang tidak konsisten, menghasilkan suspensi pati yang tidak tahan dengan suhu tinggi, pada suhu dingin mudah mengalami sineresis akibat terjadinya retrogradasi pati, kemampuan gelatinisasi yang rendah pada kondisi asam sehingga mudah mengalami hidrolisis, rendahnya tingkat viskositas karna tidak tahan proses mekanis seperti proses pengadukan atau pemompaan.

Keunggulan sifat fisikokimia yang dimiliki oleh pati terasetilasi seperti suhu gelatinisasi, *swelling power*, *solubility*, dan tingkat kejernihan pasta (*paste clarity*) yang tinggi, serta memiliki stabilitas penyimpanan dan pemasakan yang lebih baik jika dibandingkan dengan pati asalnya. Selain itu, kualitas produk yang dihasilkan dari pati terasetilasi lebih stabil dan tahan terhadap retrogradasi (Subroto *et al.*, 2021).

Vinil asetat merupakan reagen lain yang digunakan untuk esterifikasi meskipun lebih lambat reaksinya dibandingkan dengan asetat anhidrida. Mekanismenya adalah reagen direaksikan dengan pati yang menyebabkan gugus hidroksil pada unit glukosa digantikan dengan gugus asetil, sehingga terbentuk gugus ester (pati asetat). Jumlah gugus asetil yang terbentuk tergantung pada konsentrasi reaktan pH, waktu reaksi, dan katalis. Reaksi pada modifikasi asetilasi, dapat di aplikasikan pemanfaatannya sebagai film, proses asetilasi juga meningkatkan kejernihan pati. Pati asetilasi juga dapat dimanfaatkan pada pembuatan makanan dingin karena

stabilitas pati yang baik pada suhu rendah.

Metode Suksinilasi Suksinilasi pati merupakan metode substitusi gugus hidrogen pada pati dengan gugus suksinil pereaksi yang memiliki sifat hidrofobik sehingga suksinilasi pati memberikan perubahan sifat fungsional .

Perubahan sifat yang dihasilkan adalah suhu gelatinisasi dan entalpi menurun pada pati disebabkan oleh struktur pati yang renggang sehingga kelarutan dan pembengkakan cepat terjadi tanpa suhu gelatinisasi yang terlalu tinggi. Nilai kejernihan pasta pati meningkat dan tidak mudah terjadi retrogradasi, menurunkan puncak pemastan pada pati, penurunan viskositas, dan retrogradasi.

Pati suksinat pada bidang pangan digunakan sebagai emulsifier, surfaktan, zat peningkat tekstur, untuk enkapsulasi senyawa flavor, dan juga dalam industri plastik, seperti biodegradasi plastik. Pati suksinat juga digunakan sebagai agen pengental dalam makanan atau agen stabilisasi dalam sup, makanan ringan, dan produk makanan beku/didinginkan.

Metode Hidroksipropilasi dan Karboksimetilas, Metode hidroksipropilasi merupakan metode yang dikembangkan dengan proses substitusi gugus hidroksipropil pada polimer pati dan menggantikan gugus hidroksil yang mampu mengganggu terbentuknya interaksi inter dan intramolekuler ikatan hidrogen pada granula pati, khususnya pada amilosa dan amilopektin.

Proses tersebut menyebabkan pelemahan struktur granula pati yang mengarah ke peningkatan peregangan pada rantai polimer pati terlebih di daerah amorf.

Peningkatkan kelarutan pati dan sifat fungsional pati dalam bentuk pasta, seperti stabilitas pada proses penyimpanan beku dan saat pencairan setelah keluar dari

pembekuan juga baik pada pati hidroksipropilasi. Kemampuan pembengkakan pati modifikasi yang meningkat dan penurunan suhu gelatinisasi, serta terhambatnya retrogradasi. Sifat tersebut pada pangan dimanfaatkan pada produk yang disimpan beku dan bidang obat-obatan.

Metode Hidrolisis Asam

Modifikasi asam akan dihasilkan pati dengan sifat-sifat berikut; viskositas yang rendah, kurang terjadinya pengembangan granula pada gelatinisasi sehingga meningkatkan kelarutan dalam air panas di bawah suhu gelatinisasi, berat molekul yang rendah. Dari beberapa peneliti diperoleh bahwa dengan peningkatan modifikasi asam akan menurunkan viskositas lebih cepat dari penurunan kekerasan dan penghancuran gel. Kekuatan pembentuk gel meningkat dengan peningkatan konsentrasi (Rosida, 2021).

Pati termodifikasi secara hidrolisis asam klorida akan meningkatkan kelarutan pati di dalam air. Hal ini disebabkan karena proses hidrolisis asam dapat merusak struktur menjadi lebih sederhana dan lebih hidrofilik juga terjadi depolimerisasi pati sehingga kelarutannya dalam air menjadi lebih tinggi (Wahidah, 2020)

Metode Hidrolisis Asam, Modifikasi pati secara kimiawi menggunakan asam untuk menghidrolisis pati. Asam yang digunakan untuk hidrolisis pati di antaranya adalah H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , dan H_3PO_4 .

Proses hidrolisis ini biasanya menggunakan suhu di bawah suhu gelatinisasi pati (40° – $60^{\circ}C$), dengan jumlah padatan pati sekitar 36–40% pati yang dimodifikasi dengan asam memiliki sifaidrolisis pati adalah dengan pemutusan ikatan glikosidik pada polimer amilosa dan amilopektin.

Pemutusan ini akan berakibat terpecahnya polimer

menjadi komponen-komponen oligomer yang memiliki berat molekul lebih kecil, Pati yang diberi perlakuan dengan hidrolisis asam, kiralinitas relatifnya meningkat, memiliki kelarutan yang lebih tinggi dalam air hangat, swelling power lebih rendah daripada pati asli. Hal ini disebabkan oleh struktur amilopektin yang sudah mengalami disintegrasi sehingga tidak dapat lagi memerangkap air yang menyebabkan granula tidak dapat membengkak dengan baik menghasilkan penurunan peak viskositas akhir, breakdown, dan setback. Meningkatnya kekuatan gel dari pati yang dihidrolisis dengan asam disebabkan hilangnya efek negatif dari struktur bercabang amilopektin terhadap pembentukan gel.

Pati hidrolisis asam banyak digunakan di industri pangan. Aplikasi pati hidrolisis dalam bidang pangan antara lain adalah:

- (i) Sebagai agen gelling pada produksi permen karet dan roti loaf keju;
- (ii) Sebagai pengganti lemak (fat replacer) pada produk mentega rendah lemak, margarin, mayones rendah lemak dan es krim rendah lemak.

Metode Oksidasi

Modifikasi pati dengan oksidasi diperoleh sifat pati sebagai berikut; gel yang mempunyai tingkat kejernihan yang tinggi, mempunyai tingkat regangan yang rendah, berat molekul yang rendah, viskositas yang rendah. Modifikasi oksidasi dengan menggunakan hidrogen peroksida. Reaksi ini dipengaruhi oleh adanya ultra violet, katalis, disamping itu juga dipengaruhi oleh pH, waktu reaksi dan konsentrasi oksidan yang dipergunakan (Rosida, 2021).

Oksidasi pati merupakan metode modifikasi pati

menggunakan oksidator. Oksidator dapat menyerang bagian atom C6, C2 dan C3 dari unit D-glukopiranosil sehingga terjadi proses substitusi.

Oksidator yang biasa digunakan adalah natrium hipoklorit, hidrogen peroksida, dan ozon. Salah satu produk modifikasi yang banyak digunakan dalam bidang pangan untuk menghasilkan produk seperti puding, krim puding, whipped cream, dan campuran bubuk adonan. Pati teroksidasi memiliki karakteristik yang unik, yaitu transparan, kedap, dan stabil dalam kondisi asam. (Marseno *et al.*, 2020).

Modifikasi secara kimiawi dapat dilakukan dengan metode oksidasi menggunakan oksidator kuat seperti ozon, Ozon merupakan oksidator yang ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu pada produk ataupun lingkungan.

Pati alami dan modifikasi ultrasonikasi sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam chamber berukuran 250 mL, kemudian dilakukan proses ozonasi secara batch untuk masing-masing perlakuan sambil dilakukan pengadukan dengan flowrate 2 L/menit selama 20 menit. Setelah itu, pati hasil proses ozonasi dilakukan pengadukan selama 5 menit.

Pati alami bentuknya bulat dan tidak beraturan dengan permukaannya yang relatif halus tidak berpori.

Pati modifikasi ozonasi menunjukkan permukaan granula yang memiliki pori-pori berukuran kecil. Kerusakan granula pati atau terbentuknya pori-pori terjadi pada permukaan granula, dan dengan semakin banyaknya pori-pori maka granula pati memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi. Hal tersebut disebabkan sebagian besar oksidasi terjadi pada permukaan granula. Meskipun pati hasil ozonasi memiliki permukaan granula pati yang berpori tetapi tidak dapat meningkatkan nilai swelling volume, hal ini karena pemecahan molekul amilopektin akibat proses ozonasi menyebabkan pori-pori pada granula

meningkatkan penyerapan air selama pemanasan, namun pori-pori lemah dalam menahan air yang diserap saat sentrifugasi,

Pati ozonasi memiliki nilai kapasitas penyerapan air yang lebih tinggi daripada pati alami. Reaksi ozonasi menyebabkan hidrolisis atau pemecahan sebagian rantai percabangan molekul amilopektin sehingga berubah menjadi molekul rantai lurus, sehingga jumlah amilosa bertambah. Amilosa memiliki sifat hidrofilik, maka dari itu kapasitas penyerapan air meningkat karena banyaknya amilosa yang mengikat air.

Selain itu, pati hanjeli ozonasi memiliki permukaan granula berpori yang ukurannya kecil, sehingga menyebabkan air akan lebih banyak terserap dibandingkan dengan pati alami. Pati ultrasonikasi selama 15 dan 30 menit mengalami kenaikan nilai kapasitas penyerapan air dari pati alami. Meningkatnya kapasitas penyerapan air disebabkan karena adanya pori-pori pada permukaan granula pati setelah perlakuan ultrasonikasi (Subroto *et al.*, 2021).

C. Rangkuman

Mahasiswa harus memahami bahwa Perlakuan modifikasi secara kimia akan menghasilkan pati dengan sifat viskositas yang rendah, kurang terjadinya pengembangan granula pada gelatinisasi sehingga meningkatkan kelarutan dalam air panas di bawah suhu gelatinisasi serta memiliki berat molekul lebih rendah. Modifikasi pati secara asetilasi akan menghasilkan pati dengan sifat suhu gelatinisasi, swelling power, solubility, dan tingkat kejernihan pasta (paste clarity) yang tinggi, serta memiliki stabilitas penyimpanan dan pemasakan yang lebih baik jika dibandingkan dengan pati asalnya.

D. Evaluasi

1. Jelaskan bagaimana modifikasi pati secara kimia
2. Jelaskan metode-metode modifikasi pati secara kimia
3. Bagaimana sifat modifikasi pati dengan oksidasi
4. Bagaimana sifat Modifikasi pati dengan menggunakan asam
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan metode modifikasi pati secara cross-linking

BAB IX

PATI MODIFIKASI SECARA ENZIMATIS

A. Tujuan Pembelajaran

Pada materi ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan secara mandiri tentang pati modifikasi secara enzimatis.

B. Materi Pembelajaran

Modifikasi secara biologi yaitu modifikasi pati dengan menggunakan fermentasi dari bakteri asam laktat. Pada saat fermentasi bakteri asam laktat, yeast dan bakteri lain memiliki peranan dalam peruraian sebagian pati, pengasaman, detoksifikasi dan pengembangan cita-rasa. Bakteri asam laktat dapat berperan dalam pembentukan aroma, pengham batan bakteri pembusuk dan patogen (Rosida, 2021).

Modifikasi pati secara enzimatis merupakan modifikasi pati yang sering digunakan. Hal ini disebabkan modifikasi secara enzimatis lebih aman terhadap kesehatan, dan reaksinya lebih dapat dikontrol.

Pati dapat dirombak menjadi unit-unit yang lebih kecil yaitu pemotongan ikatan-ikatan glikosidiknya. Salah satu enzim yang dapat memotong ikatan tersebut adalah enzim α -amilase. Enzim α -amilase terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. α -amilase adalah endo enzim yang kerjanya memutus ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun pada amilopektin. Sifat dan mekanisme kerja enzim α -amilase tergantung pada sumbernya. (Koswara, 2009)

Modifikasi tepung dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada tepung pisang, tepung ubi ungu dan tepung beras ketan hitam dapat mempengaruhi sifat fisik dan fungsional diantaranya yaitu :

1. Warna

Warna L^* pada ketiga tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada tepung pisang memiliki warna yang sedikit kusam (kemerahan), disebabkan oleh reaksi browning karena pisang mengandung gula. Sementara itu tepung ketan hitam dan ubi ungu yang memiliki warna lebih gelap karena mengandung pigmen antosianin (pigmen merah, ungu, dan biru) yang tinggi. Beberapa faktor yang menyebabkan pigmen di dalam bahan pangan mengalami kerusakan atau bahkan hilang, yaitu apabila bahan pangan tersebut mengalami proses pemanasan, perubahan pH dan oksidasi selama proses penyimpanan (Dewi *et al.*, 2022).

2. pH

Tepung yang dimodifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh pH tepung ketan hitam, tepung pisang dan tepung ubi ungu sekitar 4,8-5,05. Penurunan pH disebabkan pembentukan asam yang semakin meningkat. Penambahan asam strat menghasilkan pH lebih rendah karena mikroanya dapat menghidrolisis pati menjadi gula dan mengubahnya menjadi asam-asam organik seperti asam laktat. Sedangkan pada modifikasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk merombak asam laktat sehingga dapat mengurangi tingkat keasaman pada tepung (Dewi *et al.*, 2022).

3. Swelling Power

Swelling power juga dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan

amilopektin bahan, semakin tinggi kandungan amilosa dan amilopektin maka swelling power Proses fermentasi dapat mendegradasi amilosa menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa, sehingga air yang terikat pada proses rehidrasi semakin banyak, hal ini menyebabkan granula pati membengkak (Dewi *et al.*, 2022). Tepung modifikasi memiliki kemampuan menyerap air yang baik sehingga pada saat penambahan tepung modifikasi ke dalam produk mie menghasilkan mie yang mengembang hingga dua kali lipat dari ukuran sebelumnya. Sedangkan Mie tanpa substitusi memiliki daya serap air sekitar 60 %. (Setiavani *et al.*, 2024).

4. **Water Holding Capacity (WHC)**

Kapasitas penyerapan air menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakkan. Bila jumlah air kurang maka pembentukan gel menjadi tidak optimum. Maka kemampuan hidrasi yang rendah kurang cocok untuk produk yang memerlukan tingkat gelatinisasi tinggi. Kandungan kadar air pada tepung ubi ungu memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ketan hitam sehingga air yang diikat juga lebih tinggi pada tepung ubi ungu. Selain itu kapasitas penyerapan air juga mempengaruhi kemudahan dalam menghomogenkan adonan (Dewi *et al.*, 2022).

5. **Oil Holding Capacity (OHC)**

Oil Holding Capacity (OHC) merupakan kemampuan protein dalam kapasitas menyerap dan menahan minyak tanpa kondisi pemanasan. Tepung ketan hitam memiliki nilai OHC lebih tinggi yaitu sebesar 290% dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ubi ungu. karena tepung ketan hitam memiliki protein dengan gugus hidrofobik yang lebih banyak

dibandingkan tepung ubi ungu dan tepung pisang. Daya serap minyak penting untuk diketahui karena mempengaruhi tekstur bahan pangan khususnya yang melalui proses penggorengan. Selama proses menggoreng berlangsung, sebagian minyak akan masuk ke dalam bahan pangan yang digoreng dengan mempunyai karakteristik tertentu serta mengandung sejumlah lemak yang diabsorpsi. (Dewi *et al.*, 2022).

6. Suhu Gelatinisasi

Suhu gelatinisasi merupakan suhu yang diperlukan agar proses pembengkakan granula pati karena panas yang menyebabkan ikatan hidrogen pada ikatan glikosida pati terputus. Suhu gelatinisasi ini menunjukkan suhu awal meningkatnya viskositas pati saat pati dipanaskan atau pada saat awal terjadinya gelatinisasi. Tepung beras ketan hitam memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung pisang dan tepung ubi ungu. Suhu gelatinisasi tepung beras ketan hitam disebabkan oleh pati serealida memiliki berat granula pati lebih rendah dibandingkan dengan berat granula pati umbi-umbian dan buah-buahan. Tepung dengan kandungan amilopektin lebih tinggi (tepung beras ketan hitam dan tepung ubi ungu), akan membengkak lebih besar dibandingkan dengan yang memiliki kandungan yang lebih rendah pada saat proses gelatinisasi (Dewi *et al.*, 2022).

7. Viskositas

Viskositas merupakan resistensi/ketidakmauan bahan mengalir bila dikenai gaya (mengalami penegangan) atau gesekan internal dalam cairan dan merupakan suatu ukuran terhadap kecepatan aliran. Adanya pengaruh pH rendah dan suhu yang mampu mendegradasi amilosa yang menyebabkan menurunnya viskositas (Dewi *et al.*, 2022).

8. Sineresis

Sineresis adalah suatu kondisi pada pati saat air yang berada dalam gel keluar karena gel mengkerut sehingga cenderung memeras air keluar dalam gel. Pengujian sineresis penting dilakukan dalam pembuatan tepung karena menentukan kualitas tepung yang akan dibuat nantinya dan dapat mempengaruhi masa simpan pada tepung. Nilai sineresis yang rendah menunjukkan bahwa tepung tersebut memiliki kualitas yang baik, karena apabila nilai sineresisnya tinggi menunjukkan bahwa gel secara fisik tidak stabil. Nilai sineresis ini berbanding terbalik dengan daya ikat air, jadi apabila terjadi penurunan sineresis akan meningkatkan daya ikat air. Faktor-faktor yang dapat menurunkan nilai sineresis adalah pH dan daya ikat air (Dewi *et al.*, 2022).

9. Kadar Polifenolroses

Terjadi peningkatan kadar polifenol pada tepung yang dimodifikasi dibandingkan yang tanpa modifikasi (kontrol). Pada saat fermentasi dapat meningkatkan kadar polifenol (senyawa fenolik) dalam suatu produk. Selain itu waktu yang digunakan pada saat fermentasi juga menyebabkan kesempatan interaksi antar senyawa menjadi lebih tinggi sehingga memungkinkan pembentukan senyawa fenolik baru. Kenaikan total senyawa fenolik tidak selalu menyebabkan kenaikan aktivitas antioksidan. Sebaliknya, penurunan total senyawa fenolik tidak selalu menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan. karena adanya senyawa antioksidan lain selain senyawa fenolik, yang keberadaannya lebih stabil. Penurunan total kadar polifenol tersebut berbalik dengan aktivitas antioksidannya yang semakin naik (Dewi *et al.*, 2022).. Semakin lama fermentasi maka kadar pati yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin lama fermentasi maka jumlah starter bakteri *Acetobacter xylinum* akan semakin banyak, sehingga produksi enzim pektinolitik

dan enzim selulolitik semakin banyak (Nusa, dkk, 2012).

10. **Kapasitas Antioksidan**

Antioksidan sangat diperlukan oleh tubuh untuk mengatasi dan mencegah stres oksidatif. Tepung yang dimodifikasi memiliki kapasitas antioksidan lebih tinggi daripada tepung sebelum modifikasi.

Peningkatan kapasitas antioksidan ini disebabkan adanya proses fermentasi oleh yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Meningkatnya kapasitas antioksidan disebabkan oleh semakin banyaknya fenolik bebas yang dihasilkan dari proses fermentasi. Senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk mereduksi beberapa ion logam teroksidasi. Senyawa fenolik dapat dijadikan donor elektron karena memiliki banyak gugus hidroksil (Dewi *et al.*, 2022).

11. **Gula Reduksi**

Gula reduksi adalah senyawa organik golongan gula atau karbohidrat yang memiliki kemampuan untuk mereduksi. Tepung setelah mengalami modifikasi terdapat penurunan total gula reduksi daripada tepung kontrol (Dewi *et al.*, 2022).

C. Rangkuman

Mahasiswa harus memahami bahwa modifikasi dengan cara fermentasi dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada tepung pisang, tepung ubi ungu, dan tepung beras ketan hitam berpengaruh terhadap perbandingan antar tepung (warna, pH, swelling power, OHC, WHC, viskositas dan sineresis) dan perbandingan tepung modifikasi dengan tepung tanpa modifikasi (kadar polifenol, kapasitas antioksidan dan gula reduksi).

L. plantarum mampu merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan hasil akhirnya yaitu asam laktat. Selama proses fermentasi oleh *L. plantarum* dapat mengubah struktur pati sehingga mengubah sifat fungsionalnya

yaitu bakteri asam laktat menghasilkan enzim amilase.

D. Evaluasi

1. Jelaskan Apa yang dimaksud dengan modifikasi pati secara fermentasi
2. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi
3. Bagaimana pengaruh fermentasi terhadap Swelling power
4. Jelaskan perubahan setelah dilakukam modifikasi pati secara fermentasi

BAB X

PEMANFAATAN PATI MODIFIKASI

A. Tujuan Pembelajaran

Pembelajaran ini bertujuan agar mahasiswa mampu menguraikan dan mengaplikasikan secara mandiri tentang pemanfaatan pati modifikasi.

B. Materi Pembelajaran

1. Peranan Modifikasi Pati Garut dalam Pembuatan Saus Cabai

Pembuatan Pati Garut Modifikasi

- a. Tepung garut dilarutkan dalam larutan natrium sulfat 10% hingga diperoleh suspensi 40% (b/v).
- b. Lalu campuran pati garut dan larutan natrium sulfat ditambahkan NaOH 5% sambil diaduk hingga pH 9.5.
- c. Kemudian suspensi ditambahkan monosodium fosfat (MSP) dengan konsentrasi 0.5, 1, 1.5 %. Lalu dimasukkan ke dalam shaker water bath pada suhu 45°C dan kecepatan 125 rpm selama 1 jam.
- d. Asam asetat ditambahkan dengan konsentrasi 1, 2, 3 % (v/b). Suspensi ditempatkan kembali pada shaker water bath dengan suhu 45°C dan kecepatan 125 rpm selama 1 jam.
- e. Suspensi disentrifugasi dengan kecepatan 900 rpm selama 15 menit. Endapan dicuci dengan akuades sampai pHnya 7.
- f. Endapan dikeringkan pada suhu 60°C selama 6 jam. Endapan dihaluskan dan disaring.

Pembuatan Saus Cabai

1. Cabai disortasi dan Cabai dicuci. Cabai dilakukan pemotongan hingga ukurannya 2 cm.
2. Kemudian cabai disteam blanching suhu 85°C selama 10 menit.
3. lalu cabai dibelnder sampai halus selama 10 menit. Bubur cabai disaring menggunakan penyaring. Bubur cabai dimasak dengan suhu 95°C dan ditambahkan larutan pati modifikasi dan bumbu-bumbu.

Karakteristik Pati Garut

Kejernihan Pati yang memiliki kejernihan optimum terdapat pada pati yang ditambahkan asam asetat sebesar 2%. Konsentrasi penambahan asam asetat yang lebih besar menyebabkan kejernihan pati cenderung menurun, hal ini dikarenakan dengan adanya proses modifikasi akan menghambat pembentukan ikatan hidrogen dari molekul amilosa dan amilopektin oleh gugus ester yang terbentuk. Konsentrasi penambahan asam asetat yang lebih besar menyebabkan kejernihan pati cenderung menurun. daya serap air pati garut modifikasi ganda cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi MSP dan asam asetat. Penambahan MSP memberikan pengaruh dikarenakan MSP lebih dahulu ditambahkan pada suspensi pati kemudian dilanjutkan asam asetat. MSP mensubstitusi gugus OH pada pati dengan maksimal sehingga asam asetat yang ditambahkan kemudian hanya dapat mensubstitusi gugus OH dalam konsentrasi yang kecil.

Daya Serap Penambahan MSP menyebabkan kelarutan menurun. Penambahan MSP menyebabkan terjadinya reaksi ikatan silang antara molekul pati dengan gugus fosfat yang dapat membentuk ikatan kimia yang berperan sebagai jembatan antar molekul pati. Ikatan silang yang terbentuk akan menyebabkan

pembentukan gel yang semakin keras dan akan kehilangan sifat alirnya sehingga jika defomasi yang dialarni bersifat balik maka pati akan memperlihatkan sifat elastisitasnya semakin tinggi konsentrasi asam asetat dan MSP yang ditambahkan,

Swelling power swelling powernya cenderung semakin meningkat. Peningkatan nilai swelling power ini dikarenakan gugus polar MSP bersifat hidrofilik (ion yang suka air) sehingga fraksi fosfat mampu mengikat air menyebabkan kemampuan pengikatan air oleh pati menjadi lebih tinggi.

MSP yang lebih rendah menyebabkan viskositas tinggi. Hal ini dikarenakan ikatan hidrogen antara molekul pati yang dimodifikasi secara fosforilasi akan rusak dan terjadi absorpsi air ke dalam granula pati sehingga granula membengkak yang pada akhirnya akan menyebabkan kenaikan viskositas (Latifah dan Yunianta, 2017).

Karakteristik Fisik Saus Cabai setelah ditambahkan Pati Modifikasi

Kecerahan Saat pemasakan, bubur cabai mengalami penurunan tingkat kecerahan dimana hal ini diakibatkan oleh penambahan minyak wijen dan kecap inggris yang berwarna gelap serta reaksi-reaksi yang terjadi pada saat pemasakan yang menyebabkan tingkat kecerahan menurun seperti reaksi karamelisasi gula

Kekentalan panelis secara umum paling menyukai kekentalan saus dengan pengental pati garut modifikasi ganda dengan konsentrasi MSP 1% dan asam asetat 1% yaitu dengan skor 3.83 (agak suka - suka) dan paling tidak menyukai kekentalan saus dengan pengental pati garut (Latifah dan Yunianta, 2017).

2. Modifikasi Pati Ketela Pohon dengan Oleoresin dari Minyak Jahe

- a. Minyak jahe dicampur dan diaduk dengan air suling dalam gelas beaker yang isinya 500 mL dan dilengkapi dengan pengaduk
- b. Kemudian pati dimasukkan ke dalam emulsi minyak jahe dalam air, dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit pada suhu kamar.
- c. Pati termodifikasi yang diperoleh kemudian dicuci dengan air suling dan disaring dengan penyaring hampa.
- d. Selanjutnya, pati termodifikasi dikeringkan dalam oven dan dihaluskan.

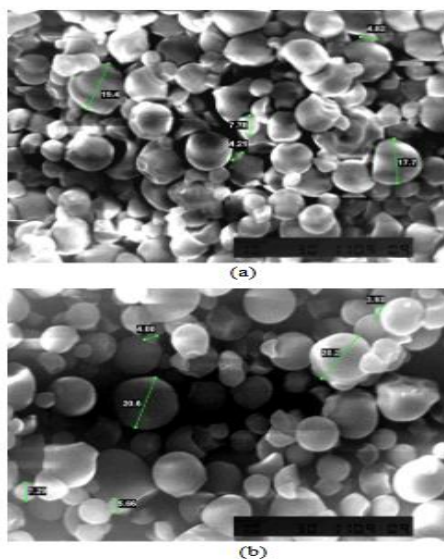
Swelling power Semakin bertambah minyak jahe (*gingerol*) maka akan menaikkan *swelling power*. Peningkatan *swelling power* disebabkan karena semakin besarnya hidrofilitas pati, karena berinteraksi dengan air. Pada penyerapan air yang cukup tinggi, rantai polimer akan mengalami relaksasi dan mengakibatkan terjadi pembengkakan.

Kelarutan pati, kelarutan pati ketela pohon termodifikasi yang tinggi menunjukkan kemudahannya untuk dicerna dalam sistem pencernaan tubuh manusia.

Jumlah bagian pati yang bisa terdegradasi sangat terbatas, maka penambahan minyak jahe yang berlebihan tidak akan melanjutkan proses degradasi butir pati. Semua pati yang termodifikasi menunjukkan kelarutan dalam air yang lebih rendah dibandingkan dengan pati asalnya. Nilai kelarutannya dalam air juga berkurang dengan bertambahnya minyak jahe yang ditunjukkan dengan bertambahnya kerapatan cross-link.

Morfologi butir pati, Morfologi butir pati ketela pohon hasil analisis SEM pati asli dan pati termodifikasi dapat dilihat

pada Gambar 10.1.



Gambar 10.1 Analisa SEM : (a) pati asli, (b) pati termodifikasi (Retnowati et al., 2010)

Pada Gambar tidak terlihat adanya perubahan struktur permukaan yang cukup berarti antara butir pati asli dan pati termodifikasi hal ini disebabkan pati mengalami proses cross-link yang ditunjukkan oleh sifat-sifat pati termodifikasi (Retnowati et al., 2010).

3. Modifikasi Pati Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) dengan Enzimatik

Proses pembuatan pati kimpul

- Kimpul dikupas dan dicuci bersih, kemudian dipotong dan direndam dalam larutan garam 7,5% dengan perbandingan 4:1 (larutan garam : kimpul) selama 1 jam untuk menghilangkan senyawa oksalat.
- Potongan kimpul dihancurkan dan diekstrak dengan

perbandingan 4:1 (air : kimpul). Campuran tersebut diperas menggunakan kain saring, kemudian ampas kimpul ditambah air dengan perbandingan 4:1 (air : ampas kimpul) dan diekstraksi kembali.

- c. Filtrat diendapkan selama 6 - 8 jam. Pati yang sudah terbentuk dikeringkan pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama ± 8 jam, kemudian digiling dan diayak dengan ayakan 100 mesh.

Proses pembuatan kecambah kacang hijau untuk sumber enzim α -amilase

- a. biji kacang hijau disortasi lalu dicuci dan direndam dengan aquades selama 30 menit.
- b. Setelah itu biji kacang hijau ditiriskan dan diperam dalam wadah berpori hingga terjadi perkecambahan (waktu perkecambahan 3 hari).
- c. Kecambah dibersihkan dengan melepas kulit luarnya
- d. kemudian ditimbang dan dihancurkan dengan blender.

Proses modifikasi pati kimpul secara enzimatis

- a. Pati kimpul ditimbang sebanyak 50 gram dan ditambahkan kecambah kacang hijau sesuai perlakuan (20%, 25%, 30%, dan 35% terhadap bobot kering pati kimpul yang akan dimodifikasi) dengan perbandingan kecambah : air adalah 1 : 1.
- b. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 30°C selama waktu yang telah ditentukan sesuai dengan variabel (1, 2, dan 3 hari).
- c. Setelah diinkubasi, dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 40°C selama 24 jam, selanjutnya ditepungkan dan diayak dengan ayakan 80 mesh.

Hasil yield pati kimpul termodifikasi 93,85% - 99,20%. Semakin meningkat konsentrasi dan waktu inkubasi, maka yield pati kimpul termodifikasi semakin bertambah. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi kecambah yang digunakan semakin banyak pula enzim α -amilase yang mengkatalis pemecahan amilosa dan amilopektin pada pati, sehingga yield pati meningkat.

Daya Serap Air Daya serap air adalah kemampuan pati dalam menyerap air, daya serap air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pati. Semakin bertambah konsentrasi kecambah kacang hijau maka daya serap air dari pati kimpul termodifikasi semakin tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan semakin besar konsentrasi kecambah kacang hijau yang ditambahkan, semakin banyak rantai amilosa yang terpecah. Selain itu, peningkatan daya serap air dari pati termodifikasi enzimatik dimungkinkan karena ekstrak kacang hijau mempunyai kandungan protein cukup tinggi, sekitar 38,54%.

Swelling power Daya kembang cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi kecambah kacang hijau dan waktu inkubasi, karena amilosa pada pati lebih banyak dipecah oleh enzim α -amilase seiring dengan lama waktu inkubasi dan peningkatan konsentrasi kecambah, Daya kembang pati kimpul termodifikasi enzimatik lebih tinggi dibanding daya kembang pada pati kimpul alami (16,72%). Rendahnya daya kembang pada pati alami disebabkan karena belum ada amilosa yang terpecah pada pati kimpul alami (Rahayu *et al.*, 2023).

4. Pati Ubi Jalar Modifikasi Heat Moisture Treatment

Swelling volume swelling volume pati ubi jalar dengan perlakuan pemanasan lebih rendah dibandingkan pati ubi jalar perlakuan kontrol. Hal ini dikarenakan pati ubi jalar dengan perlakuan pemanasan mengalami pengaturan kembali molekul

pati yang mengakibatkan menurunnya kapasitas pengembangan granula pati. semakin banyak terbentuk kristalin baru yang dapat meningkatkan stabilitas granula dan mengurangi kemampuan pembengkakan granula.

Solubility Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu HMT, maka semakin kecil solubility pada pati ubi jalar. Solubility pati ubi jalar dengan perlakuan pemanasan lebih rendah dibandingkan pati ubi jalar perlakuan kontrol. Solubility pati ubi jalar dengan pemanasan pada suhu 110°C selama 4 jam lebih rendah dibandingkan pati ubi jalar dengan pemanasan pada suhu 80°C selama 8 jam. Freeze thaw stability pati ubi jalar kontrol memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan seluruh pati ubi jalar perlakuan pemanasan HMT.

Semakin tinggi nilai setback, menunjukkan semakin tinggi pula kecenderungan untuk membentuk gel. bahwa besarnya nilai kekuatan gel ini juga dipengaruhi oleh rendahnya solubility dan swelling volume pati (Sunyoto *et al.*, 2016).

5. Modifikasi Pati Jagung dengan Crosslinking Agent

- a. Pati jagung 1 kg ditimbang dan dilarutkan dengan aquades sebanyak 2 liter diaduk sampai tidak ada endapan, didiamkan selama 30 menit sampai terdapat endapan,
- b. bagian air pada bagian atas dibuang (dekantir) dan bagian endapan dilakukan pencucian kembali sebanyak 2 kali.
- c. Endapan dikeringkan pada suhu 40oC selama 48 jam. Pati jagung yang dihasilkan setelah pengeringan berupa serbuk kemudian dihaluskan dan disaring dengan ayakan no. 40 mesh.
- d. Pati jagung sebanyak 50 gram dimasukkan dalam gelas bekker 1000 ml ditambahkan aquades 250 mL lalu

dipanaskan pada suhu 90°C dan diaduk selama 20 menit. Hasil pengadukan ditambahkan 50 gram asam sitrat dan XG sebanyak 2,5g, 5g, 10 g sesuai formula dengan temperatur 65°C,

- e. selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama 20 menit. Hasil material kopolimer diletakkan pada loyang dan dipanaskan pada suhu 40°C sampai kering.

Tabel 10.1 Modifikasi Pati Jagung

Bahan	Pati jagung	XG	Asam sitrat	aquades
Kontrol	50	2,5	0	250 ml
Formula 1	50	2,5	50	250 ml
Formula 2	50	5	50	250 ml
Formula 3	50	10	50	250 ml

Sumber : (Pratama dan Suprpto, 2022).

Modifikasi Pati Jagung dengan XG secara crosslink dengan asam sitrat bertujuan untuk membentuk ikatan ester pada pati jagung, ikatan terjadi pada gugus karboksil dan gugus hidroksil. Ikatan ester menghasilkan sifat ketahanan dan sifat mekanik dari kopolimer meningkat.

Penambahan XG dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan kopolimer, XG merupakan polimer yang mudah larut dan mengembang dalam air dan membentuk cairan yang kental. Peningkatan suhu pemanasan pati mengakibatkan penurunan kadar amilosa pati sehingga meningkatkan swelling, peningkatan swelling akibat pemanasan pati pada suhu yang semakin tinggi disebabkan kadar amilosa yang semakin rendah atau amilopektin dalam pati lebih tinggi. Semakin besar konsentrasi XG maka semakin besar pembengkakannya. Hal ini disebabkan karena karakteristik XG lebih mudah untuk mengikat air dan membentuk sistem koloidal. Xanthan gum memerangkap granula pati tergelatinisasi sehingga meningkatkan pengembangan

(Pratama dan Suprpto, 2022).

6. Modifikasi Pati Kentang Secara Pregelatinasi

Isolasi Pati Kentang Alami

- a. Kentang sebanyak 45 kg dibuat bubur umbi kentang. Bubur umbi yang diperoleh diekstraksi dengan air dengan perbandingan bubur umbi kentang dan air adalah (1:0,5).
- b. Selanjutnya, bubur umbi diperas dengan kain flanel sehingga pati lolos dari kain dan suspensi pati serta ampas tertinggal pada kain flanel.
- c. Suspensi pati dibiarkan mengendap di dalam wadah selama 6 jam selanjutnya endapan pati dikeringkan dengan suhu pengeringan 40°C selama 5 jam.
- d. Setelah proses pengeringan selesai maka pati kentang di gerus dan diayak pada mesh 80.

Pembuatan Pati Kentang Pregelatinasi

Formula 1 (F1) dibuat dengan cara air dipanaskan sebanyak 187,5 ml sampai suhu 45°C pada hot plate, lalu ditambahkan pati kentang sebanyak 150 g dan suhu 45°C dijaga selama 10 menit dengan pengadukan 200 rpm menggunakan homogenizer hingga masa terbentuk massa kental. Massa kental tersebut dikeringkan pada suhu 45°C selama 48 jam. Setelah kering, pati lalu diayak dengan mesh 60, untuk Formula 2 - Formula 9 (F2-F9) dilakukan dengan cara yang sama hanya berbeda pada suhu dan rpm sesuai dengan tabel.

Tabel 10.2 Perbandingan Pati : Air, Suhu dan Pengadukan

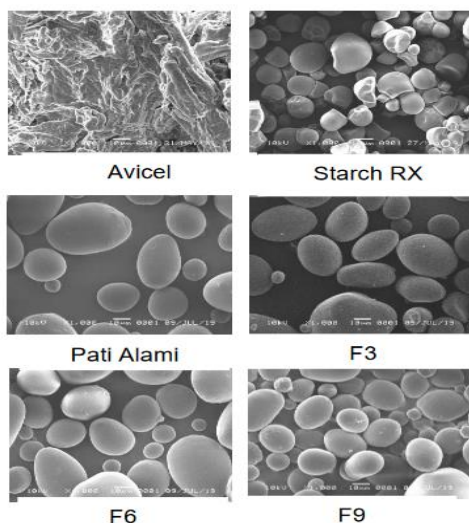
Pati : Air	Suhu (°C)	Pengadukan (rpm)	Formula
	45	200	F1
		250	F2
		300	F3
1 : 1,25	50	200	F4
		250	F5
		300	F6
	55	200	F7
		250	F8
		300	F9

Sumber : Hartes dkk, 2020

Rendemen Pati kentang pregelatinasi yang dibuat 88 gram/formula didapatkan rendemen setiap formula yaitu dengan nilai rata-rata 90,61%.

Starch RX, Pati alami dan semua Formula, memiliki bentuk serbuk sangat halus, warna putih, tidak berasa dan tidak berbau, sedangkan pada avicel berbentuk polimorf, warna putih, tidak berbau dan tidak berasa.

Pengujian mikroskopik pada perbesaran 100x diperoleh bahwa pati alami, pati pregelatinasi memiliki bulat telur, memiliki lamela dan hilus terletak di pinggir yang merupakan dari tanaman kentang, sedangkan pada starch RX terlihat perbedaan yaitu hilusnya teletak di tengah dan berbentuk topi baja ini menunjukkan berasal dari tanaman singkong kemudian avicel tidak terlihat lamela dan hilusnya karena bukan merupakan dari tumbuhan pati- patian.



Gambar 10.2 SEM perbesaran 1000x (Hartesi et al., 2020).

Pati kentang yang dapat dilihat pada perbesaran 100x berbentuk bulat telur serta hilus berupa titik terletak diujung dan lamela terlihat jelas hasil dari pati alami dan pregelatinasi.

Kadar pati yang didapatkan pada pati kentang yaitu sebesar 74,44 % Kadar pati ini bisa dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur panen optimum dan kondisi cuaca pada saat panen. Kadar pati umbi yang dipanen pada saat musim hujan akan lebih rendah karena kadar air yang tinggi. Semakin cepat atau semakin lama umur panen optimum akan juga mempengaruhi kadar pati, selain itu kadar pati juga dipengaruhi oleh tingkat kemurnian pati saat diproses,

Pada pengujian Scaning electron microscopy (SEM) dengan perbersaran 1000x dapat terlihat bahwa permukaan avicel memiliki pori yang sangat banyak dan tidak rata, morfologi permukaan starch RX memiliki pori diantar partikelnya. Pada pegujian Scaning electron microscopy pati pregelatinasi dan pati alami berbentuk bulat telur. Pada Permukaan pati alami kentang

cenderung halus sedangkan pada pati pregelatinasi terlihat ada perbedaan di antara formula 3, formula 6 dan formula 9 dimana pada formula 3 terlihat sedikit berpori dan tidak halus sedangkan pada formula 6 dan 9 lebih banyak dan pada formula 9 lebih terlihat jelas bahwa morfologi permukaannya tidak rata dan terlihat pori-pori pada permukaan menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan rpm pada setiap formula mempengaruhi dari morfologi pati pregelatinasi yang membuat permukaan pati pregelatinasi pori-pori dipermukaannya semakin banyak dan jelas (Hartesi *et al.*, 2020).

C. Rangkuman

Mahasiswa harus memahami bahwa perlakuan modifikasi ganda ikatan silang - substitusi dengan penambahan MSP dan asam asetat menyebabkan terjadinya perubahan sifat fungsional pada pati garut.

Minyak jahe yang mengandung gingerol mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan modifikasi pati menyebabkan kenaikan swelling power, yang dapat mempengaruhi tekstur.

Pati yang termodifikasi menunjukkan kelarutan dalam air yang lebih rendah dibandingkan dengan pati asalnya, dan kenaikan nilai kelarutan akan memperbaiki kemampuan pati untuk lebih mudah diserap tubuh.

D. Evaluasi

1. Jelaskan pembuatan pati garut modifikasi
2. Jelaskan sifat fungsional pati garut yang termodifikasi
3. Bagaimanakah hasil SEM pati kentang secara pregelatinasi
4. Jelaskan tujuan modifikasi pati jagung dengan XG secara crosslink dengan asam sitrat
5. Bagaimana pembuatan modifikasi pati kimpul secara enzimatis

Glosarium

Disakarida	Jenis karbohidrat yang terdiri dari dua unit monosakarida yang terhubung oleh ikatan glikosidik. Disakarida terbentuk melalui reaksi kondensasi, di mana dua molekul monosakarida bergabung dengan melepaskan molekul air.
Gelatinisasi	proses fisik yang terjadi ketika pati (karbohidrat kompleks) dipanaskan bersama air, sehingga pati menyerap air dan mengembang, mengubah teksturnya menjadi lebih lembut dan kental. Proses ini umumnya terjadi pada suhu sekitar 60-80°C, tergantung pada jenis pati.
Modifikasi	Merujuk pada perubahan atau adaptasi yang terjadi pada makhluk hidup sebagai respons terhadap lingkungan. Misalnya, modifikasi pada struktur tubuh atau perilaku untuk bertahan hidup.
Monosakarida	Jenis karbohidrat sederhana yang terdiri dari satu unit gula dasar. Monosakarida tidak dapat diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana melalui hidrolisis (reaksi pemecahan dengan air).

	<p>Monosakarida adalah unit dasar penyusun karbohidrat kompleks seperti disakarida (dua unit monosakarida) dan polisakarida (banyak unit monosakarida).</p>
Oligosakarida	<p>Jenis karbohidrat yang terdiri dari 3 hingga 10 unit monosakarida yang terikat bersama melalui ikatan glikosidik. Oligosakarida lebih kompleks dibandingkan disakarida, tetapi lebih sederhana daripada polisakarida yang terdiri dari banyak unit monosakarida.</p>
Pati	<p>Salah satu jenis karbohidrat yang berupa senyawa polisakarida. Pati adalah bentuk simpanan energi pada tumbuhan, yang biasanya terdapat dalam biji, akar, dan umbi.</p>
Polisakarida	<p>Jenis karbohidrat kompleks yang terdiri dari lebih dari 10 unit monosakarida yang terhubung melalui ikatan glikosidik. Polisakarida merupakan bentuk penyimpanan energi atau komponen struktural dalam organisme. Polisakarida tidak memiliki rasa manis dan biasanya tidak larut dalam air.</p>

Daftar Pustaka

- Afandi, F. 2023. Potensi Sumber Karbohidrat Indonesia Sebagai Ingridien Pangan Fungsional dengan Kadar Pati Resisten dan Aktivitas Antioksidan Tinggi. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 40–57. <https://doi.org/10.33830/fsj.v3i1.4989.2023>
- Dewi, K. L., Aulina, D. E., Wulandari, F., dan Maharani, S. 2022. Modifikasi Pati dengan Fermentasi (*S. cerevisiae*) pada Tepung Pisang, Tepung Ubi Ungu, dan Tepung Ketan Hitam. *Edufortech*, 7(2), 182–200. <https://doi.org/10.17509/edufortech.v7i2.51624>
- Harni, M., Anggraini, T., Rini, R., dan Suliansyah, I. 2022. Review Artikel: Pati pada Berbagai Sumber Tanaman. *Agroteknika*, 5(1), 26–39. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i1.118>
- Hartesi, B., Andriani, L., Anggresani, L., Whinata, M. B., dan Haflin, H. 2020. Modifikasi pati kentang secara pregelatinasi dengan perbandingan pati dan air (1: 1,25). *Riset Informasi Kesehatan*, 9(2), 177. <https://doi.org/10.30644/rik.v9i2.431>
- Herawati H. 2011. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna Sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 30(1), 31–39.
- Koswara, S. 2009. Teknologi modifikasi pati. *EbookPangan*, 1–32. <http://tekpan.unimus.ac.id/wpcontent/uploads/2013/07/TEKNOLOGI-MODIFIKASI-PATI.pdf>
- Latifah, H., dan Yunianta. 2017. Modifikasi Pati Garut (*Marantha Arundinacea*) Metode Ganda (Ikatan Silang – Substitusi) Dan Aplikasinya Sebagai Pengental Pada Pembuatan Saus Cabai. *Jurnal Pangan Agroindustri*, 5(4), 31–41.
- Marseno D. W, Marsono Y, Yudi P, Lisna A, Harsanto B.W, Putra P.B, Kamil R.Z, Rani S, Safitri I.O, Ririn K, hidayati Fela, H.

- L., Yuli P, Kinanthi, M dan Muravita M. 2020. *Teknologi modifikasi pati*.
- Masrukan. 2020. Potensi Modifikasi Pati Esterifikasi Sebagai Prebiotik. *Agrotech*, 1(1), 1-14.
- Nurhayati, 2019. 2019. 442630-None-418123E8. *Modifikasi Pati Secara Asetilasi Dan Aplikasinya Pada Pembentukan Film*, 6(2).
- Nusa M.I, Suarti, B, dan Alfiah, 2012. Pembuatan Tepung Mocaf Melalui Penambahan Starter Dan Lama Fermentasi (Modified Cassava Flour). *Agrium*, Volume 17 No 3
- Palguna, I. G. P. A., Sugiyono, dan Hariyanto, B. 2014. Karakteristik pati sagu yang dimodifikasi dengan perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi berulang. *Jurnal Pangan*, 23(6), 146-156.
- Pratama, S. R., dan Suprpto, S. 2022. Modifikasi Dan Karakterisasi Pati Jagung (*Zea mays*, [L]) Dan Xanthan Gum Dengan Crosslinking Agent Asam Sitrat. *Usadha Journal of Pharmacy*, 150-162. <https://doi.org/10.23917/ujp.v1i2.103>
- Rahayu, L. H., Sriyana, H. Y., dan Meliatama, L. R. 2023. Modifikasi Pati Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) Dengan Hidrolisis Enzimatis. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 4(2), 45. <https://doi.org/10.56444/cjce.v4i2.4439>
- Rahayu, R., Haryani, S., dan Yuliani, S. 2023. Perbandingan Pati Modifikasi Heat Moisture Treatment, Asetilasi dan Kombinasi Ganda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(3), 394-401.
- Retnowati, D. S., Kumoro, A. C., dan Budiyati, S. 2010. Modifikasi Pati Ketela Pohon Secara Kimia dengan Oleoresin dari Minyak Jahe. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(1), 1-6.
- Rosida, D. F. 2021. *Modifikasi Pati Dari Umbi-Umbian Lokal*.
- Setiavani, G., Moulia, M. N., Suarti, B, Astuti, L. T. W., dan Harahap, N. 2024. Pengaruh Penambahan Tepung Porang

- (*Amorphophallus mulleri*) Termodifikasi terhadap Daya Serap Air, Kadar Protein dan Organoleptik Mi Kering. *Jurnal Pangan*, 32(3), 207–218.
<https://doi.org/10.33964/jp.v32i3.669>
- Setiavani, G., dan Suarti, B. 2023. The Effect of Annealing Modification on Increasing Glucomannan Content of Porang (*Amorphophallus Muelleri* Blume) Flour. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1309–1315.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.4.18409>
- Subroto, E., Indiarso, R., Wulandari, E., dan Astari, A. P. 2021. Modifikasi Pati Hanjeli (*Coix Lacryma-Jobi* L.) Berpori Melalui Ultrasonikasi Dan Ozonasi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(2), 117.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v14i2.54338>
- Sugiyono, Pratiwi, R., dan Faridah, D. 2009. Modifikasasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (Autoclaving-Cooling Cycling) untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 20(1), 17–24.
- Sunyoto, M., R. Andoyo, H. Radiani A., dan Michelle C.T. 2016. Kajian Sifat Fungsional Pati Ubi Jalar Melalui Perlakuan Modifikasi Heat Moisture Treatment Sebagai Sediaan Pangan Darurat. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(2), 808–816.
- Syahbanu, F., Napitupulu, F. I., Septiana, S., dan Aliyah, N. F. 2023. Struktur Pati Beras (*Oryza sativa* L.) dan Mekanisme Perubahannya pada Fenomena Gelatinisasi dan Retrogradasi. *Agrointek*, 17(4), 755–767.
<https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i4.15315>
- Ulyarti, U., Amnesta, R., Suseno, R., dan Nazarudin, N. 2021. Modifikasi Pati Ubi Kelapa Kuning Metode Presipitasi Menggunakan Beberapa Tingkat Suhu Serta Aplikasinya

- Untuk Edible Film. *AgriTECH*, 41(4), 376.
<https://doi.org/10.22146/agritech.54150>
- Wahidah, D. 2020. Studi Pustaka Sifat Fisikokimia dan Pemanfaatan Pati yang Dimodifikasi Secara Hidrolisis Asam. *Prosiding Farmasi*, 6(2), 998–1003.
<http://dx.doi.org/10.29313/.v6i2.24222>
- Yunianto, A. E., Lusiana, S. A., Suryana, N. T. T., Utami, N., Yunieswati, W., Ningsih, W. I. F., Fitriani, R. J., Argaheni, N. B., Febry, F., Puspa, A. R., Atmaka, D. R., dan Lubis, A. 2021. Ilmu Dasar Gizi. In *Ilmu Dasar Gizi*.
- Zulvianti, P. N., Lestari, P. M., dan Nining, N. 2022. Review Komposit Pati–Kitosan: Perannya dalam Berbagai Sistem Pengantaran Obat. *Majalah Farmasetika*, 7(1), 18.
<https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i1.36496>

Tentang Penulis



Dr. Budi Suarti, S.P., M.Si dilahirkan di Medan pada tanggal 20 Maret 1977. Pendidikan Sarjana ditempuh di Program studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian UMSU, lulus pada Tahun 1999. Tahun 2001 penulis diterima di Program Studi Kimia pada Program Pascasarjana USU dan menamatkannya pada tahun 2003, Beasiswa Program Pascasarjana. Program Doktor pada program studi Ilmu Pangan pada Pascasarjana IPB pada tahun 2016 dengan Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia dan menamatkannya pada tahun 2021. Sejak tahun 1999 penulis bekerja sebagai Dosen tetap dengan Bidang Ilmu Teknologi Hasil Pertanian di UMSU. Tahun 2002 sebagai kepala laboratorium THP Fakultas Pertanian UMSU, tahun 2005 sebagai ketua program studi THP Fakultas Pertanian UMSU, Tahun 2006-2009 sebagai Wakil Dekan I Fakultas Pertanian UMSU dan Tahun 2014 sebagai Sekretaris Unit Penjamin Mutu Program Studi THP. Selain sebagai dosen tetap di UMSU, Tahun 2022, penulis sebagai ketua Grup Riset Teknologi Produk Pertanian, Saat ini penulis menjadi anggota Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia Divisi Pengembangan Pendidikan.

Penulis telah mempublikasikan jurnal internasional dan jurnal nasional

1. Tahun 2021, Jurnal internasional *Bio-active Compounds, Their Anti-oxidant Activities, Physicochemical, and Pasting Properties of Pigmented and non-Pigmented Fermented De- husked rice flour*, J. AIMS

2. Tahun 2021, jurnal nasional karakterisasi sifat fisikokimia dan fungsional beras pecah kulit berpigmen dan tanpa pigmen J. Pangan (Sinta 2).
3. Tahun 2022, jurnal nasional Efek Metode Pemanasan terhadap Sifat Fisikokimia Beras Pecah Kulit Hitam Fermentasi J. Pangan (Sinta 2).
4. Tahun 2023. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus Spina-Cristhi* L.) Dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Tahun. Warta Dharmawangsa (Sinta 6)
5. Tahun 2023, The Effect of Annealing Modification on Increasing Glucomannan Content of Porang (*Amorphophallus Muellieri Blume*) Flour. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* (Q3).
6. Tahun 2023, PKM: Aplikasi Beras Pecah Kulit Untuk Meningkatkan Sifat Fungsional Jamu Beras Kencur Di Dusun Jogja Sidodadi Ramunia Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. JPKM Unimed (Sinta 3).
7. Tahun 2023. Morphological and Chemical Characteristics of Porang Tubers (*Amorphophallus oncophyllus*) From Different Harvest Periods. *International Journal Of Biosciences And Biotechnology* (Sinta 3)
8. Tahun 2023, Perbedaan Sifat Fisik Dan Amilosa Beras Pecah Kulit Dan Beras Sosoh Warta Dharmawangsa (Sinta 6)

Penulis telah mempublikasikan Buku :

1. Tahun 2023. Buku Pangan Fungsional dan Bahan Penyegar. UMSU Press.

Penulis telah memperoleh Penghargaan :

1. Tahun 2022, Tanda kehormatan Lencana Tridharma Perguruan Tinggi LLDIKTI Wilayah I

Tentang Editor



Dr. Muhammad Arifin, S.Pd., M.Pd.,

Bandar Klippa, 26 Juni 1977. Pria yang saat ini sedang menempuh pendidikan akhir di Program Doktor Manajemen Pendidikan (MP) Sekolah Pascasarjana Unimed aktif mengajar di FKIP UMSU. Aktif menulis sejumlah buku tentang bahan ajar dan pendidikan. Keprihatinan terhadap SDM calon guru mendasari lahirnya buku yang berkolaborasi dengan mahasiswa ini. Karya yang dihasilkan buku “Microsoft Office 2007” (Format Publisihing), “E-Learning; Edmodo Go Blog” (2017, UMSU Press) dan “Manajemen Pendidikan Masa Kini (2017, UMSU Press), “Microsoft Word dan Excel untuk Penulisan Karya Ilmiah (Skripsi)” (2019, Prenadamedia Group), “E-Learning Berbasis Edmodo” (2019, Deepublish), Bahan Ajar Manajemen Kurikulum dan Inovasi Pembelajaran (2019, Latifah Press). Modul Kurikulum dan Pembelajaran (2019, UMSU Press), Mengajar itu Asyik (2021, UMSU Press), Implementasi Studi Banding Perpustakaan (2022, UMSU Press), Manajemen Pembelajaran Pendidikan Jarak Jauh Untuk Millenial (2020, Haura Publishing). Aktif menulis book chapter dan antologi serta menjadi editor buku- buku karya mahasiswa dan siswa. Penulis bisa dihubungi melalui 082160827215, dan surel: muhammadarifin@umsu.ac.id dan analisa.arifin@gmail.com.

Indeks

A

Amilosa, 5, 7, 12, 15, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29,
31, 32, 33, 35, 43, 44, 48, 49,
51, 52, 55, 57, 58, 60, 66, 71,
73
Amilosa, 6, 15, 21, 33, 48, 55,
86
Asam, 6, 9, 18, 22, 27, 29, 37,
39, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54,
56, 57, 58, 63, 66, 67, 73, 77
Asetat, 48, 49, 50, 65, 66, 67,
77

D

Disakarida, 11, 79

E

Ekstraksi, 16, 17, 18, 21, 43
Enzim, 18, 19, 27, 28, 29, 32,
41, 43, 57, 62, 63, 70, 71
Enzimatik, 18, 37, 71

F

Fermentasi, 37, 57, 58, 61, 62,
63

G

Gelatinisasi, 7, 25, 28, 29, 30,
31, 32, 33, 34, 35, 38, 41, 42,
43, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55,
59, 60, 82
Glikosidik, 6, 11, 12, 15, 47,
52, 79, 80
Granula, 31, 32

K

Karbohidrat, v, 9, 10, 12, 81
Karbon dioksida, 9

M

Medan, iv
Modifikasi, iv, xi, xiii, 3, 28,
30, 32, 33, 34, 37, 41, 42, 45,
46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56,
57, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 73,
74, 79, 81, 82, 83
Molekul, 5, 6, 7, 19, 23, 24,
28, 43, 47, 49, 52, 53, 54, 55,
57, 66, 67, 71, 79
Monomer, 15
Morfologi, 17, 49, 76

O

Oligosakarida, 11, 12, 80

P

Pati, ix, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11,
12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37,
38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46,
47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,
55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63,
65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72,
73, 74, 75, 76, 77, 79, 81, 82
Pati, iv, xi, xiii, 3, 5, 6, 7, 12,
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24,
25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34,
35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45,
47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,
55, 57, 65, 66, 67, 68, 69, 70,
71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80,
81, 82, 83, 84

Polimer, 9, 11, 12, 48, 51, 52,
68, 73
Polisakarida, 12, 80

R

Resisten, 10, 27, 28, 29, 30,
34, 42

T

Teknik, 29, 30

U

Ultrasonikasi, 42, 43, 45, 54,
55
Uwi, ix, 23

V

Viskositas, 6, 10, 20, 21, 33,
34, 37, 38, 47, 50, 51, 52, 53,
55, 60, 62, 67
Viskositas, 24, 60

Pati Modifikasi dan Aplikasinya

Buku ini disusun dengan berdasarkan penelusuran literatur yang mendalam, mencakup berbagai buku dan jurnal ilmiah yang relevan, sehingga menjadikannya sumber pembelajaran yang bermanfaat, khususnya bagi mahasiswa jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Dalam 10 bab yang disusun secara sistematis, penulis memaparkan berbagai konsep penting mengenai pati, proses modifikasinya, serta aplikasinya yang dapat diimplementasikan dalam berbagai industri.

Melalui buku ini, Dr. Budi Suarti tidak hanya memberikan pemahaman teori yang solid mengenai dasar-dasar modifikasi pati, tetapi juga menggali aplikasinya secara praktis yang dapat dimanfaatkan oleh para praktisi di dunia industri. Pendekatan yang berbasis riset dan penjelasan yang komprehensif, menjadikan buku ini sebagai referensi yang sangat berharga bagi siapa saja yang ingin memahami potensi besar yang dimiliki oleh pati sebagai bahan baku yang dapat dimodifikasi untuk meningkatkan nilai tambahnya.



Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3
Medan, Sumatera Utara
Website: <http://umsupress.umsu.ac.id/>
Email: umsupress@umsu.ac.id

