

OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) DAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE)

SKRIPSI



Oleh :

HELLENA ISTRADA
NPM. 21033010047

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2025**

OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephellum lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) DAN MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE)

SKRIPSI



Disusun oleh :

HELLENA ISTRADA
NPM.21033010047

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

2025

OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephellum lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) DAN MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE)

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknologi Pangan

Dien :

HELLENA ISTRADA
NPM.21033010047

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

2025

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephellium lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI PULSED ELECTRIC FIELD (PEF) DAN MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE)

Oleh :

HELLENA ISTRADA
NPM.21033010047

Telah Dipertahankan dan Diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan
Nasional "Veteran" Jawa Timur Pada Tanggal 16 Mei 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Ludman Agung Wicaksono, S.TP, MP
NPT. 171 1989 0318 063

Dr. Muhamad Alfid K, S.Pi, M.Si
NIP. 19940822 202203 1 004

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa yang tercantum di bawah ini:

Nama : Hellena Istrada
NPM : 21033010047
Jurusan : Teknologi Pangan

Telah mengerjakan (revisi/tidak revisi) Laporan Penelitian dengan judul:
"OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) DAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE) "

Surabaya, 21 Mei 2025

Dosen Penguji

1.

Ir. Ulya Sarofa, MM
NIP. 19630516 198803 2 000

2.

Dr. Hadi Munarko, S.TP., M.Si.
NIP. 19930104 202203 1 006

Dosen Pembimbing

1.

Luqman Agung Wicaksono, S.TP., MP
NPT. 171 1989 0318 063

2.

Dr. Muhammad Alfid K, S.Pi, M.Si
NIP. 19940822 202203 1 004

Mengetahui,
Koordinator Program studi
Teknologi Pangan

Dr. Rosida, S.TP., M.P
NIP. 19710219 202121 2 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hellena Istrada
NPM : 21033010047
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknologi Pangan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 12 Juni 2025
Pembuat Pernyataan



Hellena Istrada
NPM. 21033010047

OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) DAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE)

HELLENA ISTRADA
NPM.21033010047

INTISARI

Tingginya konsumsi rambutan di Indonesia menghasilkan limbah kulit yang berdampak buruk bagi lingkungan. Kulit rambutan mengandung senyawa seperti selulosa, lignin, hemiselulosa, dan pektin. Pektin merupakan polisakarida yang larut dalam air dan banyak digunakan sebagai pembentuk gel dan *stabilizer* dalam industri pangan dan farmasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan ekstraksi pektin dari kulit rambutan binjai menggunakan metode ekstraksi kombinasi *Pulsed Electric Field* (PEF) dan *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) sebagai pendekatan ramah lingkungan. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penentuan batas faktor ekstraksi dan proses optimasi menggunakan *software* Design Expert 13. Parameter yang diuji meliputi tegangan PEF, waktu ekstraksi PEF, daya MAE, dan waktu ekstraksi MAE. Hasil menunjukkan bahwa semua faktor perlakuan berpengaruh signifikan terhadap rendemen dan kualitas pektin. Kondisi optimum diperoleh pada tegangan PEF 15 kV/cm, waktu PEF 13 menit, daya MAE 540 Watt, dan waktu MAE 11 menit, dengan hasil rendemen 10,51%, berat ekuivalen 665,45 mg, kadar metoksil 7,36%, kadar asam galakturonat 72,41%, dan derajat esterifikasi 58,49%. Karakterisasi pektin optimum dari kulit rambutan binjai meliputi kadar air 10,31% dan kadar abu 3,89%. Analisis FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus -OH, -CH, -CH₃, C=O, dan -O- pada pektin optimum.

Kata kunci : Optimasi, ekstraksi pektin, kulit rambutan binjai, kombinasi metode, *pulsed electric field*, *microwave-assisted extraction*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan Rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul **“OPTIMASI EKSTRAKSI PEKTIN DARI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*) MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) DAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE)”**. Skripsi ini disusun untuk melengkapi persyaratan kelulusan tingkat sarjana Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Kelancaran dan kemudahan dalam penyusunan proposal dan laporan hasil penelitian ini tidaklah lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Rosida, S. TP., M.P. selaku Koordinator Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Luqman Agung Wicaksono, S.TP., M.P selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Dr. Muhammad Alfid Kurnianto, S.Pi, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, bimbingan, arahan, serta saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ir. Ulya Sarofa, MM dan Dr. Hadi Munarko, S.TP., M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran, masukan, dan dukungan moral dalam penyusunan proposal skripsi.
6. Kedua Orang Tua, Saudara, dan Keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan restunya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
7. Ganes Aurora dan Talitha Ayu yang telah membantu serta kebersamaan selama penelitian.
8. Intan, Vidianka, Raihana, Devianra, Zhafa, Alifia, Agatha, dan Handy yang telah memberikan doa serta dukungan kepada penulis.

9. Teman-teman dari Fakultas Teknik dan terkhusus Teknologi Pangan 2021 yang telah memberikan doa dan kebersamaan penulis selama masa studi hingga selesai.

Demikian skripsi ini disusun, semoga dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan.

Surabaya, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Permasalahan	1
B. Tujuan Penelitian	5
C. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pektin.....	6
B. Karakteristik yang Berpengaruh Terhadap Kualitas Pektin.....	9
C. Kulit Buah Rambutan	16
D. Ekstraksi Konvensional	19
E. <i>Green Extraction</i>	20
F. <i>Pulsed Electric Field (PEF)</i>	22
G. Prinsip PEF	26
H. Faktor yang Mempengaruhi PEF	27
I. <i>Microwave Assisted Extraction (MAE)</i>	28
J. Prinsip MAE	30
K. Faktor yang Mempengaruhi MAE	34
L. Metode Kombinasi PEF dan MAE.....	36
M. Asam Sitrat.....	38
N. <i>Response Surface Methodology (RSM)</i>	41
O. Analisa Keputusan	46
P. Landasan Teori	46
Q. Hipotesis	49
BAB III METODOLOGI.....	50
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	50
B. Bahan yang Digunakan	50
C. Alat yang Digunakan	50
D. Metode Penelitian	51
1. Penelitian tahap 1 (Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Faktor) ..	52

2. Penelitian Tahap 2 (Optimasi Ekstraksi Pektin)	54
E. Parameter yang Diamati	56
1. Tepung Kulit Rambutan	56
2. Pemilihan Daya, Tegangan, dan Waktu	56
3. Pektin dari Kulit Rambutan	56
4. Hasil Optimasi Pektin dari Kulit Rambutan	56
F. Prosedur Penelitian	56
1. Pembuatan Tepung Kulit Rambutan	56
2. Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode Konvensional	57
3. Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Tegangan	57
4. Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Waktu Ekstraksi PEF	58
5. Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Daya MAE	59
6. Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Waktu Ekstraksi MAE	59
7. Metode Kombinasi Ekstraksi dengan PEF dan MAE	60
8. Optimasi Pektin Menggunakan Metode RSM	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	71
A. Analisis Bahan Baku	71
B. Hasil Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah Faktor Ekstraksi	72
C. Optimasi Ekstraksi Pektin Kulit Rambutan	74
D. Analisis Respons Rendemen Pektin	80
E. Analisis Respons Berat Ekuivalen Pektin	95
F. Analisis Respons Kadar Metoksil Pektin	108
G. Analisis Respons Kadar Asam Galakturonat Pektin	122
H. Analisis Respons Derajat esterifikasi Pektin	136
I. Optimasi Respons pada <i>Box Behnken Design</i> (BBD)	151
J. Verifikasi Kondisi Optimum	153
K. Karakterisasi Kimia Pektin Optimum	157
L. Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	163
DAFTAR PUSTAKA	166
LAMPIRAN	193

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Struktur Pektin	8
Tabel 2. Standar Pektin Menurut IPPA.....	9
Tabel 3. Nilai Derajat Esterifikasi Dari Berbagai Teknik Ekstraksi Pektin.....	11
Tabel 4. Komposisi Kimia Kulit Buah Rambutan (<i>Nephelium lappaceum L.</i>).....	18
Tabel 5. Aplikasi Metode Green Extraction Untuk Ekstraksi Limbah Buah	22
Tabel 6. Nilai Rendemen Pada Ekstraksi Pektin Menggunakan Metode PEF	25
Tabel 7. Pengaruh Daya Terhadap Hasil Rendemen Pektin Metode MAE	34
Tabel 8. Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Rendemen Pektin Metode MAE.....	35
Tabel 9. Aplikasi Beberapa Metode Kombinasi Untuk Ekstraksi Pektin	38
Tabel 10. Kandungan Asam Sitrat pada Berbagai Macam Buah.....	40
Tabel 11. Sifat Fisik dan Kimia Asam Sitrat.....	40
Tabel 12. Nilai Rendemen Pektin dari Berbagai Jenis Pelarut	41
Tabel 13. Kombinasi Faktor Perlakuan dari Design Expert 13	55
Tabel 14. Karakterisasi Tepung Kulit Rambutan	71
Tabel 15. Analisis Hubungan Variabel Independen terhadap Variabel Dependen	75
Tabel 16. Data Hasil <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respons Rendemen ...	81
Tabel 17. Data Hasil Model <i>Summary Statistics</i> Respons Rendemen	81
Tabel 18. Data Hasil ANOVA Respons Rendemen	82
Tabel 19. Data Hasil <i>Fit Statistics</i> Respons Rendemen	83
Tabel 20. Data Hasil <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respons Berat Ekuivalen	95
Tabel 21. Data Hasil Model <i>Summary Statistics</i> Respons Berat Ekuivalen.....	96
Tabel 22. Data Hasil ANOVA Respons Berat Ekuivalen	97
Tabel 23. Data Hasil <i>Fit Statistics</i> Respons Berat Ekuivalen.....	97
Tabel 24. Data Hasil <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respons Kadar Metoksil	109
Tabel 25. Data Hasil Model <i>Summary Statistics</i> Respons Kadar Metoksil	109
Tabel 26. Data Hasil ANOVA Respons Kadar Metoksil	110
Tabel 27. Data Hasil <i>Fit Statistics</i> Respons Kadar Metoksil	111
Tabel 28. Data Hasil <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respons Asam Galakturonat	122
Tabel 29. Data Hasil Model <i>Summary Statistics</i> Respons Asam Galakturonat.	122
Tabel 30. Data Hasil ANOVA Respons Asam Galakturonat.....	123
Tabel 31. Data Hasil <i>Fit Statistics</i> Respons Asam Galakturonat	124
Tabel 32. Data Hasil <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respons Derajat Esterifikasi	136
Tabel 33. Data Hasil Model <i>Summary Statistics</i> Respons Derajat Esterifikasi .	137
Tabel 34. Data Hasil ANOVA Respons Derajat Esterifikasi	138
Tabel 35. Data Hasil <i>Fit Statistics</i> Respons Derajat Esterifikasi.....	139
Tabel 36. Batasan Variabel dan Tingkat Kepentingan Pektin Optimum.....	152
Tabel 37. Solusi Titik Optimum Pektin Hasil Design Expert 13.....	153
Tabel 38. Hasil Verifikasi Aktual dan Prediksi	154
Tabel 39. Perbandingan Hasil Pektin Optimasi dan Pektin Konvensional	154

Tabel 40. Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Abu Pektin Optimum dan Pektin Konvensional	157
Tabel 41. Data Hasil Analisis Gugus Fungsi Pektin Optimum dengan FTIR.....	160

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Dinding Sel Primer Tumbuhan	7
Gambar 2. Struktur Kimia Asam Pektinat atau Pektin.....	7
Gambar 3. Empat Struktur Kimia Penyusun Pektin	8
Gambar 4. Struktur LMP dan HMP	12
Gambar 5. Kenampakan Buah Rambutan Binjai	17
Gambar 6. Elektroporasi Sel Akibat Kuat Medan Listrik PEF	27
Gambar 7. Mekanisme Perpindahan Massa dan Panas Pada Ekstraksi Konvensional dan MAE.	31
Gambar 8. Perbedaan Pemanasan Ekstraksi Konvensional dan Microwave.....	32
Gambar 9. Polarisasi dan Relaksasi Dipol pada Medan Listrik.....	33
Gambar 10. Mekanisme Kerusakan Dinding Sel Metode MAE.....	33
Gambar 11. Struktur Kimia Asam Sitrat	39
Gambar 12. Model Fungsi 3D dalam RSM	45
Gambar 13. Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Kulit Rambutan Binjai.....	63
Gambar 14. Diagram Alir Ekstraksi Pektin Metode Konvensional.....	64
Gambar 15. Diagram Alir Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Tegangan PEF	65
Gambar 16. Diagram Alir Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Waktu Ekstraksi PEF.....	66
Gambar 17. Diagram Alir Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Daya MAE.....	67
Gambar 18. Diagram Alir Penentuan Batas Atas dan Bawah Faktor Waktu Ekstraksi MAE	68
Gambar 19. Diagram Alir Ekstraksi Pektin Metode Kombinasi PEF dan MAE ...	69
Gambar 20. Diagram Alir Optimasi Pektin dari Kulit Rambutan Binjai.....	70
Gambar 21. Nilai Rendemen Untuk Penentuan Batas Tegangan PEF	72
Gambar 22. Nilai Rendemen Untuk Penentuan Batas Waktu Ekstraksi PEF.....	73
Gambar 23. Nilai Rendemen Untuk Penentuan Batas Daya MAE.....	73
Gambar 24. Nilai Rendemen Untuk Penentuan Batas Waktu Ekstraksi MAE	74
Gambar 25. Histogram Respon Rendemen Pektin.....	76
Gambar 26. Histogram Respon Berat Ekuivalen Pektin	77
Gambar 27. Histogram Respon Kadar Metoksil Pektin.....	78
Gambar 28. Histogram Respon Kadar Asam galakturonat Pektin	79
Gambar 29. Histogram Respon Derajat Esterifikasi Pektin.....	80
Gambar 30. Grafik <i>Normal Plots of Residuals</i> Respons Rendemen	85
Gambar 31. Grafik 2-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Rendemen	87
Gambar 32. Grafik 3-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Rendemen	89
Gambar 33. Grafik <i>Normal Plots of Residuals</i> Respons Berat Ekuivalen Pektin ..	99
Gambar 34. Grafik 2-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Berat Ekuivalen	101
Gambar 35. Grafik 3-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Berat Ekuivalen	103
Gambar 36. Grafik <i>Normal Plots of Residuals</i> Respons Kadar Metoksil Pektin	112

Gambar 37.	Grafik 2-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Kadar Metoksil	114
Gambar 38.	Grafik 3-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Kadar Metoksil	116
Gambar 39.	Grafik <i>Normal Plots of Residuals</i> Respons Kadar Asam Galakturonat.....	126
Gambar 40.	Grafik 2-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Asam Galakturonat.....	128
Gambar 41.	Grafik 3-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Asam Galkturonat	130
Gambar 42.	Grafik <i>Normal Plots of Residuals</i> Respons Derajat Esterifikasi....	140
Gambar 43.	Grafik 2-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Derajat Esterifikasi	143
Gambar 44.	Grafik 3-D <i>Surface</i> Interaksi Keempat Faktor terhadap Respons Derajat Esterifikasi	145
Gambar 45.	Spektra FTIR Pektin Optimum dari Kulit Rambutan	159
Gambar 46.	Spektra FTIR Pektin Komersial.....	160
Gambar 47.	Hasil SEM Bubuk Kulit Rambutan	163

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode Analisis.....	193
Lampiran 2. Tabel Analisis Respons Rendemen	197
Lampiran 3. Tabel Analisis Respons Berat Ekuivalen.....	198
Lampiran 4. Tabel Analisis Respons Kadar Metoksil	199
Lampiran 5. Tabel Analisis Respons Kadar Asam Galakturonat	200
Lampiran 6. Tabel Analisis Respons Derajat Esterifikasi	201
Lampiran 7. Tabel Solusi dan Verifikasi Pektin Optimum	202
Lampiran 8. Hasil Pengujian Kadar Air dan Abu Bubuk Kulit Rambutan	203
Lampiran 9. Hasil Pengujian Analisis FTIR Pektin Optimum	204
Lampiran 10. Hasil Pengujian Analisis FTIR Pektin Komersial.....	205
Lampiran 11. Hasil Pengujian Analisis SEM.....	206
Lampiran 12. Proses Pembuatan Tepung Kulit Rambutan.....	210
Lampiran 13. Proses Ekstraksi Pektin Kulit Rambutan Metode Konvensional	211
Lampiran 14. Proses Ekstraksi Pektin Kulit Rambutan Metode Kombinasi PEF dan MAE	212
Lampiran 15. Hasil Pengujian pada Penelitian Proses Optimasi Ekstraksi Pektin dari Kulit Rambutan.....	214
Lampiran 16. Hasil Akhir Pektin Setiap Running dan Pektin Optimum	215