

**REVIEW: KARAKTERISTIK FISIK POLIMER PATI
HASIL MODIFIKASI ENZIMATIS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi

**AISYAH ISTIKA NURUL ALAM
A171058**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2021**


**REVIEW: KARAKTERISTIK FISIK POLIMER PATI
HASIL MODIFIKASI ENZIMATIS**

**AISYAH ISTIKA NURUL ALAM
A171058**

Oktober 2021

Disetujui Oleh:

Pembimbing



apt. Rival Ferdiansyah, M.Farm.

Pembimbing



apt. Wahyu Priyo Legowo M.Farm.

Kutipan atau saduran baik sebagian ataupun seluruh naskah, harus menyebut nama pengarang dan sumber aslinya, yaitu Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia

Skripsi ini dipersembahkan untuk kedua orang tua yaitu bapak dan ibu serta kakak dan adik yang penulis cintai dan sayangi. Terimakasih untuk semua cinta dan kasih sayang yang telah diberikan, serta doa, semangat dan dukungan moril maupun materiil. Terimakasih pula untuk orang-orang yang telah berjasa dalam membantu serta memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

ABSTRAK

Pati adalah polimer alami yang berperan sebagai sumber daya pangan dan keberadaannya sangat melimpah. Keberadaan pati yang melimpah berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang industri, namun pemanfaatan pati masih sangat terbatas karena sifat fisiknya yang kurang sesuai jika digunakan secara luas dalam bidang industri. Maka dari itu, pati dimodifikasi agar terjadi perubahan karakteristik fisik sehingga pemanfaatannya lebih beragam. *Review* ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan enzim amilase dalam menghidrolisis polimer pati serta mengetahui karakteristik fisik yang digunakan untuk melihat keberhasilan hidrolisis enzimatik pada pati. Penelitian dilakukan dengan kajian literatur berdasarkan studi kepustakaan yang diperoleh dari sumber-sumber yang relevan seperti jurnal penelitian internasional, buku pedoman, artikel ilmiah dan skripsi. Hidrolisis pada struktur pati dapat dibuktikan dengan pengujian parameter fisik. Parameter yang dikaji adalah morfologi permukaan, ukuran partikel, bobot molekul, karakterisasi kristal, analisis sifat termal, amilografi, *swelling* dan *solubility* serta kadar amilosa dan amilopektin. Hasil menunjukkan bahwa pada parameter fisik terjadi perubahan karakteristik yang menyebabkan perbedaan sifat antara pati termodifikasi enzimatik dengan pati aslinya. Enzim golongan amilase bekerja dengan baik dalam menghidrolisis ikatan pati sehingga terjadi perubahan pada karakteristik fisiknya yang menyebabkan sifat fisiknya juga ikut berubah.

Kata kunci: pati, modifikasi enzimatik, amilase, parameter fisik

ABSTRACT

Starch is a natural polymer that acts as a food resource and its presence is very abundant. The presence of abundant starch has the potential to be developed in the industrial sector, but the utilization of starch is still very limited due to its physical properties that are not suitable for widespread use in the industrial sector. Therefore, starch is modified so that changes in physical characteristics occur so that its utilization is more diverse. This review aims to determine the ability of the amylase enzyme to hydrolyze starch polymers and to determine the physical characteristics used to see the success of enzymatic hydrolysis of starch. The research was conducted by means of a literature review based on literature studies obtained from relevant sources such as international research journals, manuals, scientific articles and theses. Hydrolysis of the starch structure can be proven by testing the physical parameters. The parameters studied were surface morphology, particle size, molecular weight, crystal characterization, analysis of thermal properties, amylography, swelling and solubility as well as amylose and amylopectin levels. The results showed that in the physical parameters there was a change in characteristics that caused differences in properties between the enzymatically modified starch and the original starch. Amylase group enzymes work well in hydrolyzing starch bonds so that there is a change in their physical characteristics which causes their physical properties to also change.

Keywords: *starch, enzymatic modification, amylase, physical parameters*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkah rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Review: Karakteristik Fisik Polimer Pati Hasil Modifikasi Enzimatis”**. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Farmasi di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing apt. Rival Ferdiansyah, M.Farm. dan apt. Wahyu Priyo Legowo, M.Farm. atas bimbingan, nasihat, dukungan serta pengorbanan yang telah diberikan. Pada kesempatan ini pula, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. apt. Adang Firmansyah, M.Si. selaku Ketua Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
2. Dr. apt. Dewi Astriyani, M.Si. selaku Wakil Ketua Akademik Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
3. apt. Revika Rachmaniar, M.Farm. selaku Ketua Program Studi Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
4. apt. Novi Irawan, M.Si. selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan nasihat selama melaksanakan perkuliahan di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
5. Seluruh staf dosen, staf administrasi serta karyawan Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
6. Kedua orang tua serta kakak dan adik yang selalu memberikan doa, dukungan serta semangat selama proses pembuatan skripsi,
7. Sahabat-sahabat terdekat yang selalu membantu, memberikan dukungan serta semangat selama melaksanakan perkuliahan di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
8. Teman-teman Angkatan 2017, khususnya kelas Regular Pagi B yang telah memberikan pengalaman serta kenangan, baik suka maupun duka selama perkuliahan di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini, dengan segala kerendahan hati diharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi pihak lain yang berkepentingan.

Bandung, Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KUTIPAN	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Luaran Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Polimer	4
2.2 Pati.....	5
2.3 Amilosa dan Amilopektin.....	6
2.3.1 Amilosa	7
2.3.2 Amilopektin.....	7
2.4 Hidrolisis Enzim	8
2.5 Enzim Amilase	9
2.5.1 α -amilase	9
2.5.2 β -amilase	10
2.5.3 Glukoamilase.....	11
2.6 Parameter Karakteristik Fisik pada Pati	12
2.6.1 Morfologi Permukaan.....	12
2.6.2 Ukuran Partikel.....	12

2.6.3	Bobot Molekul.....	13
2.6.4	Karakterisasi Kristal	14
2.6.5	Analisis Sifat Termal.....	15
2.6.6	Amilografi	15
2.6.7	<i>Swelling</i> dan <i>Solubility</i>	16
2.6.8	Kadar Amilosa dan Amilopektin.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		17
3.1	Alat	17
3.2	Bahan.....	17
3.3	Metode Penelitian.....	17
3.3.1	Desain Penelitian.....	17
3.3.2	Populasi dan Sampel.....	17
3.3.3	Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi.....	18
3.3.4	Variabel Penelitian	18
3.3.5	Metode Pengumpulan Data	19
3.3.6	Metode Analisis Data	19
3.4	Publikasi	19
BAB IV PEMBAHASAN.....		20
4.1	Hidrolisis Pati	20
4.2	Morfologi Permukaan.....	21
4.3	Ukuran Partikel.....	22
4.4	Bobot Molekul.....	23
4.5	Karakterisasi Kristal	24
4.6	Analisis Sifat Termal.....	26
4.7	Amilografi	29
4.8	<i>Swelling</i> dan <i>Solubility</i>	32
4.9	Kadar Amilosa dan Amilopektin.....	36
BAB V SIMPULAN		39
5.1	Simpulan.....	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Ukuran dan Bentuk Granul dari Berbagai Jenis Pati	5
2.2 Kandungan Amilosa dan Amilopektin dari Berbagai Jenis Pati.....	6

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Unit Glukosa	6
2.2 Struktur Amilosa	7
2.3 Struktur Amilopektin	7

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bukti Submit Jurnal	49
2. Hasil Parameter Fisik Polimer Pati.....	50

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, Kayode O., and Olayide S. Lawal. 2003. "Microstructure, Physicochemical Properties and Retrogradation Behaviour of Mucuna Bean (*Mucuna Pruriens*) Starch on Heat Moisture Treatments." *Food Hydrocolloids* 17:265–72.
- Akbar, Mukhamad Ryan, and Yunianta. 2014. "Pengaruh Lama Perendama Na₂S₂O₅ Dan Fermentasi Ragi Tape Terhadap Sifat Fisik Kimia Tepung Jagung." *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 2:91–102.
- Alais, Charles, and Guy Linden. 1991. *Food Biochemistry*. Food Scien. edited by A. Whitehead. London: Ellis Horwood.
- Aliawati, Gusnimar. 2003. "Teknik Analisis Kadar Amilosa Dalam Beras." *Buletin Teknik Pertanian* 8:82–84.
- Alonso-Gomez, Leonardo, Ana María Niño-López, Ana Maria Romero-Garzón, Posidia Pineda-Gomez, Alicia del Real-Lopez, and Mario E. Rodriguez-Garcia. 2016. "Physicochemical Transformation of Cassava Starch During Fermentation for Production of Sour Starch in Colombia." *Starch Journal* 68:1–9.
- Anggraeni, Farida, Wisnu Cahyo Prabowo, and Mirhansyah Ardana. 2017. "Pengaruh Hidrolisis Asam Klorida Terhadap Karakteristik Fisika Kimia Pati Buah Sukun (*Aerocarpus Communis*)." *Proceeding of the 6th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences* 26–30.
- Anggraeni, Nuha Desi. 2008. "Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) Dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite." *Seminar Nasional - VII Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin Di Industri* 50–56.
- Anwar, Effionora. 2012. *Eksipien Dalam Sediaan Farmasi Karakterisasi Dan Aplikasi*. Edisi Pert. Jakarta: Dian Rakyat.
- Asiri, saeed Amer, Marco Ulbrich, and Eckhard Floter. 2018. "Partial Hydrolysis of Granular Potato Starch Using α -Amylase – Effect on Physicochemical, Molecular, and Functional Properties." 1–37.
- Babu, Ayenampudi Surendra, Ramanathan Parimalavalli, and Shalini Gaur Rudra. 2015. "Effect of Citric Acid Concentration and Hydrolysis Time on Physicochemical Properties of Sweet Potato Starches." *International Journal of Biological Macromolecules* 80:557–65.
- Badger, P. C. 2002. "New Crops and Bio-Based Products: Ethanol From Cellulose : A General Review." Pp. 17–21 in *Trends in New Crops and New Uses*, edited by J. Janick and A. Whipkey. Alexandria: ASHS Press.

- Bamforth, Charles W. 2005. *Food, Fermentation, and Micro-Organisms*. New Jersey: Blackwell Science Ltd.
- Banks, W., and C. T. Greenwood. 1975. *Starch and Its Components*. New York: Halsted Press, John Wiley and Sons.
- Batey, Ian L., and Barbara M. Curtin. 2000. "Effects on Pasting Viscosity of Starch and Flour from Different Operating Conditions for the Rapid Visco Analyser." *Cereal Chem* 77:754–60.
- Beiser, Arthur. 1992. *Modern Technical Physics*. 6th ed. Boston: Addison-Wesley.
- BeMiller, James, and Roy Whistler. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. 3rd Edi. New York: Elsevier.
- Beta, Trust, and Harold Corke. 2001. "Noodle Quality as Related to Sorghum Starch Properties." *Cereal Chem* 78:417–20.
- Budijanto, Slamet, and Yuliyanti. 2017. "Studi Persiapan Tepung Sorgum Dan Aplikasinya Pada Pembuatan Beras Analog." *Jurnal Teknologi Pertanian* 13:177–86.
- Chafid, Achmad, and Galuh Kusumawardhani. 2010. "Modifikasi Tepung Sagu Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim α -Amylase." Universitas Diponegoro.
- Charles, Albert Linton, Klanarong Siroth, and Tzou-chi Huang. 2005. "Food Chemistry Proximate Composition, Mineral Contents, Hydrogen Cyanide and Phytic Acid of 5 Cassava Genotypes." *Food Chemistry* 92:615–20.
- Chen, Youshuang, Shirong Huang, Zhongfeng Tang, Xiaowei Chen, and Zengfang Zhang. 2011. "Structural Changes of Cassava Starch Granules Hydrolyzed by A Mixture of α -Amylase and Glucoamylase." *Carbohydrate Polymers* 85:272–75.
- Christianty, Maria Ulfa. 2009. "Produksi Biodegradable Plastic Melalui Pencampuran Pati Sagu Termoplastis Dan Compatibilized Linear Low Density Polyethylene." Institut Pertanian Bogor.
- Chung, Koo Min, Tae Wha Moon, and Jae Kun Chun. 2000. "Influence of Annealing on Gel Properties of Mung Bean Starch." *Cereal Chem* 77:567–71.
- Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Penerjemah. Bandung: ITB Bandung.
- Dukare, Ajinath S., A. Arputharaj, A. K. Bharimalla, Sujata Saxena, and N. Vigneshwaran. 2021. "Nanostarch Production by Enzymatic Hydrolysis of Cereal and Tuber Starches." *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 2:100121.

- Ekafitri, Riyanti. 2018. "Pati Resisten Pada Beras : Jenis, Metode Peningkatan, Efek Untuk Kesehatan, Dan Aplikasinya." *ARTIKEL* 1–15.
- El-Fallal, Amira, Mohammed Abou Dohara, Ahmed El-Sayed, and Noha Omar. 2012. "Starch and Microbial α -Amylases: From Concepts to Biotechnological Applications." Pp. 459–88 in *Carbohydrates – Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*.
- Eliasson, Ann Charlotte. 2004. *Starch in Food: Structure, Function and Application*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Fitriani, Shanti. 2018. "Daya Pembengkakan Serta Sifat Pasta Dan Termal Pati Sagu, Pati Beras Dan Pati Ubi Kayu." *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan* 3:41–48.
- Fleche, G. 1985. "Chemical Modification and Degradation of Starch." in *Starch Conversion Technology*, edited by G. M. A. Van Beynum and J. A. Roels. London: Starch Conversion Technology.
- Fogarty, William M. 1983. *Microbial Enzymes and Biotechnology*. London: Applied Science Publishers.
- Ginting, Aslina Br, Sutri Indaryati, and Jan Setiawan. 2005. "Penentuan Parameter Uji Dan Ketidakpastian Pengukuran Kapasitas Panas Pada Differential Scanning Calorimeter." *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir* 1:34–45.
- Gomes, Anida M. M., Claudio E. Mendes, Nágila M. P. S. Ricardo, José M. Sasaki, and Rogerio Germani. 2004. "Impact of Annealing on the Physicochemical Properties of Unfermented Cassava Starch ('Polvilho Doce')." *Starch* 56:419–23.
- Greenwood, C. T., and D. N. Munro. 1975. "Carbohydrate." Applied Science Publ. Ltd., London, London.
- Grewal, Navneet, Jon Faubion, Guohua Feng, Rhett C. Kaufman, Je D. Wilson, and Yong-cheng Shi. 2015. "Structure of Waxy Maize Starch Hydrolyzed by Maltogenic α - Amylase in Relation to Its Retrogradation." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63:4196–4201.
- Guo, Li, Haiteng Tao, Bo Cui, and Srinivas Janaswamy. 2018. "The Effects of Sequential Enzyme Modifications on Structural and Physicochemical Properties of Sweet Potato Starch Granules." *Food Chemistry* 1–42.
- Hartomo, Anton J. 1995. *Penentuan Analisis Aktual*. Edisi 1. Yogyakarta.
- Hastuti, Irnawati Widya. 2017. "Karakteristik Butiran Sub Mikron Nanomaterial Karbon Batok Kelapa Dengan Variasi Waktu Pengadukan Bahan Yang

- Digunakan Untuk Filtrasi Logam Fe Dari Limbah Air Selokan Mataram Berdasarkan Uji UV-Vis, XRD, SEM Dan AAS." Universitas Negeri Yogyakarta.
- Henry. 2013. "Optimasi Kondisi Fermentasi Pada Proses Pembuatan Tepung Singkong Termodifikasi Untuk Aplikasi Pada Produk Pangan Gorengan." Institut Pertanian Bogor.
- Herawati, Dian. 2009. "Modifikasi Pati Sagu Dengan Teknik Heat Moisture-Treatment (HMT) Dan Aplikasinya Dalam Memperbaiki Kualitas Bihun." Institut Pertanian Bogor.
- Hodge, J. E., and E. M. Osman. 1996. "Carbohydrate." in *Food Chemistry*, edited by O. R. Fennema. New York: Macel Dekker, Inc.
- Islami, Ayudyah, Iyan Sopyan, Dolih Gozali, and Hairunnisa. 2020. "Solubility Modification of Piroxicam: A Review." *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari* 11:89–102.
- J. Flory. 1979. *Polymer Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Jacobs, H., R. C. Eerlingen, W. Clauwaert, and J. A. Delcour. 1995. "Influence of Annealing on the Pasting Properties of Starches from Varying Botanical Sources." *Cereal Chem* 72:480–87.
- Jane, J., Y. Y. Chen, L. F. Lee, A. E. Mcpherson, K. S. Wong, M. Radosavljevic, and T. Kasemsuwan. 1999. "Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch 1." *Cereal Chem* 76:629–37.
- Jariyah. 2002. "Analisis Komponen Gula Pada Sirup Maltosa Hasil Hidrolisis Pati Garut Secara Enzimatis." Universitas Malang.
- Karimi, M., and D. Biria. 2019. "The Promiscuous Activity of Alpha-Amylase in Biodegradation of Low-Density Polyethylene in A Polymer-Starch Blend." *Scientific Reports* 9:1–10.
- Kasprzak, Mirosław Marek, Helle Nygaard Lærke, Flemming Hofmann Larsen, Knud Erik Bach Knudsen, Sven Pedersen, and Anne Skov Jorgensen. 2012. "Effect of Enzymatic Treatment of Different Starch Sources on the in Vitro Rate and Extent of Starch Digestion." *International Journal of Molecular Sciences* 13:929–42. doi: 10.3390/ijms13010929.
- Kaur, Manmeet, D. P. S. Oberoi, D. S. Sogi, and Balmeet Singh Gill. 2011. "Physicochemical, Morphological and Pasting Properties of Acid Treated Starches from Different Botanical Sources." *J Food Sci Technol* 48:460–65.
- Kearsley, M. W., and S. Z. Dziedzic. 1995. *Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives*. London: Blackie Academic & Professional.

- Keeratiburana, Thewika, Aleksander Riise Hansen, Siriwat Soontaranon, Andreas Blennow, and Sunanta Tongta. 2019. "Porous High Amylose Rice Starch Modified by Amyloglucosidase and Maltogenic α -Amylase." *Carbohydrate Polymers* 1–27.
- Kristiani, Maria. 2015. "Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Plasticizer Sorbitol Terhadap Sifat Fisiko Kimia Bioplastik Dari Pati Biji Durian (Durio Zibethinus)." Universitas Sumatera Utara.
- Kunamneni, Adinarayana, Kugen Permaul, and Suren Singh. 2005. "Amylase Production in Solid State Fermentation by The Thermophilic Fungus *Thermomyces Lanuginosus*." *Journal of Bioscience and Bioengineering* 100:168–71.
- Li, Jeng-yune, and An-i Yeh. 2001. "Relationships Between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches." *Journal of Food Engineering* 50:141–48.
- Lim, S. T., E. H. Chang, and H. J. Chung. 2001. "Thermal Transition Characteristics of Heat - Moisture Treated Corn and Potato Starches." *Carbohydrate Polymers* 46:107–15.
- Liu, Qiang. 2005. "Understanding Starches and Their Role in Foods." Pp. 309–55 in *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*. England: Taylor & Francis Group, LLC.
- Lucas, Raphael, Jacinto Almeida, Santos Pereira, Vitória De Andrade Freire, Ângela Maria Santiago, and Hugo Miguel. 2019. "Influence of Enzymatic Hydrolysis on The Properties of Red Rice Starch." *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Marta, Herlina. 2011. "Sifat Fungsional Dan Reologi Tepung Jagung Nikstamal Serta Contoh Aplikasinya Pada Pembuatan Makanan Pendamping ASI." Institut Pertanian Bogor.
- Martin, Alfred. 1993. *Farmasi Fisik: Dasar Dasar Kimia Fisik Dalam Ilmu Farmasetik*. Edisi III. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Masturoh, Imas, and Nauri Anggita. 2018. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Mawaddah, Rani. 2015. *Studi Efektivitas Recovery Enzim Menggunakan Membran Ultrafiltrasi*. Bandung.
- Miao, Ming, Rong Li, Chao Huang, Bo Jiang, and Tao Zhang. 2015. "Impact of β -Amylase Degradation on Properties of Sugary Maize Soluble Starch Particles." *Food Chemistry* 177:1–7.

- Miao, Ming, Rong Li, Chao Huang, Fan Ye, Bo Jiang, and Tao Zhang. 2015. "Structural Modification and Characterisation of A Sugary Maize Soluble Starch Particle After Double Enzyme Treatment." *Carbohydrate Polymers* 122:101–7.
- Montgomery, Rex, Robert L. Dryer, Thomas W. Conway, and Arthur A. Spector. 1993. *Biokimia: Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Moo-Young, Murray. 1987. "Comprehensive Biotechnology: The Principles, Applications and Regulations of Biotechnology in Industry, Agriculture and Medicine." *FEBS Letters* 220:387–89.
- Mu, Tai-hua, Oluwaseyi K. Abegunde, Hong-nan Sun, Fu-ming Deng, and Miao Zhang. 2013. "Physicochemical Characterization of Enzymatically Hydrolyzed Heat Treated Granular Starches." *Starch Journal* 65:893–901.
- Mu, Tai-hua, Miao Zhang, Leyla Raad, Hong-nan Sun, and Cheng Wang. 2015. "Effect of α -Amylase Degradation on Physicochemical Properties of Pre-High Hydrostatic Pressure-Treated Potato Starch." *PLOS ONE* 10:1–15.
- Muazu, J., A. Girbo, A. Usman, and G. T. Mohammed. 2012. "Preliminary Studies on Hausa Potato Starch I: The Disintegrant Properties." *Journal of Pharmaceutical Science and Technology* 4:883–91.
- Muchtadi, Tien R., and Sugiyono. 1992. *Petunjuk Laboratorium Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. edited by Departemen PAU Pangan dan Gizi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Musita, Nanti. 2009. "Kajian Kandungan Dan Karakteristik Pati Resisten Dari Beberapa Varietas Pisang." *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian* 14.
- Nangin, Debora, and Aji Sutrisno. 2015. "Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba: Kajian Pustaka." *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 3:1032–39.
- Nurjanah, Siti. 2008. "Modifikasi Pektin Untuk Aplikasi Membran Dengan Asam Dikarboksilat Sebagai Agen Penaut Silang." Institut Pertanian Bogor.
- Nursalam. 2015. *Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan : Pendekatan Praktis*. Edisi 4. Jakarta: Salemba Medika.
- Oktaviyani, Siti Aminah. 2012. "Hidrolisis Pati Palma Menggunakan Pullulanase Dan β -Amilase." Institut Pertanian Bogor.
- Parker, Rick. 2001. *Introduction to Food Science*. United States: Cengage Learning Inc.

- Pelczar, Michael J., and E. C. S. Chan. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jilid 1. edited by R. S. Hadioetomo, T. Imas, S. S. Tjotroso, and S. L. Angka. Jakarta: UI Press.
- Pérez, J., J. Muñoz-Dorado, T. De La Rubia, and J. Martínez. 2002. "Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: An Overview." *International Microbiology* 5:53-63.
- Rahmawati, Alifia Yuanika, and Aji Sutrisno. 2015. "Hidrolisis Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea Batatas* L.) Secara Enzimatis Menjadi Sirup Glukosa Fungsional: Kajian Pustaka." *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 3:1152-59.
- Rashid, Iyad, Mahmoud M. H. Al Omari, and Adnan A. Badwan. 2013. "From Native to Multifunctional Starch-Based Excipients Designed for Direct Compression Formulation." *Starch* 65:552-71.
- Richana, Nur, and Titi Chandra Sunarti. 2004. "Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi Dan Tepung Pati Dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubikelapa Dan Gembili." *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* 1:29-37.
- Rocco, J. A. F. F., J. E. S. Lima, A. G. Frutuoso, K. Iha, M. Ionashiro, J. R. Matos, and M. E. V. Suárez-Iha. 2004. "TG Studies of A Composite Solid Rocket Propellant Based on HTPB-Binder." *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 77:803-13.
- Saadah, Fatihatus, Ade Heri Mulyati, and Nurdi Setyawan. 2016. "Modifikasi Pati Talas Beneng (*Xanthosoma Undipes* K. Koch) Dengan Oktenil Suksinat Anhidrat (OSA) Dan Aplikasinya Dalam Mayonaise." *Universitas Pakuan, Bogor*.
- Sajilata, M. G., Rekha S. Singhal, and Pushpa R. Kulkarni. 2006. "Resistant Starch — A Review." *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety* 5:1-17.
- Sandhu, Kawaljit Singh, Narpinder Singh, and Seung-taik Lim. 2007. "A Comparison of Native and Acid Thinned Normal and Waxy Corn Starches: Physicochemical, Thermal, Morphological and Pasting Properties." *LWT - Food Science and Technology* 40:1527-36.
- Sari, Syarifah Enita. 2015. "Karakteristik Maltodekstrin Hasil Hidrolisis Pati Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst) Secara Enzimatis." Universitas Sumatera Utara.
- Shariffa, Y. N., U. Uthumporn, A. A. Karim, and A. H. Zaibunnisa. 2017. "Hydrolysis of Native and Annealed Tapioca and Sweet Potato Starches at Sub- Gelatinization Temperature Using a Mixture of Amylolytic Enzymes." *International Food Research Journal* 24:1925-33.

- Simsek, Senay, Maribel Ovando Martinez, Orhan Daglioglu, kadir G. Guner, and Umit Gecgel. 2014. "Physicochemical Properties of Starch from a Cereal-Based Fermented Food (Tarhana)." *Journal of Nutrition & Food Sciences* 4:1-6.
- Singh, Narpinder, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur, Navdeep Singh Sodhi, and Balmeet Singh Gill. 2003. "Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources." *Food Chemistry* 81:219-31.
- Singh, Sukhcham, C. s. Raina, A. S. Bawa, and Dharmesh C. Saxena. 2005. "Effect of Heat-Moisture Treatment and Acid Modification on Rheological, Textural, and Differential Scanning Calorimetry Characteristics of Sweetpotato Starch." *Journal of Food Science* 70:373-78.
- Solikhah, Laila Kunni Maranata, and Dwi Erlangga. 2018. "Degradasi Pati Singkong Menjadi Gula Pereduksi Melalui Proses Sonikasi Dan Hipnotermal." Institut Teknologi Sepuluh November.
- Srichuwong, Sathaporn, Titi Chandra Sunarti, Takashi Mishima, Naoto Isono, and Makoto Hisamatsu. 2005. "Starches from Different Botanical Sources I: Contribution of Amylopectin Fine Structure to Thermal Properties and Enzyme Digestibility." *Carbohydrate Polymers* 60:529-38.
- Stevens, Malcolm L. 2001. *Kimia Polimer*. Cetakan Pe. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, 2010. 2010. "Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif Dan R & D." Alfabeta Bandung. ISBN 979-8433-64-0." *Journal of Experimental Psychology: General*.
- Sunarya, Yayan. 2012. *Kimia Dasar 2*. Bandung: CV. Yarma Widya.
- Suriani, Ade Irma. 2008. "Mempelajari Pengaruh Pemanasan Dan Pendinginan Berulang Terhadap Karakteristik Sifat Fisik Dan Fungsional Pati Garut (Marantha Arundinacea) Termodifikasi." Institut Pertanian Bogor.
- Swinkels, J. M. 1985. *Sources of Starch, Its Chemistry and Physics*. Starch Con. edited by Van Beynum G.M. and J. . Roel. New York: Marcel Dekker Inc.
- Syamsir, Elvira, Purwiyatno Hariyadi, Dedi Fardiat, Nuri Andarwulan, and Feri Kusnandar. 2020. "Karakteristik Tapioka Lima Varietas Ubikayu (Manihot Utilisima Crantz) Asal Lampung." *JAgrotek* 5:93-105.
- Takahashi, T., N. Miura Mohisa, K. Mori, and S. Kobayashi. 2005. "Heat Moisture

- Treatment of Milled Rice and Properties of The Flour." *J Cereal Chem* 82:228–32.
- Tjokroadikoesoemo, P. Soebiyanto. 1986. *HFS Dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta: Gramedia.
- Vafina, Adel, Victoria Proskurina, Vyacheslav Vorobiev, Vladimir G. Evtugin, Galina Egkova, and Elena Nikitina. 2018. "Physicochemical and Morphological Characterization of Potato Starch Modified by Bacterial Amylases for Food Industry Applications." *Journal of Chemistry* 1–9.
- Virlandia, F. 2008. "Pembuatan Sirup Glukosa Dari Pati Ubi Jalar (*Impomonea Batatas*) Dengan Metode Enzimatis."
- Wang, Nam Sun. 2009. *Experiment No. 5 Strach Hydrolysis by Amylase*. Maryland: Department of Chemical & Biomolecular Engineering University of Maryland.
- Wang, Shujun, and Lesles Copeland. 2013. "Molecular Disassembly of Starch Granules During Gelatinization and Its Effect on Starch Digestibility: A Review." *Food and Function* 4:1564–80.
- Wibowo, Heri Budi. 2015. "Pengaruh Gugus Hidroksil Sekunder Terhadap Sifat Mekanik Poliuretan BERBASIS HTPB (Hydroxy Terminated Polybutadiene)." *Jurnal Teknologi Dirgantara* 13:103–12.
- Wibowo, Philip, Julius Adi Saputra, Aning Ayucitra, and Laurentia Eka Setiawan. 2008. "Isolasi Pati Dari Pisang Kepok Dengan Menggunakan Metode Alkaline Steeping." *Widya Teknik* 7:113–23.
- Winarno, F. 1995. *Enzim Pangan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan Dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Xie, Ying, Meng-na Li, Han-qing Chen, and Bao Zhang. 2018. "Effects of The Combination of Repeated Heat-Moisture Treatment and Compound Enzymes Hydrolysis on The Structural and Physicochemical Properties of Porous Wheat Starch." *Food Chemistry*.
- Zeng, Feng, Fei Ma, Fansheng Kong, Qunyu Gao, and Shujuan Yu. 2015. "Physicochemical Properties and Digestibility of Hydrothermally Treated Waxy Rice Starch." *Food Chemistry* 172:92–98.
- Zhou, Ying, Shaohua Meng, Deyi Chen, Xiping Zhu, and Huaibo Yuan. 2014. "Structure Characterization and Hypoglycemic Effects of Dual Modified Resistant Starch from *Indica* Rice Starch." *Carbohydrate Polymers* 103:81–86.