

MODIFIKASI *DEBRANCHING* PULLULANSE DAN GELOMBANG MIKRO UNTUK MENINGKATKAN PATI RESISTEN PADA TEPUNG BERAS HITAM (*ORYZA SATIVA* L. INDICA)

ULZANAH ZIE ZIE RAHMA



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Modifikasi *Debranching* Pullunase dan Gelombang Mikro untuk Meningkatkan Pati Resisten pada Tepung Beras Hitam (*Oryza Sativa* L. Indica)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 31 Juli 2026

Ulzanah Ziezie Rahma
F2501231025

RINGKASAN

ULZANAH ZIEZIE RAHMA. Modifikasi *Debranching* Pullulanase dan Gelombang Mikro untuk Meningkatkan Pati Resisten pada Tepung Beras Hitam (*Oryza Sativa* L. Indica). Dibimbing oleh FERI KUSNANDAR, dan SARASWATI.

Beras hitam (*Oryza sativa* L. indica) mengandung pati sebagai komponen utama yang tersusun atas amilosa dan amilopektin. Modifikasi struktur pati merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan pembentukan pati resisten (*resistant starch*), yaitu fraksi pati yang tidak tercerna di usus halus dan berperan sebagai komponen pangan fungsional. Modifikasi pati dapat dilakukan secara enzimatik melalui proses *debranching* maupun secara fisik menggunakan gelombang mikro yang mampu mengubah struktur dan sifat fisikokimia pati. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perlakuan *debranching*, gelombang mikro, dan kombinasi keduanya terhadap karakteristik fisikokimia tepung beras hitam, meliputi kadar pati resisten, daya cerna pati, komposisi proksimat, kadar amilosa dan amilopektin, profil pasting, serta tipe kristalinitas pati.

Modifikasi tepung beras hitam dilakukan melalui tiga perlakuan, yaitu gelombang mikro, *debranching*, dan kombinasi gelombang mikro–*debranching*. Perlakuan gelombang mikro dilakukan pada daya 700 W selama 3 menit, sedangkan perlakuan *debranching* menggunakan enzim pullulanase dengan aktivitas 50 U/g dan waktu inkubasi 16 jam. Pada perlakuan kombinasi, tepung terlebih dahulu diberi perlakuan gelombang mikro kemudian dilanjutkan dengan proses *debranching*. Setelah proses modifikasi, seluruh sampel didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam untuk mendorong proses retrogradasi, kemudian dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam sebelum dilakukan analisis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *debranching* dan gelombang mikro mampu meningkatkan kadar pati resisten secara signifikan dibandingkan tepung beras hitam tanpa perlakuan. Sebaliknya, kombinasi gelombang mikro–*debranching* menyebabkan penurunan kadar pati resisten. Di antara seluruh perlakuan, *debranching* merupakan metode yang paling efektif dalam meningkatkan karakteristik fungsional tepung beras hitam karena menghasilkan peningkatan pati resisten yang diikuti penurunan daya cerna pati. Hasil analisis fraksi pati menunjukkan bahwa perlakuan *debranching* menurunkan kadar *Rapidly Digestible Starch* (RDS) dan meningkatkan *Slowly Digestible Starch* (SDS). Kondisi ini diduga berkaitan dengan terbentuknya struktur kristalin yang lebih teratur sehingga menghambat hidrolisis oleh enzim pencernaan. Sebaliknya, perlakuan gelombang mikro meningkatkan kadar RDS dan menurunkan SDS yang diduga terkait dengan meningkatnya proporsi daerah amorf pati sehingga proses hidrolisis berlangsung lebih cepat. Peningkatan daya cerna pati juga teramati pada perlakuan kombinasi gelombang mikro–*debranching*.

Komposisi proksimat yang meliputi kadar air, abu, protein, dan lemak menunjukkan variasi antar perlakuan. Modifikasi pati juga memengaruhi struktur kristal pati. Perlakuan *debranching* mempertahankan tipe kristalinitas A, sedangkan perlakuan gelombang mikro dan kombinasi gelombang mikro–*debranching* menghasilkan kristalinitas tipe V yang mengindikasikan kemungkinan terbentuk-



nya kompleks amilosa–lipid. Perubahan struktur pati akibat perlakuan modifikasi turut memengaruhi sifat pasting tepung beras hitam. Seluruh perlakuan menyebabkan penurunan nilai *peak viscosity* (PV), *breakdown viscosity* (BV), *setback viscosity* (SV), dan *final viscosity* (FV). Sementara itu, suhu pasting meningkat pada perlakuan *debranching* dan gelombang mikro. Pada perlakuan kombinasi, suhu pasting tidak terdeteksi, yang mengindikasikan bahwa granula pati telah mengalami kerusakan dan gelatinisasi yang lebih intens sehingga transisi gelatinisasi tidak dapat diamati selama pengukuran profil pasting.

Perlakuan *debranching* dan gelombang mikro juga meningkatkan kadar amilosa yang diikuti penurunan kadar amilopektin. Perubahan tersebut berkaitan dengan pemutusan cabang amilopektin dan perubahan struktur granula pati selama proses modifikasi. Sebaliknya, perlakuan kombinasi menyebabkan penurunan kadar amilosa yang diduga akibat kerusakan struktur pati yang lebih intens. Selain itu, seluruh perlakuan modifikasi menyebabkan penurunan kadar pati total.

Secara keseluruhan, modifikasi pati melalui pendekatan enzimatik dan fisik mampu mengubah karakteristik fisikokimia tepung beras hitam dan meningkatkan nilai fungsionalnya. Perlakuan *debranching* merupakan metode yang paling efektif untuk meningkatkan kadar pati resisten dan menurunkan daya cerna pati, sehingga berpotensi digunakan dalam pengembangan pangan fungsional berbasis beras hitam. Sebaliknya, kombinasi gelombang mikro–*debranching* perlu dikendalikan secara cermat karena dapat menyebabkan kerusakan struktur pati yang berlebihan dan menurunkan pembentukan pati resisten.

Kata kunci: tepung beras hitam, pati resisten, *debranching*, gelombang mikro dan kombinasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

ULZANAH ZIEZIE RAHMA. Debranching Pullulanase and Microwave Modification to Enhance Resistant Starch in Black Rice (*Oryza sativa* L. indica) Flour. Supervised by FERI KUSNANDAR AND SARASWATI .

Black rice (*Oryza sativa* L. indica) contains starch as its major component, consisting primarily of amylose and amylopectin. Starch structure modification is one of the approaches that can be employed to enhance the formation of resistant starch, a fraction of starch that escapes digestion in the small intestine and functions as a beneficial component of functional foods. Starch modification can be achieved through enzymatic treatment, such as debranching, or through physical treatment using microwave irradiation, both of which can alter the structural and physicochemical properties of starch. This study aimed to evaluate the effects of debranching, microwave treatment, and their combination on the physicochemical characteristics of black rice flour, including resistant starch content, starch digestibility, proximate composition, amylose and amylopectin contents, pasting properties, and starch crystallinity.

Black rice flour was modified using three different treatments: microwave treatment, debranching, and a combination of microwave treatment followed by debranching. Microwave treatment was performed at 700 W for 3 minutes, whereas debranching was carried out using pullulanase at an enzyme activity of 50 U/g with an incubation period of 16 hours. For the combined treatment, the flour was first subjected to microwave irradiation and subsequently treated with pullulanase. After modification, all samples were stored at 4°C for 24 hours to promote starch retrogradation and then dried at 40°C for 24 hours prior to analysis.

The results showed that both debranching and microwave treatments significantly increased the resistant starch content compared with untreated black rice flour. In contrast, the combined microwave–debranching treatment resulted in a reduction in resistant starch content. Among all treatments, debranching was the most effective method for improving the functional properties of black rice flour, as indicated by the increase in resistant starch content accompanied by reduced starch digestibility. Analysis of starch fractions revealed that debranching decreased the proportion of Rapidly Digestible Starch (RDS) while increasing Slowly Digestible Starch (SDS). This effect was likely associated with the formation of a more ordered crystalline structure that hindered hydrolysis by digestive enzymes. Conversely, microwave treatment increased the RDS fraction and reduced the SDS fraction, which may be attributed to an increase in the amorphous regions of starch, thereby facilitating enzymatic hydrolysis. Increased starch digestibility was also observed in the combined microwave–debranching treatment.

The proximate composition, including moisture, ash, protein, and fat contents, varied among treatments. Starch modification also affected the crystalline structure of starch. Debranching maintained the A-type crystalline pattern, whereas microwave treatment and the combined microwave–debranching treatment produced a V-type crystalline pattern, suggesting the possible formation of amylose–lipid complexes. Structural changes in starch resulting from the modification treatments also influenced the pasting properties of black rice flour.



All treatments reduced peak viscosity (PV), breakdown viscosity (BV), setback viscosity (SV), and final viscosity (FV). In contrast, pasting temperature increased following debranching and microwave treatments. For the combined treatment, no pasting temperature was detected, indicating extensive starch granule disruption and gelatinization, which prevented the observation of a distinct gelatinization transition during pasting profile analysis.

Both debranching and microwave treatments increased amylose content while reducing amylopectin content. These changes were associated with the cleavage of amylopectin branch chains and alterations in starch granule structure during modification. In contrast, the combined treatment decreased amylose content, which may have resulted from more extensive starch structural degradation. Furthermore, all modification treatments led to a reduction in total starch content.

Overall, enzymatic and physical starch modification successfully altered the physicochemical characteristics of black rice flour and enhanced its functional properties. Debranching was the most effective treatment for increasing resistant starch content and reducing starch digestibility, indicating its potential application in the development of black rice-based functional foods. In contrast, the combined microwave–debranching treatment should be carefully controlled, as excessive structural damage to starch may reduce resistant starch formation.

Keyword: black rice flour, starch resistant, debranching, microwave and combination



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**MODIFIKASI *DEBRANCHING* PULLULANASE DAN
GELOMBANG MIKRO UNTUK MENINGKATKAN PATI
RESISTEN PADA TEPUNG BERAS HITAM (*Oryza Sativa L.*
Indica)**

ULZANAH ZIEZIE RAHMA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Pangan

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Didah Nur Faridah, S.TP, M.Si



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Modifikasi *Debranching* Pullulanase dan Gelombang Mikro untuk Meningkatkan Pati Resisten pada Tepung Beras Hitam (*Oryza Sativa* L. Indica)

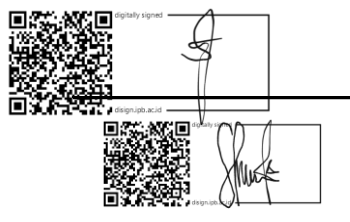
Nama : Ulzanah ZieZie Rahma

NIM : F2501231025

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir Feri Kusnandar, M.Sc



Pembimbing 2:

Dr. Saraswati, S.Pi

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Pangan:

Dr. Nur Wulandari, S.T.P., M.Si

NIP 19741003 200003 2 001



Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Ag

NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian:
17 Juli 2026

Tanggal Lulus:
4 Agustus 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada *Allah Subhanahu wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2025 sampai November 2025 ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir, dengan judul “Modifikasi *Debranching* Pullulanse dan Gelombang Mikro untuk Meningkatkan Pati Resisten pada Tepung Beras Hitam (*Oryza Sativa* L. Indica)”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Feri Kusnandar, M.Sc. dan Ibu Dr. Saraswati, S.Pi., yang telah membimbing serta banyak memberikan saran dan arahan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing atas masukan yang diberikan.

Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen dan Program Studi Ilmu Pangan yang telah memberikan pelayanan terbaik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada staf laboratorium (Mba Ulfa, Mba Yuli, dan Pak Yahya) serta teman-teman seperjuangan, yaitu Intan, Ummi, Rahma, Fitri, Lili, dan Tenri, serta teman-teman Program Studi Ilmu Pangan angkatan 2023 yang telah membantu selama proses penelitian dan pengumpulan data.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada orang tua tercinta, Bapak Erizal dan Ibu Melvazora, serta adik-adik tercinta, Reza, Indah, dan Annisa, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan semangat selama penulis menempuh pendidikan magister.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 31 Juli 2026

Ulzanah Zie Zie Rahma



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

I PENDAHULUAN	1
2.1 Latar Belakang	1
2.2 Rumusan Masalah	3
2.3 Tujuan	3
2.4 Manfaat	3
2.5 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beras Hitam	4
2.2 Pati Resisten	6
2.3 Perlakuan Debranching Enzim Pullulanase dalam Modifikasi Pati	8
2.4 Perlakuan Gelombang Mikro dalam Modifikasi Pati	10
2.5 Perlakuan Kombinasi Gelombang Mikro-Debranching	12
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.3 Metodologi Penelitian	14
3.4 Karakterisasi Tepung Beras Hitam Modifikasi	16
3.5 Analisis Statistik	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Kadar Proksimat	21
4.2 Total Pati	22
4.3 Amilosa dan Amilopektin	23
4.4 Pati Resisten	24
4.5 Daya Cerna Pati	26
4.6 Profil Pasting	27
4.7 Profil Kristalinitas dan Tipe Pati	29
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	46