

EKSTRAKSI MINYAK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ENZIMATIS



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

SYAHWAL MUHAJIRIN NARJAMUDDIN 432 20 050

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Ekstraksi Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Menggunakan Metode Enzimatis** oleh Syahwal Muhajirin Narjamuddin NIM 432 20 050 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 19 Agustus 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M. Si
NIP. 19720628 200812 2 001

Pembimbing II

Vilia Darma Paramita, STP., M.Food.Sc.Ph.D
NIP. 19780323 200801 2 015

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia
Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri



Waliyu Budi Utomo, HND., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 19 Agustus 2024, Tim Penguji Seminar Skripsi telah menerima dengan baik hasil seminar skripsi oleh mahasiswa Syahwal Muhajirin Narjamuddin NIM 432 20 050 dengan judul **Ekstraksi Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Menggunakan Metode Enzimatis.**

Makassar, 19 Agustus 2024

Tim Seminar Skripsi:

- | | | |
|--|------------|---------|
| 1. Muh. Saleh, S.T., M.Si. | Ketua | (.....) |
| 2. Drs. Amri, M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Drs. Herman Bangngalino, M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Dra. Abigael Todingbua', M.Si | Anggota | (.....) |
| 5. Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si | Anggota | (.....) |
| 6. Vilia Darma Paramita, STP.,
M.Food.Sc., Ph.D | Anggota | (.....) |

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dalam kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Ekstraksi Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Menggunakan Metode Enzimatis”. Shalawat dan salam tak lupa kita kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Skripsi yang penulis lakukan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan penelitian akhir yang akan dilaksanakan pada bulan Maret hingga Agustus 2024 di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang,
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
3. Ibu Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si. selaku Ketua Program studi D4 Teknologi Kimia Industri sekaligus pembimbing I yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Vilia Darma Paramita, S.T.P., M.Food.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

Ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada keluarga tercinta yaitu ayahanda dan ibunda serta sanak keluarga yang senantiasa memberikan dorongan dan dukungan baik moral maupun spiritual.

Dalam hal ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini, walaupun demikian penyusun menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan. Akhir kata, semoga apa yang penulis tuangkan dalam skripsi ini dapat berguna bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa, maupun bagi siapa saja yang membacanya, amin.

Wabillahi Taufiq Walhidayah,

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

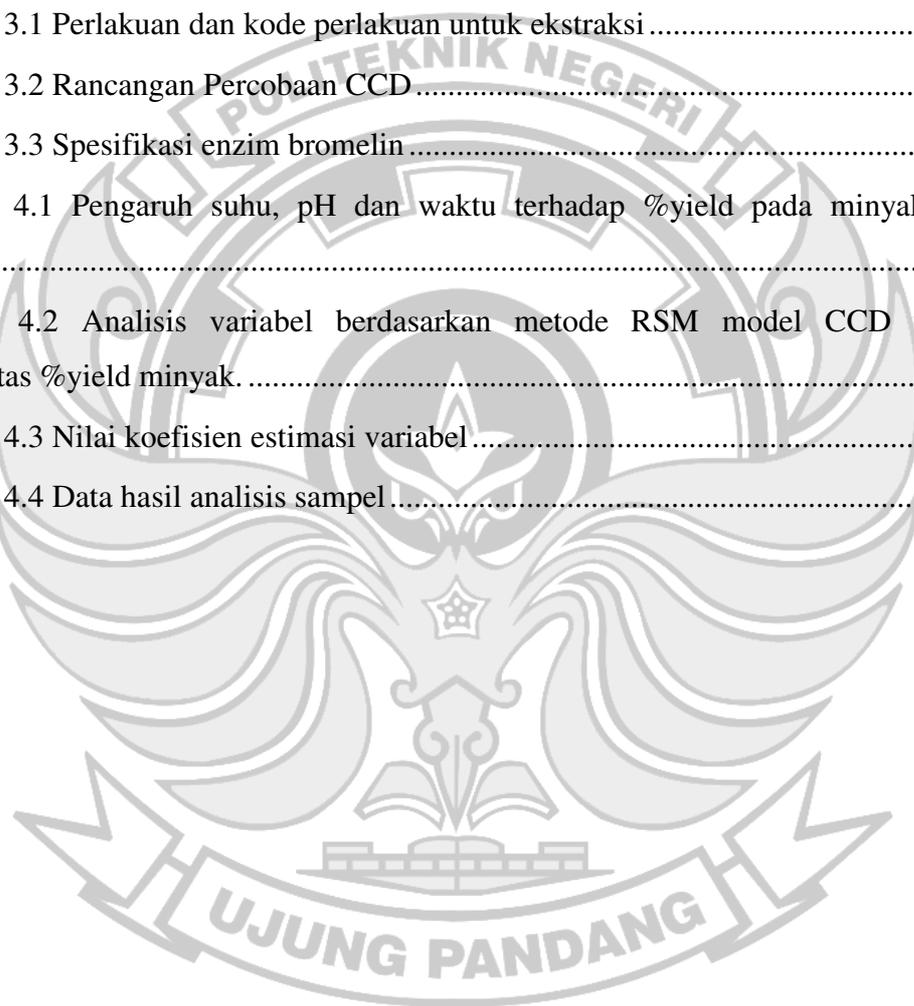
	Hal
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
SURAT PERNYATAAN	xi
RINGKASAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	5
2.2 Ekstraksi Enzimatis	8
2.3 <i>Response Surface Methodology</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan lokasi Penelitian	14
3.2 Penyediaan Alat dan Bahan	14
3.3 Preparasi Bahan Baku	15
3.4 Proses Produksi Minyak Biji Kelor	15

3.5	Metode Analisis Minyak Biji Kelor	19
3.6.1	Uji Bilangan Asam (SNI 3741:2013 Lampiran A.4)	19
3.6.2	Uji Aroma (SNI 3741:2013 Lampiran A.2)	19
3.6.3	Analisis Bilangan Peroksida (SNI 01-3555-1998)	20
3.6.4	Uji Kadar Air (SNI 3741:2013 Lampiran A.3)	21
BAB IV PEMBAHASAN		22
4.2	Bilangan peroksida	29
4.3	Kadar air	30
4.4	Uji aroma	30
4.5	Hasil analisis GC-MS	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		33
DAFTAR PUSTAKA		34
LAMPIRAN		38



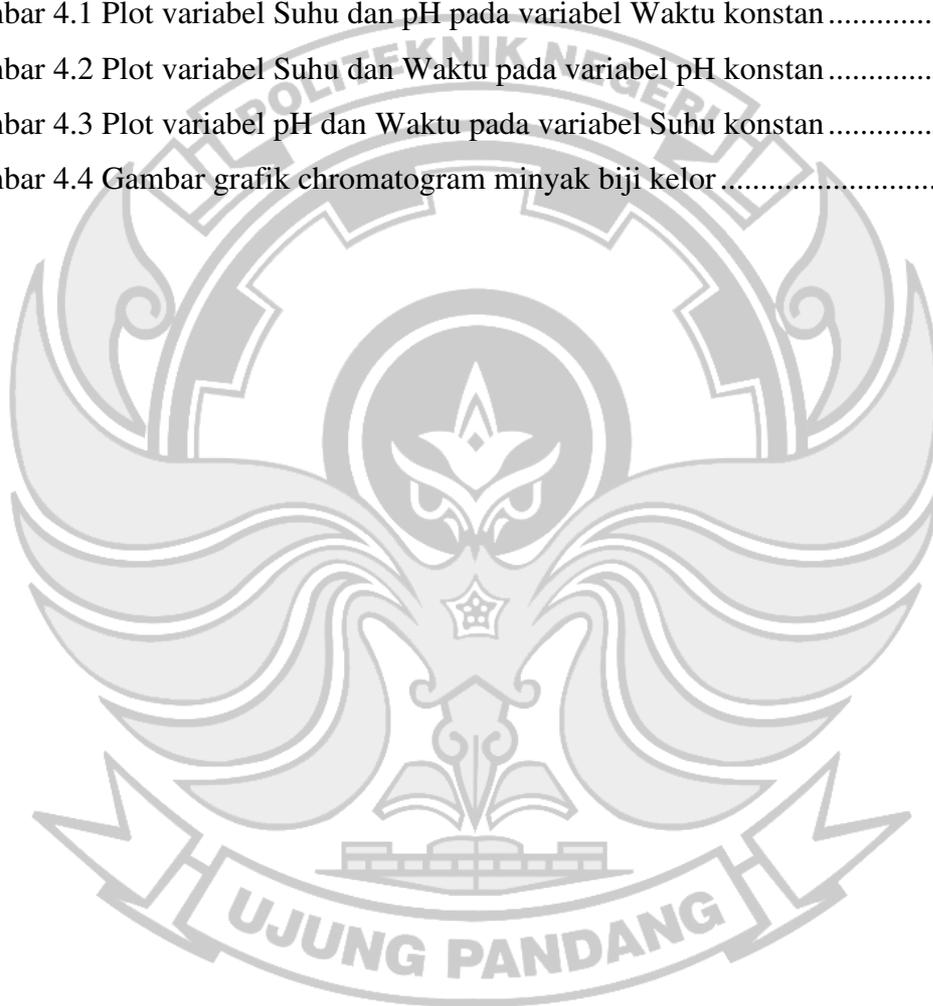
DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Kandungan <i>Nutrisi Biji Kelor per 100g Bahan</i>	6
Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Biji Kelor	7
Tabel 2.3 Standar Persyaratan Mutu Minyak Goreng	8
Tabel 3.1 Perlakuan dan kode perlakuan untuk ekstraksi	16
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan CCD	16
Tabel 3.3 Spesifikasi enzim bromelin	17
Tabel 4.1 Pengaruh suhu, pH dan waktu terhadap %yield pada minyak biji kelor	22
Tabel 4.2 Analisis variabel berdasarkan metode RSM model CCD untuk aktivitas %yield minyak	23
Tabel 4.3 Nilai koefisien estimasi variabel	27
Tabel 4.4 Data hasil analisis sampel	28



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Bagian Tumbuhan kelor (a) Buah kelor dan (b) biji kelor	5
Gambar 2.2 Struktur Kimia (a) Trans-Oleic Acid dan (b) Cis-Oleic Acid	6
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Ekstraksi Minyak Biji Kelor	18
Gambar 4.1 Plot variabel Suhu dan pH pada variabel Waktu konstan	25
Gambar 4.2 Plot variabel Suhu dan Waktu pada variabel pH konstan	26
Gambar 4.3 Plot variabel pH dan Waktu pada variabel Suhu konstan	27
Gambar 4.4 Gambar grafik chromatogram minyak biji kelor	31



DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Perhitungan	38
Lampiran 2 Tabel Analisis Gc-Ms	41
Lampiran 3 Tabel Formula Rsm	42
Lampiran 4 Dokumentasi	43



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syahwal Muhajirin Narjamuddin

NIM : 432 20 050

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul "Ekstraksi Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Menggunakan Metode Enzimatis" merupakan gagasan dan hasil karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis lain telah dicantumkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Agustus 2024



Syahwal Muhajirin Narjamuddin

(432 20 050)

EKSTRAKSI MINYAK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE ENZIMATIS

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan mengetahui pH, suhu dan waktu optimum dalam proses ekstraksi minyak biji kelor. Metode Proses produksi minyak dilakukan dengan cara ekstraksi metode enzimatis memanfaatkan enzim bromelin dari buah nanas. Dilakukan 20 percobaan dengan suhu, pH, dan waktu ekstraksi untuk memperoleh hasil %yield minyak biji kelor. Analisis optimasi kondisi minyak biji kelor menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) model *Central Composite Design* (CCD) untuk memprediksi hubungan antara suhu, pH, dan waktu dengan respon utama yaitu %yield minyak.

Hasil data dari 20 perlakuan menggunakan CCD menunjukkan hasil %yield minyak terbaik dengan kondisi optimum suhu= 46°C, pH= 6, dan waktu= 48 jam yaitu 6,1%. Nilai %yield rata-rata hasil percobaan yaitu 5,8% mendekati nilai sebenarnya dari pemodelan. Penentuan kualitas minyak dapat diukur berdasarkan bilangan asam, bilangan peroksida (tingkat ketengikan) dan kadar air. Berdasarkan standar kualitas minyak goreng komersial SNI 3741:2013, kondisi optimum yang dihasilkan sudah sesuai standar. Hasil analisis GC-MS pada kondisi optimum ekstraksi minyak biji kelor, menghasilkan *9-Octadecenoic Acid* (E)- (asam elaidat/asam oleat dalam bentuk *trans/trans-9-Octadecenoic acid*) sebesar 79,98%, *n-hexadecanoic acid* (asam palmitat) sebesar 7,61%, dan *Octadecanoic Acid* (asam stearate) sebesar 6,22%. Kandungan asam oleat dalam bentuk *trans* yang tinggi dapat menyebabkan dampak buruk bagi jantung sehingga tidak layak untuk dijadikan bahan pangan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelor merupakan tanaman yang dapat tumbuh subur di daerah subtropis dan tropis seperti Indonesia. Kelor diakui secara global sebagai tanaman yang kaya nutrisi, kelor telah direkomendasikan oleh WHO sebagai solusi alternatif untuk mengatasi masalah malnutrisi. Kelor mengandung komponen gizi, seperti protein, kalsium, besi, lemak, vitamin A, vitamin B dan vitamin C. Karena kandungan nutrisinya yang tinggi serta berbagai manfaatnya, kelor sering disebut sebagai *Miracle Tree* (Noviyanti *et al.*, 2019). Sampai saat ini, tanaman kelor hanya berfokus pada pemanfaatan daun, sedangkan biji kelor belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Biji kelor mengandung protein yang tinggi yaitu sekitar 29-38% (Sakinah *et al.*, 2019). Pada Penelitian Taiwo Olagbemide & Alikwe (2015) juga melaporkan kandungan protein biji kelor mencapai 35,97%. Biji kelor mengandung minyak dan senyawa-senyawa metabolit sekunder yang sangat bermanfaat untuk kesehatan (Dising & Pasau, 2022).

Biji kelor mengandung minyak sebanyak 40% dengan komposisi asam lemak 34,7% yang terdiri dari asam palmitat 9,3%, asam stearate 7,4% asam behenate 8,6% dan asam oleat 65,7% (Salimi *et al.*, 2019). Hal yang sama dikemukakan oleh (Dising & Pasau, 2021), bahwa biji kelor memiliki kandungan minyak nabati $30,8 \pm 2,19$ %. Pada penelitian Dzakwan (2019) minyak biji kelor memiliki kandungan asam oleat yang tinggi (68-76%), asam behenat (7%) dan asam arachidat (3%) yang berfungsi sebagai anti inflamasi dan anti radikal bebas.

Aminah *et al* (2015) melaporkan minyak dari biji kelor terdiri dari 82% asam lemak tak jenuh yang terdiri dari 70% asam oleat.

Pengambilan minyak dari biji kelor dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Beberapa metode yang digunakan dalam ekstraksi minyak biji kelor yaitu, metode *soxletasi* (Dising & Pasau, 2021), metode *solvent extracted* (Nasir *et al.*, 2010), metode enzimatis dan metode mekanik atau pengempresan (Widyanastuti & Susilo, 2013). Pemilihan metode enzimatis didasarkan pada keunggulan dalam menghasilkan produk sesuai dengan kondisi alaminya dengan proses yang ramah lingkungan dan produk yang lebih aman untuk dikonsumsi (Nainggolan, 2023). Metode enzimatis dapat dilakukan dengan memanfaatkan golongan enzim protease, salah satunya adalah enzim bromelin (Putri, 2023). Dalam menghasilkan rendemen yang lebih banyak, perlu diperhatikan faktor yang mempengaruhi ekstraksi enzimatis yakni diantaranya pH, waktu inkubasi, konsentrasi enzim, dan rasio enzim terhadap sampel (Febrianto, 2006).

Minyak yang diekstraksi dari biji kelor memiliki potensi besar dalam berbagai sektor industri, terutama dalam bidang kosmetik dan kebutuhan industri lainnya (Aminah *et al.*, 2015). Menurut Nasir *et al.* (2010) analisis senyawa minyak biji kelor menggunakan GC-MS menunjukkan kandungan asam oleat dalam bentuk trans yang tinggi, yaitu sebesar 58,50%. Oleh karena itu, penggunaannya tidak direkomendasikan untuk aplikasi dalam bidang pangan. Namun saat ini, pemanfaatan minyak biji kelor belum banyak di perjual belikan di kalangan industri ekstraksi minyak nabati. Dengan demikian, perlu dilakukan

penelitian untuk mengekstraksi minyak biji kelor dari biji kelor dengan menggunakan metode enzimatis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa pH optimum enzim bromelin pada ekstraksi minyak biji kelor?
2. Berapa suhu optimum enzim bromelin pada ekstraksi minyak biji kelor?
3. Berapa waktu inkubasi optimum enzim bromelin pada ekstraksi minyak biji kelor?
4. Bagaimana perbandingan minyak biji kelor hasil ekstraksi enzimatis dengan SNI 3741:2013?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ekstraksi minyak biji kelor menggunakan metode enzimatis dengan enzim bromelin murni. Biji kelor yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pasar online. Terdapat tiga variabel utama yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu suhu, pH, dan waktu ekstraksi. Pengujian kualitas minyak biji kelor dilakukan dengan uji bilangan asam, bilangan peroksida dan kadar air sesuai standar SNI 3741:2013.

1.4 Tujuan Penelitian

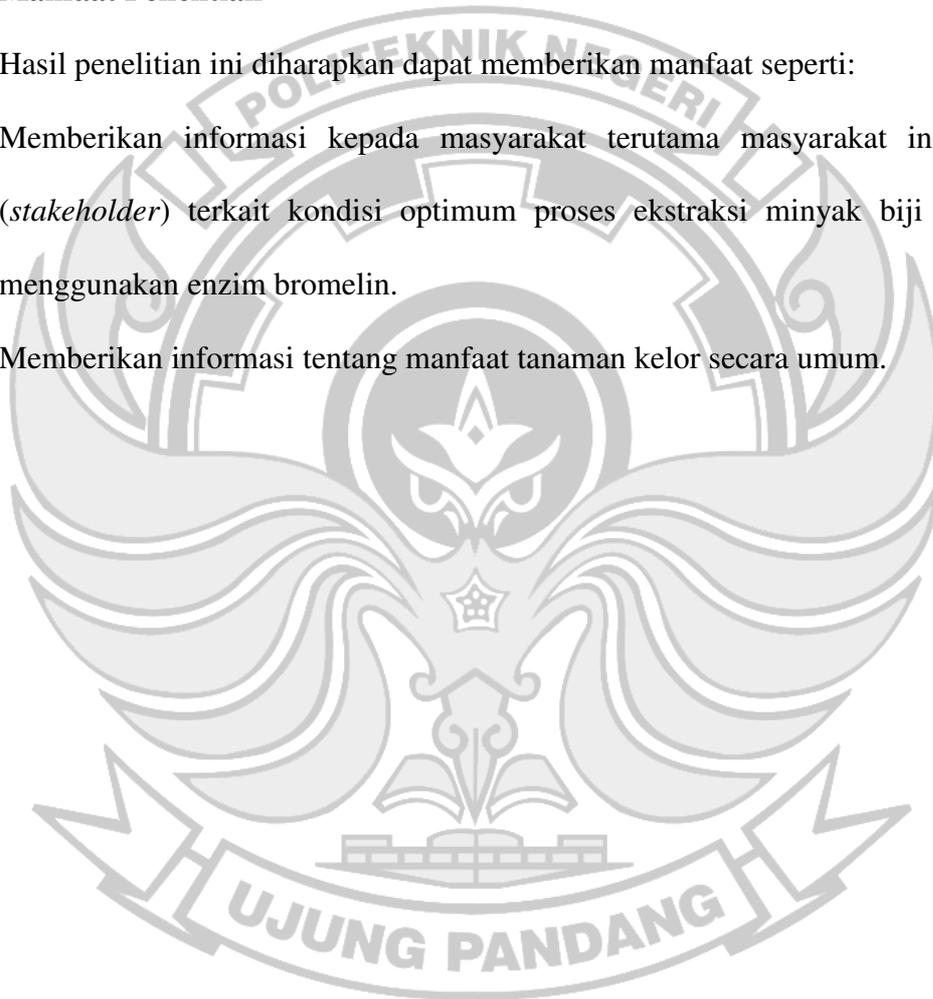
1. Menentukan pH optimum dalam proses ekstraksi minyak biji kelor dengan menggunakan enzim bromelin.
2. Menentukan suhu optimum proses ekstraksi minyak biji kelor dengan menggunakan enzim bromelin.

3. Menentukan waktu optimum dalam proses ekstraksi minyak biji kelor dengan menggunakan enzim bromelin
4. Menganalisis parameter kualitas minyak biji kelor yang dihasilkan dengan kualitas minyak goreng komersial berdasarkan standar SNI 3741:2013.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat terutama masyarakat industri (*stakeholder*) terkait kondisi optimum proses ekstraksi minyak biji kelor menggunakan enzim bromelin.
2. Memberikan informasi tentang manfaat tanaman kelor secara umum.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

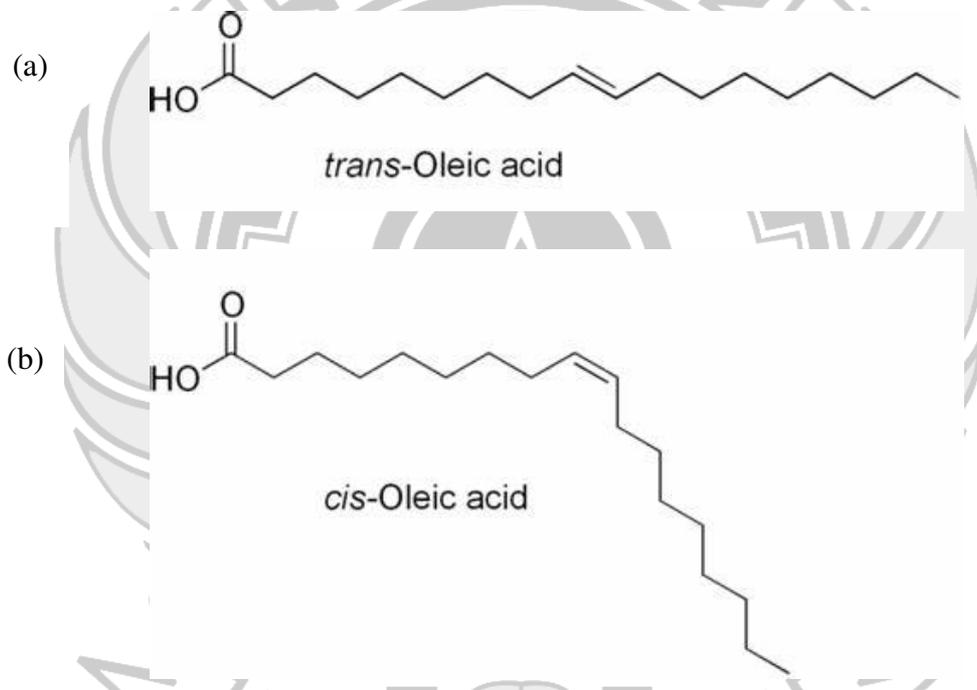
Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) yang dikenal dengan nama murong atau barunggai merupakan salah satu jenis tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Kelor dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah dan tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan sampai 6 bulan (Salimi *et al.*, 2019). Setiap pohon kelor dapat memproduksi 15.000-25.000 biji per tahunnya (Widyanastuti & Susilo, 2013). Buah dan biji kelor dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagian Tumbuhan kelor (a) Buah kelor dan (b) biji kelor

Biji kelor merupakan hasil samping dari proses pengolahan buah kelor. Biji kelor mengandung komponen karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin. Berdasarkan Tabel 2.1 kandungan protein dan lemak yang relatif tinggi menjadikan biji kelor sebagai salah satu sumber protein dan lemak nabati yang potensial. Biji kelor juga mengandung antioksidan, asam amino, asam lemak dan

senyawa bioaktif lainnya (Fajri & Daru, 2022). Identifikasi senyawa minyak biji kelor menunjukkan kandungan asam oleat dalam bentuk trans yang tinggi yaitu sebesar 58,5%. Sumber utama lemak trans industrial adalah minyak yang terhidrogenasi sebagian *Partially Hydrogenated Oil/PHO*. Asam lemak trans dapat memengaruhi kesehatan, dan penting untuk membatasi konsumsinya. Konsumsi asam lemak trans dapat meningkatkan risiko serangan jantung dan kematian (whoindonesia, 2024).



Gambar 2.2 Struktur Kimia (a) Trans-Oleic Acid dan (b) Cis-Oleic Acid
(Tyler et al., 2019)

Kandungan nutrisi biji kelor disajikan pada Tabel 2.1 (Aminah *et al.*, 2015).

Tabel 2.1 Kandungan *Nutrisi Biji Kelor per 100g Bahan*

Komponen	Satuan	Kuantitas
Protein	gram	32.19
Lemak	gram	32.40
Serat	gram	15.87
Mineral	gram	5.58

Tabel 2.3 Standar Persyaratan Mutu Minyak Goreng

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Warna	-	Normal
2	Kadar air dan bahan menguap	%(b/b)	Maks. 0,15
3	Bilangan asam	Mg KOH/g	Maks. 0,6
4	Bilangan peroksida	Mek O ₂ /kg	Maks. 10
5	Minyak pelican	-	Negatif
6	Asam linoelat (C19:3) dalam komposisi asam lemak minyak	%	Maks. 2
7	Cemaran logam		
7.1	Kadmium (Cd)	Mg/kg	Maks. 0,2
7.2	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks. 0,1
7.3	Timah (Sn)	Mg/kg	Maks. 40,0/250,0*
7.4	Merkuri (Hg)	Mg/kg	Maks 0,05
8	Cemaran arsen (As)	Mg/kg	Maks. 0,1

CATATAN: - Pengambilan contoh dalam bentuk kemasan di pabrik
 - * dalam kemasan kaleng

Sumber: BSN (2013)

2.2 Ekstraksi Enzimatis

Ekstraksi adalah proses perpindahan suatu zat atau solut dari larutan asal atau padatan ke dalam suatu pelarut tertentu. Ekstraksi merupakan metode dimana pemisahan berdasarkan perbedaan dalam kemampuan pelarutan dari komponen-komponen yang terdapat dalam campuran tersebut (Perina *et al.*, 2007). Prinsip dasar dari proses ekstraksi merupakan penarikan komponen aktif yang terkandung dalam suatu bahan. Proses ekstraksi dapat dibantu dengan penggunaan bahan

pelarut yang sesuai dengan kelarutan komponen aktifnya. Secara umum, ekstraksi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni ekstraksi padat-cair dan ekstraksi cair-cair. Ekstraksi padat-cair merujuk pada proses pemisahan solut dari padatan yang tidak dapat larut. Sementara itu, ekstraksi cair-cair melibatkan pengekstrakan bahan dengan bantuan pelarut, dan metode ini umumnya digunakan untuk bahan yang mudah larut dalam pelarutnya (Animah, 2018).

Metode ekstraksi dengan bantuan enzim atau *Enzyme Assisted Extraction* (EAE) merupakan salah satu metode ekstraksi non-konvensional untuk mengekstrak suatu senyawa aktif dengan bantuan enzim. Enzim memiliki kemampuan untuk mendegradasi atau mengganggu dinding sel dan membran sehingga memungkinkan pelepasan senyawa aktif lebih baik dan efisien (Wirajana *et al.*, 2019).

Metode ekstraksi secara enzimatis memerlukan beberapa perhatian khusus, seperti waktu fermentasi yang cukup panjang (umumnya minimal 6 jam hingga beberapa hari), penggunaan enzim dalam jumlah yang memadai, serta penyesuaian kondisi optimum kerja enzim (pH, suhu, waktu inkubasi, rasio enzim dan sampel, serta faktor penghambat kerja enzim) dan metode pemulihan enzim. Selain itu, jika proses fermentasi dilakukan dengan strain mikroba hidup, penting untuk memastikan asupan karbon yang tepat dan memperhatikan masa keberlangsungan hidup mikroba tersebut (Nainggolan, 2023).

Di sisi lain, kelebihan dari proses ekstraksi secara enzimatis adalah dapat menghasilkan produk sesuai kondisi alaminya dengan proses yang lebih ramah

lingkungan. Selain itu, senyawa-senyawa di substrat yang menjadi hasil samping proses ekstraksi dapat diisolasi dan dimanfaatkan lebih lanjut (Nainggolan, 2023).

Salah satu enzim yang berperan dalam mengekstraksi minyak ialah enzim bromelin. Enzim bromelin bisa didapatkan dari berbagai bagian tanaman nanas (*Ananas comosus*) seperti tangkai, kulit, daun, buah, dan batang dalam jumlah yang berbeda-beda. Bromelin merupakan jenis enzim protease. Enzim protease sendiri adalah kelompok enzim yang berperan dalam memecah protein dengan cara menghidrolisis ikatan peptida pada asam-asam amino (Masniar *et al.*, 2016).

Ulviyadipura *et al.* (2017) menyatakan bahwa proses hidrolisis protein melibatkan peran enzim proteolitik, yang berfungsi sebagai katalisator dalam sel. Hidrolisis protein terjadi dengan bantuan enzim endogenus dan dibantu oleh enzim eksogenus. Bromelin, sebagai salah satu enzim eksogenus, turut berperan dalam proses ini. Penambahan bromelin membantu meningkatkan produksi asam amino, sehingga pakan yang dikonsumsi dapat dimanfaatkan dengan lebih efisien. Aktivitas enzim bromelin dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu:

1. Konsentrasi enzim

Konsentrasi dan aktivitas enzim bromelin selama tingkat pertumbuhan dapat bervariasi tergantung pada sumbernya. Aktivitas bromelin yang berasal dari buah nanas memiliki karakteristik yang mempengaruhi aktivitasnya. Menurut (Ilyas, 2020) bonggol nanas memiliki aktivitas spesifik lebih tinggi dibandingkan daging buah nanas pada setiap proses. Pada suatu konsentrasi substrat tertentu kecepatan

reaksi enzimatik bertambah pada saat bertambahnya konsentrasi enzim (Wuryanti, 2004).

2. Suhu

Suhu optimum untuk aktivitas enzim bromelin murni adalah 45-65°C. Keaktifan enzim bromelin akan jauh lebih rendah pada suhu di atas dan di bawah suhu optimum, hal ini disebabkan oleh energi kinetik molekul atau substrat yang lebih rendah. Pada penelitian (Herdyastuti, 2006) juga enzim bromelin memiliki suhu optimum 55°C.

3. pH

Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim bromelin meningkat dengan kenaikan pH dan menurun di atas pH 7,0 sehingga pH optimum isolat bromelin adalah 7,0 (Ilyas, 2020). Aktifitas enzim bromelin akan menurun bila buah nanas semakin matang, hal tersebut berhubungan dengan semakin banyaknya asam yang terbentuk sehingga terjadi penurunan pH (Wuryanti, 2004). Menurut (Kumaunang & Kamu, 2011) kondisi optimum pH enzim bromelin adalah berkisar antara 6,5 -7.

4. Waktu inkubasi

Waktu fermentasi yang semakin lama maka proses pemecahan emulsi terus berlangsung, kecepatan reaksi hidrolisis protein semakin meningkat sehingga minyak yang dapat dibebaskan dari selubung protein juga semakin banyak sehingga rendemen semakin tinggi. Peningkatan

rendemen minyak yang terjadi juga disebabkan karena pada awal fermentasi sel-sel enzim bromelin berada dalam keadaan pertumbuhan sehingga mencapai jumlah yang maksimum. Waktu inkubasi enzim bromelin untuk memecah ikatan lipida dalam sampel berkisar antara 36 - 48 jam (Ishak *et al.*, 2019).

5. Rasio enzim bromelin dan sampel

Rasio enzim dan sampel harus dioptimalkan berdasarkan jenis enzim, kondisi eksperimental, dan tujuan reaksi yang diinginkan. Rasio enzim bromelin terhadap sampel sangat mempengaruhi hasil rendemen minyak yang diperoleh. Rasio terbaik untuk perbandingan enzim bromelin dengan sampel digunakan ialah 2:1 (Gunarsih *et al.*, 2014).

2.3 *Response Surface Methodology*

Response Surface Methodology (RSM) adalah suatu teknik statistik yang dipakai untuk merancang eksperimen dengan tujuan memperoleh informasi relevan dalam waktu singkat dan biaya yang terjangkau. RSM diterapkan dalam pengembangan hubungan fungsional yang memadai antara respons yang diinginkan, y , dan jumlah variabel kontrol terkait (atau input) x . Metode RSM belakangan ini sering digunakan sebagai metode optimasi ekstraksi padat cair. Proses ekstraksi umumnya merupakan proses multiparameter, sehingga pemilihan dan optimalisasi kondisi eksperimental merupakan langkah penting dalam pengembangan metode ekstraksi minyak biji kelor.

Ketika banyak faktor dan interaksi yang mempengaruhi respons yang diinginkan, RSM adalah metode yang tepat untuk menemukan kondisi optimal

untuk proses karena penggunaannya mengarah pada pengembangan yang cepat dan efisien dari produk dan proses yang lebih baik. Menurut Putra (2012), Central Composite Design (CCD) merupakan rancangan percobaan menggunakan desain faktorial pangkat 2, dengan menambahkan titik pusat dan titik aksial. CCD memiliki tiga kelompok eksperimen, yaitu:

1. Sebuah desain faktorial yang memiliki dua tingkat. Desain faktorial ini terdiri dari semua kemungkinan dari +1 dan -1. Untuk variabel varian dua faktor, ada 4 desain, yaitu (-1,-1); (+1,-1); (-1, +1); (+1, +1).
2. Sebuah nilai tengah, yang merupakan nilai tengah dari desain percobaan. Nilai ini diulang lebih sering dan dalam jumlah lebih banyak dibandingkan kelompok lain untuk meningkatkan ketepatan percobaan. Nilai tengah atau titik pusat ini merupakan titik tengah dari setiap rentang dari varian. Nilai tengah ini biasanya diulang 4-6 kali untuk mendapatkan perkiraan yang terbaik dan meminimalisir kesalahan percobaan.
3. Sebuah nilai aksial, nilai yang sangat jauh dari nilai titik pusat, baik menjadi batas bawah ataupun atas dari sebuah desain pangkat dua. Nilai aksial ini biasa juga disebut nilai start dimana mempunyai faktor yang mengarah pada sumbu 0, titik tengah, kecuali satu faktor yang memiliki nilai +/- alpha. Untuk varian dua, variabel nilai aksialnya adalah, $(-\alpha, 0)$; $(+\alpha, 0)$; $(0, -\alpha)$; $(0, +\alpha)$.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung pandang yang dimulai dari bulan Maret hingga Agustus 2024.

3.2 Penyediaan Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- Blender
- Neraca analitik
- Pipet ukur
- Pipet volume
- Gelas piala
- Gelas ukur
- Pipet tetes
- Buret
- Erlenmeyer
- Klem dan statif
- Corong
- Tabung reaksi
- Cawan petri
- Centrifuge
- Saringan
- Oven
- Shaker waterbath

3.2.2 Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah biji kelor (*Moringa Oleifera*) yang dapat ditemukan di pasar online shop.

- Biji kelor
- Aquades
- Etanol 96%
- KOH 0,1 N
- NaOH
- Kalium iodida
- Asam asetat glasial 60%
- Enzim bromelin
- Indikator pati
- Natrium tiosulfat 0,1 N
- Indikator pp
- Kloroform 40%
- Asam sitrat
- NaOH 0,1 N
- Aquabidest

3.3 Preparasi Bahan Baku

1. Biji kelor dibersihkan,
2. Kemudian biji kelor dihaluskan .

3.4 Proses Produksi Minyak Biji Kelor

1. Ditimbang 100 g bubuk biji kelor, lalu dilakukan pencampuran dengan air dengan perbandingan 1:2. Setelah itu, campuran dipanaskan dengan suhu 90°C selama 40 menit.
2. Perlakuan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1. Adapun perlakuan pH dilakukan dengan penambahan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) dan natrium hidroksida (NaOH).

Tabel 3.1 Perlakuan dan kode perlakuan untuk ekstraksi

Perlakuan	Kode Perlakuan		
	-1	0	+1
Suhu (°C)	45	55	65
pH	6	7	8,5
Waktu Inkubasi (jam)	36	42	48

3. Dirumuskan perancangan RSM model CCD yang ditunjukkan pada Tabel 3.2. Indikator penentuan suhu, pH dan waktu ekstraksi terbaik adalah yield minyak yang diperoleh.

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan CCD

Percobaan	Suhu (°C)	pH	Waktu (Jam)	Yield (%)
1	45	6	36	
2	65	6	36	
3	45	8,5	36	
4	65	8,5	36	
5	45	6	48	
6	65	6	48	
7	45	8,5	48	
8	65	8,5	48	
9	38	7,25	42	
10	72	7,25	42	
11	55	5,2	42	
12	55	9,4	42	
13	55	7,25	31,9	
14	55	7,25	52	
15	55	7,25	42	
16	55	7,25	42	
17	55	7,25	42	
18	55	7,25	42	
19	55	7,25	42	
20	55	7,25	42	

Data ini diisi dengan hasil penelitian

- Bubur biji kelor hasil preparasi kemudian ditambahkan enzim bromelin yang telah di larutkan 0,5g dengan aquades 100 mL. Spesifikasi enzim bromelin yang digunakan dapat dilihat pada table 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi enzim bromelin

Aktivitas enzim	50.000 U/g
pH optimal	6.0-8,5
Suhu optimal	45-65 °C
Penampilan	Bubuk putih
Sumber ekstraksi	Nanas
Umur simpan enzim	2 tahun

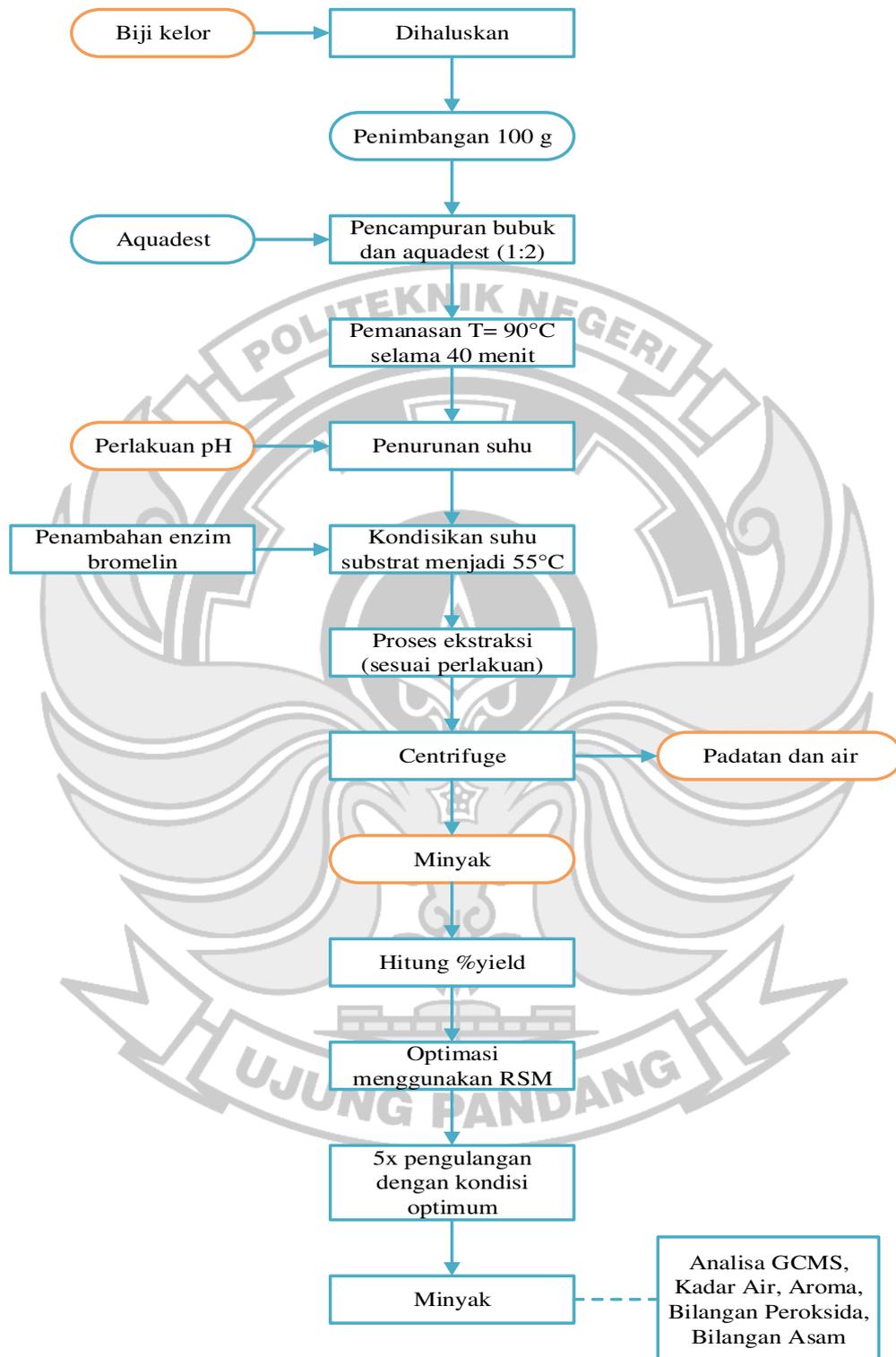
(Sumber: Nanning Pangbo Biological Engineering.,Ltd)

- Campuran diekstraksi pada suhu dan waktu ekstraksi yang telah dirumuskan perancangan RSM model CCD yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.
- Hasil ekstraksi di centrifuge untuk memisahkan ampas, air dan minyak, sehingga yield minyak dapat diketahui menggunakan Persamaan 1:

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Berat minyak (g)}}{\text{Berat tepung biji kelor (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

- Setelah mengetahui % yield yang dihasilkan dari masing-masing percobaan, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi Desain Expert V.13 untuk melakukan optimasi menggunakan metode RSM.
- Dilakukan kembali percobaan 1 sampai 5 dengan kondisi optimum yang diperoleh menggunakan metode RSM.
- Dilakukan pengujian GCMS terhadap sampel dengan kondisi optimum lalu dilakukan pengujian kualitas minyak berdasarkan SNI 3741:2013.

Diagram alir proses ekstraksi metode enzimatik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Ekstraksi Minyak Biji Kelor

3.5 Metode Analisis Minyak Biji Kelor

3.6.1 Uji Bilangan Asam (SNI 3741:2013 Lampiran A.4)

1. Hasil yield terbaik minyak biji Kelor sebanyak 5 g dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Kemudian ditambahkan etanol 96% sebanyak 50 mL dan dipanaskan pada suhu 60°C selama 10 menit sambil diaduk.
3. Setelah itu, campuran tersebut dibagi menjadi dua bagian
4. Masing-masing ditambahkan 2 tetes indikator phenoftalein dan dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N yang telah di standarisasi hingga berwarna merah jambu. (Warna merah jambu ini harus bertahan paling sedikit 15 detik).
5. Dicatat volume titran yang dibutuhkan (V mL).
6. Bilangan asam dan kadar asam lemak bebas dalam contoh dihitung dengan menggunakan Persamaan 2:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml KOH} \times N \text{ KOH} \times \text{mr KOH}}{\text{g sampel}} \quad (2)$$

3.6.2 Uji Aroma (SNI 3741:2013 Lampiran A.2)

1. Diambil contoh uji secukupnya dan letakkan di atas gelas arloji yang bersih dan kering.
2. Dicum sampel uji. Jika tercium bau khas minyak goreng, maka hasil dinyatakan “normal” dan jika tercium selain bau khas minyak goreng, maka hasil dinyatakan “tidak normal”.

3.6.3 Analisis Bilangan Peroksida (SNI 01-3555-1998)

1. Sampel hasil yield terbaik minyak biji kelor sebanyak 5 g dimasukkan kedalam gelas kimia 250 mL.
2. Setelah itu ditambahkan sekitar 30 mL campuran pelarut yang terdiri dari 60% asam asetat glasial dan 40% kloroform.
3. Selanjutnya ditambahkan 2 g KI lalu dihomogenkan.
4. Kemudian didiamkan selama 30 menit ditempat tertutup dan gelap.
5. Setelah itu ditambahkan 30 mL aquabidest.
6. Larutan tersebut kemudian dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga warna kuning hampir hilang dan dilanjutkan dengan menambahkan 0,5 mL larutan kanji 1%.
7. Dilakukan langkah 1 – 6 dengan menggunakan blanko
8. Hasilnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4:

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{V_1 - V_0 \times N \times 1000}{G} \quad (4)$$

Dimana:

V_0 = volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk blanko (mL)

V_1 = volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk sampel (mL)

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

G = berat sampel yang digunakan (g)

3.6.4 Uji Kadar Air (SNI 3741:2013 Lampiran A.3)

1. Dipanaskan cawan petri beserta tutupnya dalam oven pada suhu $(130 \pm 1)^\circ\text{C}$ selama kurang lebih 30 menit dan dinginkan dalam desikator selama 30 menit. Kemudian ditimbang dengan neraca analitik (W_0).
2. Dimasukkan 5 g sampel ke dalam cawan petri, tutup, dan ditimbang (W_1).
3. Dipanaskan cawan petri yang berisi sampel tersebut dalam keadaan terbuka dengan meletakkan tutup cawan disamping cawan petri di dalam oven pada suhu $(130 \pm 1)^\circ\text{C}$ selama 30 menit setelah suhu oven $(130 \pm 1)^\circ\text{C}$.
4. Ditutup cawan petri ketika masih di dalam oven, dan dipindahkan segera ke dalam desikator dan dinginkan selama 30 menit sehingga suhunya sama dengan suhu ruang kemudian timbang (W_2).
5. Dilakukan pekerjaan 3 dan 4 hingga diperoleh bobot tetap.
6. Dihitung kadar air dan bahan menguap dalam contoh menggunakan Persamaan 5.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (5)$$

BAB IV PEMBAHASAN

Biji kelor memiliki kandungan minyak sebesar 40% dengan komposisi asam lemak 34,7% terdiri dari asam palmitat 9,3%, asam stearat sebanyak 7,4%, asam behenat 8,6%, dan asam oleat 65,7% (Salimi *et al.*, 2019). Ekstraksi minyak dari biji kelor dimulai dengan tahap preparasi bahan baku, proses produksi minyak dan analisis produk minyak biji kelor. Proses produksi minyak dilakukan dengan cara ekstraksi metode enzimatik memanfaatkan enzim bromelin dari buah nanas. Hasil %yield minyak dipengaruhi oleh variasi suhu ekstraksi, pH dan waktu ekstraksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengaruh suhu, pH dan waktu terhadap %yield pada minyak biji kelor

Percobaan	Suhu (°C)	pH	Waktu (Jam)	Yield (%)
1	45	6	36	5,1
2	65	6	36	3,1
3	45	8,5	36	0
4	65	8,5	36	5,05
5	45	6	48	5,9
6	65	6	48	2,3
7	45	8,5	48	0
8	65	8,5	48	5,2
9	38	7,25	42	2,7
10	72	7,25	42	2,6
11	55	5,2	42	3,4
12	55	9,4	42	0
13	55	7,25	31,9	6,1
14	55	7,25	52	6,02
15	55	7,25	42	7,50
16	55	7,25	42	4,5
17	55	7,25	42	4,7
18	55	7,25	42	5,9
19	55	7,25	42	4,99
20	55	7,25	42	5,40

Berdasarkan data Tabel 4.1 dilakukan analisis optimasi kondisi minyak biji kelor menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) model Central Composite Design (CCD) untuk memprediksi hubungan antara suhu, pH, dan waktu dengan respon utama yaitu %yield minyak. Metode ini dapat menjelaskan keeratan hubungan antara variabel perlakuan dan respon utama yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang tinggi (R^2). Berdasarkan variabel pengaruh suhu ekstraksi, pH, dan waktu ekstraksi pada Tabel 4.2 dengan hasil %yield memiliki nilai R^2 sebesar 0,9132. Dengan tingginya nilai R^2 menunjukkan bahwa model CCD mampu menjelaskan dengan baik hubungan antara data prediksi dan data hasil percobaan (Mas'ud *et al.*, 2023). Analisis variabel berdasarkan metode RSM model CCD untuk %yield dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis variabel berdasarkan metode RSM model CCD untuk aktivitas %yield minyak.

Parameters	Sum of Square	dF	Mean Square	F-Value	P-Value
Model	83,19	9	9,24	11,69	0,0003
A	1,46	1	1,46	1,84	0,2045
B	10,34	1	10,34	13,09	0,0047
C	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,9925
AB	31,40	1	31,40	39,73	<0,0001
AC	0,26	1	0,26	0,3325	0,5770
BC	0,003	1	0,003	0,0036	0,9536
A ²	15,05	1	15,05	19,04	0,0014
B ²	26,27	1	26,27	33,23	0,0002
C ²	0,46	1	0,46	0,58	0,4651
Lack of fit	1,83	5	0,37	0,30	0,8924
R²			0,9132		

Keterangan :

Kode A = Suhu (°C)

Kode B = pH

Kode C = Waktu (Jam)

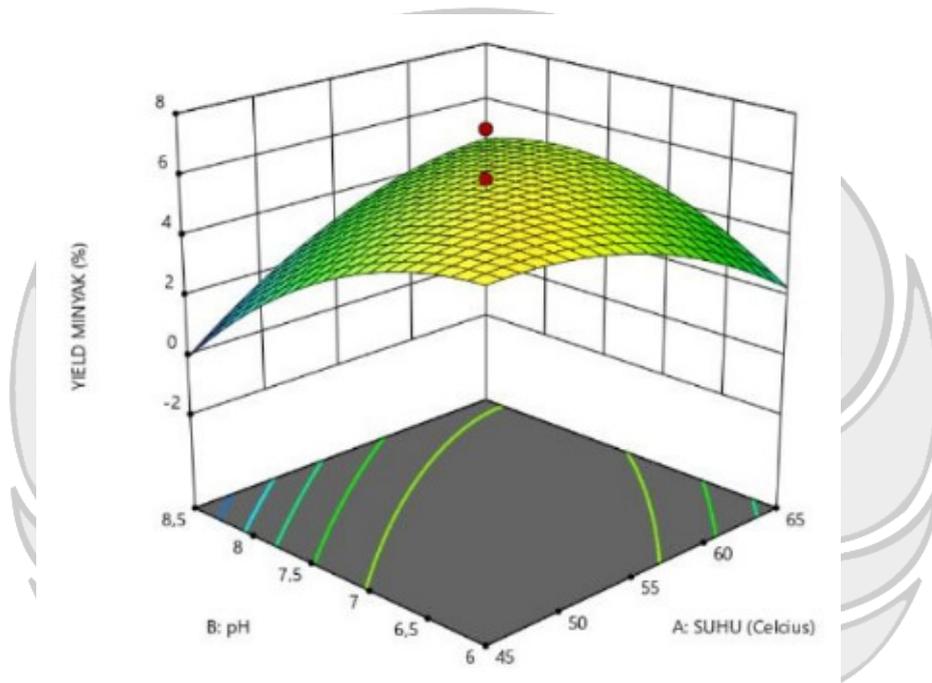
Hasil data dari 20 perlakuan menggunakan CCD menunjukkan hasil %yield minyak terbaik dengan kondisi optimum suhu= 46°C, pH= 6, dan waktu= 48 jam yaitu 6,1%. Model F-Value sebesar 11,69 dan p-Value <0,05 menunjukkan bahwa model tersebut sangat signifikan ($p < F$). Menurut Singh *et al.* (2018) pada kasus ketidaksesuaian ($p > F$), nilai p lebih besar dari 0,05 menunjukkan kegagalan model dalam menemukan titik data pada domain eksperimen.

Berdasarkan Tabel 4.2 variabel berpengaruh sangat nyata atau signifikan terhadap %yield dilihat dari nilai probabilitas yang rendah ($p < 0,10$) yaitu perlakuan linear (pH), perlakuan interaksi (Suhu dan pH) dan perlakuan kuadratik (Suhu dan pH). Perlakuan linear (Suhu) dan kuadratik (Waktu) berpengaruh terhadap %yield minyak, namun tidak signifikan karena menunjukkan nilai $p < 0,50$. Nilai $p > 0,50$ menunjukkan syarat model tidak signifikan, sehingga perlakuan linear (Waktu) dan perlakuan interaksi (Suhu dan Waktu ; pH dan Waktu) tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap hasil %yield. Hal ini sesuai dengan penelitian (Mas'ud *et al.*, 2023) bahwa waktu ekstraksi dan suhu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap rendemen minyak yang akan dihasilkan.

Lack of Fit F-value sebesar 0,30 ($F > 0,05$) menunjukkan bahwa kesalahan pengambilan data selama percobaan tidak signifikan berpengaruh terhadap hasil, hal ini menunjukkan bahwa model tersebut cocok untuk menggambarkan variabel yang diamati terhadap %yield.

Hubungan antara variabel diilustrasikan dalam 3D permukaan respons dan plot kontur 2D yang dihasilkan oleh model prediksi yang dapat dilihat pada

Gambar 4.1-4.3 untuk menentukan kondisi operasi optimal mencapai maksimum dari model yang paling sesuai. Plot ini menggambarkan dua variabel dalam rentang eksperimen dan mempertahankan variabel ketiga pada tingkat yang konstan (Mas'ud *et al.*, 2021). Hubungan pengaruh suhu dan pH pada waktu terhadap %yield dapat dilihat pada Gambar 4.1.

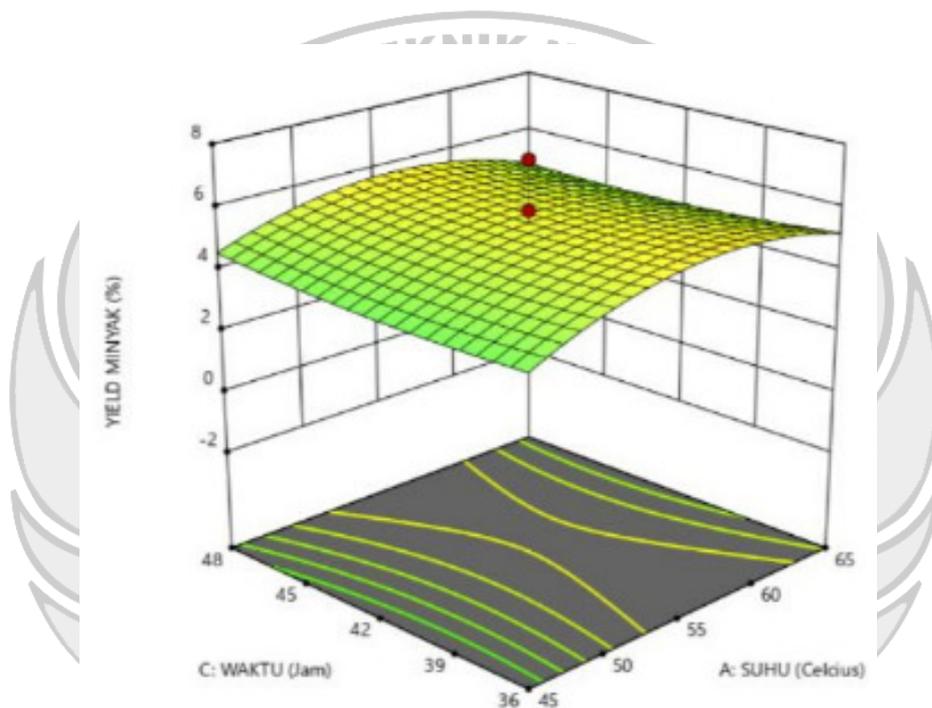


Gambar 4.1 Plot variabel Suhu dan pH pada variabel Waktu konstan

Pengaruh variabel pH lebih kuat dibandingkan pengaruh variabel suhu terhadap peningkatan %yield. Pada plot kurva 3D Gambar 4.1 terlihat bahwa kurva pH lebih cembung dibandingkan dengan kurva suhu, hal ini berarti perubahan kecil pada variabel pH sangat mempengaruhi perolehan %yield minyak biji kelor.

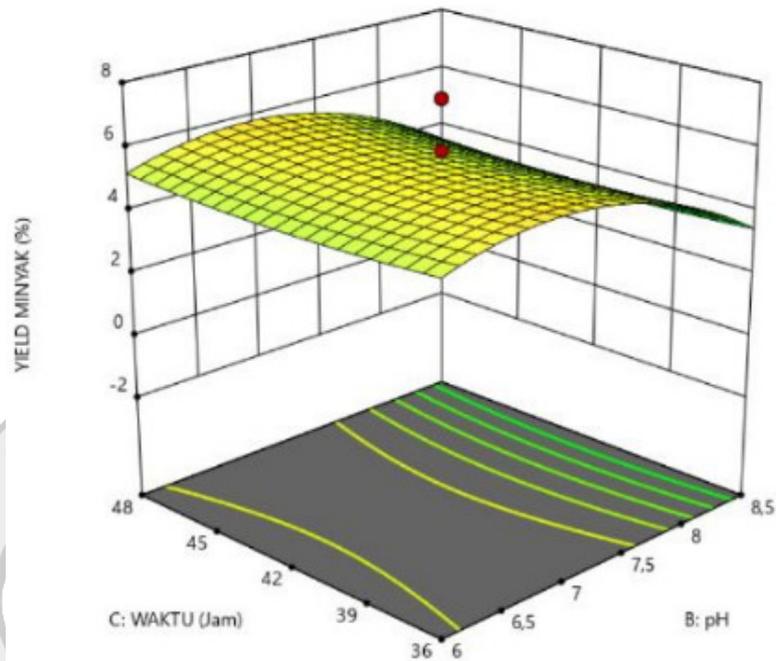
Gambar 4.2 menunjukkan plot 3D variabel suhu dan waktu pada pH yang konstan terhadap %yield. Pengaruh suhu ekstraksi lebih kuat dibandingkan pengaruh waktu ekstraksi terhadap peningkatan %yield minyak biji kelor. Mas'ud

et al. (2019) pada penelitiannya, juga menjelaskan bahwa suhu lebih signifikan berpengaruh pada proses ekstraksi dibandingkan dengan waktu ekstraksi terhadap %yield minyak. Terlihat pada plot 3D bahwa kurva di suhu lebih cembung dibandingkan kurva di waktu, artinya perubahan kecil di suhu sangat mempengaruhi perolehan %yield.



Gambar 4.2 Plot variabel Suhu dan Waktu pada variabel pH konstan

Plot 3D yang sesuai untuk menjelaskan pengaruh variabel pH dan waktu terhadap %yield dengan variabel suhu konstan ditunjukkan pada Gambar 4.3. pengaruh variabel pH sangat kuat dibandingkan variabel waktu pada perolehan %yield.



Gambar 4.3 Plot variabel pH dan Waktu pada variabel Suhu konstan

Berdasarkan prediksi pengaruh variabel yang diilustrasikan dalam 3D permukaan respons dan plot kontur 2D, pengaruh variabel suhu, pH, dan waktu juga dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai koefisien estimasi variabel

Parameters	Coefficient Estimate	df	Standar Error	VIF
Intercept	5,50	1	0,3628	
A	0,3251	1	0,2395	1
B	-0,8621	1	0,2383	1
C	0,0023	1	0,2410	1
AB	1,98	1	0,3143	1
AC	-0,1813	1	0,3143	1
BC	0,0187	1	0,3143	1
A ²	-1,01	1	0,2304	1,02
B ²	-1,30	1	0,2260	1,02

C^2	0,1793	1	0,2360	1,02
-------	--------	---	--------	------

Nilai koefisien estimasi aktual variabel pH lebih tinggi dibandingkan variabel suhu dan waktu. Nilai koefisien estimasi pH (0,8621) lebih besar dibandingkan variabel suhu (0,3251), sementara koefisien variabel suhu lebih besar dibandingkan variabel waktu (0,0023). Hal ini juga dibuktikan dengan ilustrasi hubungan antara variabel suhu, pH dan waktu pada Gambar 4.1 dan 4.3 bahwa perubahan pH sangat berpengaruh kuat dan akan berdampak pada %yield minyak.

Setelah memperoleh hasil aplikasi RSM pemodelan %yield terbaik minyak biji kelor pada kondisi optimum, maka dilakukan 5 kali ulangan percobaan dengan kondisi variabel yang optimum yaitu Suhu= 46°C, pH=6 dan Waktu=48 jam. Diperoleh nilai %yield rata-rata hasil percobaan yaitu 5,8% mendekati nilai sebenarnya dari pemodelan. Hasil percobaan kemudian dianalisis melalui beberapa parameter.

Hasil uji sifat minyak biji kelor berdasarkan SNI 3741:2013 untuk standar mutu minyak goreng dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data hasil analisis sampel

Metode	Bilangan asam (mg KOH/g)	Bilangan peroksida (Mek O ₂ /kg)	Aroma	Kadar air (%)
Enzimatis	14,1876	2,9794	normal	0,08
Standar SNI	Maks 0,6	Maks 10	normal	0,15

Penentuan kualitas minyak dapat diukur berdasarkan bilangan asam, bilangan peroksida (tingkat ketengikan) dan kadar air. Penentuan sifat fisik dari

minyak dapat dianalisis dengan mengecek aroma dari minyak biji kelor berdasarkan SNI 3741:2013.

4.1 Bilangan Asam

Berdasarkan laporan Lika *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa bilangan asam dipergunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak. Dari data yang diperoleh diketahui bahan sampel A mengandung bilangan asam yang tinggi yaitu sebesar 0,3927 mg KOH/g. Hal ini berarti jumlah bilangan asam lemak bebas pada sampel A juga besar. Asam lemak sendiri di definisikan sebagai asam lemak yang lepas dari gliserol. Asam lemak bebas didalam minyak goreng merupakan asam lemak berantai panjang yang tidak teresterifikasi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bilangan asam yang diperoleh yaitu 14,1876 mg KOH/g, nilai tersebut jauh dari standar SNI 3741:2013 minyak goreng komersial yaitu 0,6 mg KOH/g. Menurut laporan Manurung *et al.* (2018) yang menyebabkan perbedaan bilangan asam dari sampel minyak sawit goreng kemasan dan curah adalah penyimpanan yang salah, contoh seperti kondisi kelembapan yang tinggi atau suhu yang tinggi. Selanjut penyimpanan yang salah dapat mempercepat proses hidrolisis.

4.2 Bilangan peroksida

Bilangan peroksida merupakan indikator jumlah lemak atau minyak yang telah teroksidasi. Nilai peroksida sangat penting untuk menentukan tingkat oksidasi minyak. Minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh dapat teroksidasi oleh oksigen yang menghasilkan senyawa peroksida. Salah satu

parameter penurunan kualitas minyak adalah bilangan peroksida (Lawa, 2018). Pengukuran angka peroksida pada dasarnya adalah mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi lemak.

Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi, namun pada angka yang lebih rendah bukan selalu berarti menunjukkan kondisi oksidasi yang masih dini (Genisa, 2013). Pada proses penentuan bilangan peroksida dari minyak yang dihasilkan melalui metode enzimatik diperoleh nilai bilangan peroksida sebesar 2,9794 meq/kg. Jika dilihat berdasarkan SNI 3741:2013 minyak goreng komersial maka nilai peroksida dari minyak biji kelor yang dihasilkan melalui metode enzimatik memenuhi standar.

4.3 Kadar air

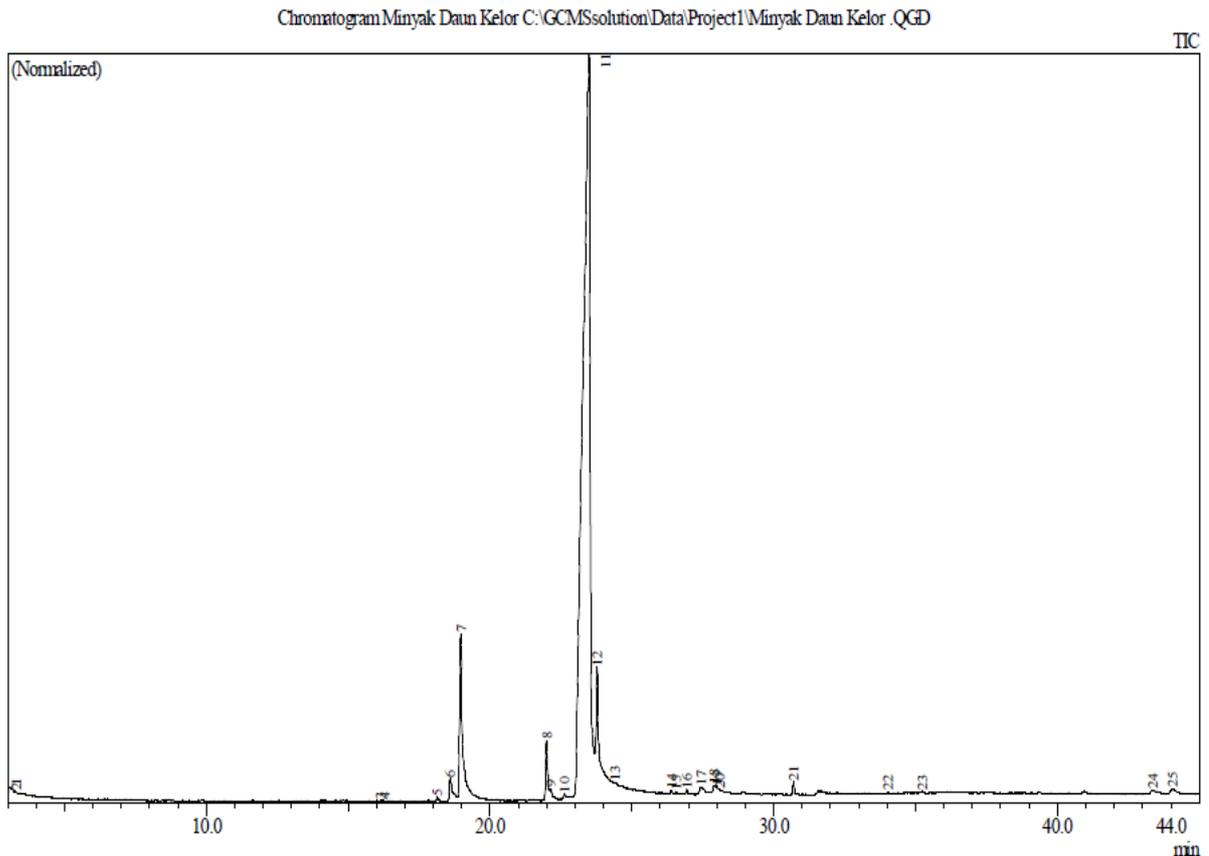
Kandungan air yang tinggi dalam minyak dapat menurunkan kualitasnya, karena kadar air dalam minyak mempengaruhi mutu minyak yang dihasilkan dan dapat mempercepat proses hidrolisis pada minyak (Damin *et al.*, 2017). Berdasarkan jurnal (Lawa, 2018), analisis kadar air dengan metode soxhletasi menghasilkan 1%, sedangkan metode pemerasan menghasilkan 0,5%. Dalam hasil penelitian ini, kadar air yang dianalisis menunjukkan nilai 0,08%, yang memenuhi standar baku mutu SNI 3741:2013 untuk minyak goreng komersial sebesar 0,15%.

4.4 Uji aroma

Karakteristik fisik minyak biji kelor diamati terhadap keadaan aroma atau bau yang dihasilkan. Hasil karakteristik minyak sudah sesuai dengan SNI 3741:2013 minyak goreng komersial diperoleh aroma khas minyak dan tidak berbau tengik. Hal ini juga dibuktikan dengan rendahnya nilai kadar air yang

dihasilkan. Kadar air merupakan penentu kerusakan minyak utama, karena dengan adanya air lebih mudah mengalami proses hidrolisis, yang mengakibatkan minyak menjadi bau tengik.

4.5 Hasil analisis GC-MS



Gambar 4.4 Gambar grafik chromatogram minyak biji kelor

Berdasarkan hasil analisis GC-MS pada sampel minyak biji kelor terdapat 25 peak terdeteksi yang mewakili 5 komponen senyawa pada kromatogram yang dapat dilihat pada lampiran 2 Tabel 1. Dari 5 komponen senyawa, diperoleh 3 senyawa utama dengan nilai persen area yang tergolong tinggi yaitu 9-Octadecenoic Acid, (E)- (asam elaidat/asam oleat dalam bentuk trans/ trans-9-

octadecenoic acid) sebesar 79,98%, n-hexadecanoic acid (asam palmitat) sebesar 7,61%, dan Octadecanoic Acid (asam stearate) sebesar 6,22%.

Pada Gambar 4.4 komponen tertinggi berada pada peak 11 yaitu 9-octadecenoic acid, (E)- dengan konsentrasi 79,98%. Berdasarkan laporan Ma'arif *et al.* (2016) bahwa manfaat dari 9-octadecenoic acid (E)- atau nama lainnya trans-9-Octadecanoic acid, yaitu meningkatkan aktivitas protein transfer kolesterol plasma yang menurunkan kolesterol HDL, tetapi berdasarkan laporan Maulana (2013) yang didapatkan bahwa senyawa trans-9-Octadecenoic acid merupakan asam lemak trans (trans Fatty Acid/*t*FA) yang diketahui bahwa dapat memberikan dampak buruk bagi tubuh manusia. Trans Fatty Acid dapat meningkatkan resiko penyakit jantung karena meningkatkan Low Density Lipoprotein (LDL) alias kolesterol jahat yang menyumbat pembuluh darah di jantung dan menurunkan High Density Lipoprotein (HDL) (whoindonesia, 2024).

Pada penelitian Maulana (2013) yang menyatakan bahwa minyak limbah mengandung trans-9-Octadecenoic Acid sebelum proses netralisasi yaitu sebesar 47,89% dan berdasarkan hasil netralisasi kandungan trans-9-Octadecenoic Acid sebesar 26,8%. Kandungan tersebut menjadikan minyak belum layak digunakan sebagai pakan ternak. Maka dari itu minyak biji kelor sebaiknya tidak dianjurkan untuk dikonsumsi dan lebih aman digunakan sebagai bahan baku non pangan dan non pakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. pH optimum proses ekstraksi minyak biji kelor yang diperoleh yaitu pH 6.
2. Suhu optimum proses ekstraksi minyak biji kelor yang diperoleh yaitu 46 °C.
3. Waktu ekstraksi optimum proses ekstraksi minyak biji kelor yang diperoleh yaitu 48 jam.
4. Kualitas minyak biji kelor kondisi optimum yang dihasilkan dengan parameter bilangan peroksida, kadar air dan aroma sesuai dengan kualitas minyak goreng komersial berdasarkan standar SNI 3741:2013, sedangkan minyak bilangan asam yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar SNI 3741:2013.

5.2 Saran

1. Minyak biji kelor yang dihasilkan tidak disarankan untuk dikonsumsi oleh manusia maupun dijadikan pakan hewan karena mengandung senyawa asam lemak trans yang tidak sehat untuk jantung.
2. Dilakukan penelitian lanjutan untuk membuat produk non pangan dari bahan baku minyak biji kelor.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S., Ramdhan, T., & Yanis, M. (2015). Kandungan nutrisi dan sifat fungsional tanaman kelor (*Moringa oleifera*). *Buletin pertanian perkotaan*, 5(2), 35–44.
- Animah, S. (2018). *Optimasi Proses Ekstraksi Minyak Biji Alpukat (Persea Americana Mill) Menggunakan Metode Soxhlet*. Universitas Brawijaya.
- BSN. (2013). Standardisasi Nasional Indonesia Minyak Goreng. *Sni-3741-2013*, 1–27.
- Damin, S. H., Alam, N., & Sarro, D. (2017). Karakteristik Virgin Coconut Oil (VCO) Yang Di Panen Pada Berbagai Ketinggian Tempat Tumbuh. *AGROTEKBIS: JURNAL ILMU PERTANIAN (e-journal)*, 5(4), 431–440.
- Dising, J., & Pasau, P. (2021). Karakteristik Fisikokimia Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.). *Partner*, 26(1), 1491–1500.
- Dising, J., & Pasau, P. (2022). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Dalam Ekstrak Biji Kelor (*Moringa Oleifera* L) Yang Berpotensi Sebagai Antioksidan. *Partner*, 27(1), 1700–1709.
- Dzakwan, M. (2019). Nanoenkapsulasi Minyak Biji Kelor. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 2(2), 84–92. <https://doi.org/10.29313/jiff.v2i2.4660>
- Fajri, M., & Daru, Y. (2022). Pengaruh Rasio Volume Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Perolehan Minyak Biji Kelor. *agriTECH*, 42(2), 123. <https://doi.org/10.22146/agritech.59062>
- Febrianto, A. N. (2006). Ekstraksi Minyak Kelapa Menggunakan Enzim Bromelin dari Buah Nanas. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 5(1), 389–394.
- Genisa, J. (2013). *Teknologi minyak dan lemak pangan*. Makassar (ID): Masagena Press.
- Gunarsih, H. P., Widjaja, I. N. K., & Larasanty, L. P. F. (2014). Analisis Kuantitatif Asam Oleat Dan Linoleat Virgin Coconut Oil (Vco) Yang Dibuat Dengan Variasi Rasio Sari Buah Nanas (*Ananas Comosus* L.) Dan Krim Santan Kelapa. *Jurnal Farmasi Udayana*, 3(2), 279878.
- Herdyastuti, N. (2006). Isolasi dan karakterisasi ekstrak kasar enzim bromelin dari batang nanas (*Ananas comosus* L. merr). *Berkala Penelitian Hayati*, 12(1), 75–77.

- Ilyas, N. M. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Enzim Bromelain dari Bonggol dan Daging Buah Nanas (*Ananas comosus*). *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 21(2), 133. <https://doi.org/10.35580/chemica.v21i2.17983>
- Ishak, I., Aji, A., & Israwati, I. (2019). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Berat Bonggol Nanas Pada Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 57–68.
- Kumaunang, M., & Kamu, V. (2011). Aktivitas enzim bromelin dari ekstrak kulit nenas (*Ananas comosus*). *Jurnal ilmiah sains*, 11(2), 198–201.
- Lawa, Y. (2018). *Uji Minyak Biji Kelor (Moringa Oleifera L.) Organik Asal Ntt Sebagai Kandidat Minyak Goreng*.
- Lika, L. C. R., Luhtansa, S. S., Blaon, S. B., & Panjaitan, R. S. (2022). Perbandingan Bilangan Asam Pada Sampel Minyak Goreng Kemasan Dan Curah (Comparison of Acid Numbers in Bulk and Packaged Cooking Oil Samples). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Research*, 2(2), 22–26. www.jurnal.umsb.ac.id/index.php/IJPR
- Ma'arif, B., Agil, M., & Laswati P, H. (2016). Phytochemical assessment on n-hexane extract and fractions of *Marsilea crenata* Presl. leaves through GC-MS. *Majalah Obat Tradisional*, 21(2), 77–85.
- Manurung, M., Suaniti, N. M., & Putra, K. G. D. (2018). Perubahan kualitas minyak goreng akibat lamanya pemanasan. *Jurnal Kimia*, 12(1), 59–64.
- Mas'ud, F., Bangngalino, H., Yusuf, M., Suhardi, S., & Sayuti, M. (2023). Rice bran oil extraction by ethanol: optimization of γ -oryzanol and polyphenol. *Food Research*, 7(2), 289–296. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(2\).011](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(2).011)
- Mas'Ud, F., Fajar, Bangngalino, H., Indriati, S., Todingbua, A., Suhardi, & Sayuti, M. (2019). Model development to enhance the solvent extraction of rice bran oil. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 26(6). <https://doi.org/10.1051/ocl/2019009>
- Mas'ud, F., Indriati, S., Todingbua, A., Rifai, A., & Sayuti, M. (2021). Mango seed kernel oil extraction with ethanol: Optimization of oil yield and polyphenol. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 27(3), 207–214.
- Masniar, M., Muchlisin, Z. A., & Karina, S. (2016). Pengaruh Penambahan Ekstrak Batang Nanas PadaPakan Terhadap Laju Pertumbuhan dan Daya Cerna Protein Pakan Ikan Betok (*Anabas testudineus*). *J. Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), 35–45.

- Maulana, I. T. (2013). *Pemisahan Asam Elaidat (Trans-9-Octadecenoat Acid) dan Asam Lemak Jenuh Serta Peningkatan Kandungan EPA dan DHA dari Minyak Limbah Perusahaan Pengolahan Ikan. October 2013.* <https://www.researchgate.net/publication/316698099>
- Nainggolan, K. N. (2023). Ekstraksi Enzimatik Kitin dan Kitosan dari Limbah Udang. *MANFISH JOURNAL*, 4(1), 50–71.
- Nasir, S., Soraya, D. F., & Pratiwi, D. (2010). Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Untuk Pembuatan Bahan Bakar Nabati. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(3), 29–34.
- Noviyanti, N., Dastriana, F., & Wijayanti., E. D. (2019). Viabilitas Bakteri Asam Laktat Pada Yoghurt Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Dan Lidah Buaya (*Aloe vera*). *Poltekkes*, 14. [http://repository.poltekkes-denpasar.ac.id/1214/2/BAB II.pdf](http://repository.poltekkes-denpasar.ac.id/1214/2/BAB%20II.pdf)
- Perina, I., Satiruiani, S., Soetaredjo, F. E., & Hindarso, H. (2007). Ekstraksi Pektin dari Berbagai Macam Kulit Jeruk. *Widya Teknik*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.33508/wt.v6i1.1227>
- Putra, A. R. P. (2012). Optimasi Produksi Lipase Dengan Variasi Konsentrasi Substrat Dan Suhu Melalui Fermentasi Rendam *Rhodotorula Mucilaginosa* (Yuicc422) Menggunakan Respon Surface Methodology. *Jurnal Teknologi Bioproses*, 8(1), 41–46.
- Putri, R. D. (2023). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Nanas (*Ananas comosus*) pada pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) secara enzimatis. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 1(2).
- Sakinah, N., Prangdimurti, E., & Palupi, N. S. (2019). Kandungan Gizi Dan Mutu Protein Tepung Biji Kelor Terfermentasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(2), 152–160. <https://doi.org/10.6066/jtip.2019.30.2.152>
- Salimi, Y. K., Ischak, N. I., & Ibrahim, Y. (2019). Karakterisasi asam lemak hasil hidrolisis pada minyak biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan metode kromatografi gas-spektroskopi massa. *Jambura Journal of Chemistry*, 1(1), 6–14.
- Singh, V., Belova, L., Singh, B., & Sharma, Y. C. (2018). Biodiesel production using a novel heterogeneous catalyst, magnesium zirconate ($Mg_2Zr_5O_{12}$): Process optimization through response surface methodology (RSM). *Energy Conversion and Management*, 174, 198–207.

- Taiwo Olagbemide, P., & Alikwe, P. C. N. (2015). Proximate Analysis and Chemical Composition of Raw and Defatted Moringa oleifera Kernel Ecotoxicological Assessment of fish in aquatic environment View project Project View project. *Advances in Life Science and Technology*, 24(January 2014), 92–100. <https://www.researchgate.net/publication/280564649>
- Tyler, A. I. I., Greenfield, J. L., Seddon, J. M., Brooks, N. J., & Purushothaman, S. (2019). Coupling phase behavior of fatty acid containing membranes to membrane bio-mechanics. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 7(SEP), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fcell.2019.00187>
- Ulviyadipura, C., J. H. & P. (2017). Pengaruh Penambahan Ekstrak Buah Nanas pada Pakan Buatan Terhadap Tingkat Pemanfaatan Pakan, Pertumbuhan, dan Kelulushidupan Benih Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*). *PENA Akuatika*, 16(1), 1–21.
- whoindonesia. (2024). *Mengenal Lemak Trans dan Bahayanya*. whoindonesia. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/indonesia/tfa-infographics---id.pdf>
- Widyanastuti, N. A., & Susilo, B. (2013). Studi Ekstraksi Hydraulic Press Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Dengan Variasi Perlakuan Panas. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(2), 48–55.
- Wirajana, I., Laksmiwati, J., & Bogoriani, N. (2019). *Suhu Dan Waktu Optimum Proses Ekstraksi Antosianin Dalam Ubi Jalar Ungu (Ipomoea Batatas L.) Dengan A-L-Arabinofuranosidase*. 13(2), 88–94.
- Wuryanti, W. (2004). Isolasi dan Penentuan Aktivitas Spesifik Enzim Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas comosus L.*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 7(3), 78–82. <https://doi.org/10.14710/jksa.7.3.78-82>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

- Persen yield $= \frac{\text{berat minyak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$

- Perhitungan :

Untuk percobaan 1 pH 6, suhu 45 °C dan waktu 36 jam

Berat botol (gram) = 6,7090 gram

Berat botol+minyak = 11,8270 gram

Berat produk = 11,8270 - 6,7090 g = 5,118 g

% Yield $= \frac{5,118 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100\%$
 $= 5,1\%$

Untuk keseluruhan hasil perhitungan %yield dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

percobaan	Variasi			Berat awal sampel (gram)	Berat botol (gram)	Berat botol + minyak (gram)	Berat akhir produk (gram)	Yield (%)
	Suhu	Suhu (°C)	Waktu (jam)					
1	45	6	36	100	6,7090	11,8270	5,118	5,1
2	65	6	36	100	6,7541	9,8533	3,0992	3,1
3	45	8,5	36	100	0	0	0	0
4	65	8,5	36	100	6,6923	11,7373	5,045	5,05
5	45	6	48	100	6,7871	12,7435	5,9564	5,9
6	65	6	48	100	6,2054	6,9541	2,2513	2,3
7	45	8,5	48	100	0	0	0	0
8	65	8,5	48	100	6,6911	11,9342	5,2431	5,2
9	38	7,25	42	100	6,6639	9,3384	2,6745	2,7
10	72	7,25	42	100	6,8594	9,4114	2,552	2,6
11	55	5,2	42	100	6,6331	9,9872	3,3541	3,4
12	55	9,4	42	100	0	0	0	0
13	55	7,25	31,9	100	6,9243	13,0580	6,1337	6,1
14	55	7,25	52	100	6,7934	12,8162	6,0228	6,02
15	55	7,25	42	100	6,9036	14,4079	7,5043	7,50
16	55	7,25	42	100	6,7711	11,3059	4,5348	4,5
17	55	7,25	42	100	6,7867	11,5244	4,7377	4,7
18	55	7,25	42	100	6,7808	12,6791	5,8983	5,9
19	55	7,25	42	100	6,7950	11,7757	4,9907	4,99
20	55	7,25	42	100	6,7853	12,1662	5,4009	5,40

Perhitungan Running 5x Pengulangan Dengan Perlakuan Terbaik Berdasarkan Aplikasi Rsm

- Persen yield $= \frac{\text{berat minyak}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$
- Untuk perlakuan terbaik menurut RSM suhu 46 °C, pH 6, waktu ekstraksi 48 jam
- BWK = 6,8136 gram
- BWK+zat = 12,9657 gram
- Berat produk = 12,9657 g – 6,8136 g = 6,1522 gram
- % yield $= \frac{6,1522 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100\% = 6,2\%$

Untuk keseluruhan hasil perhitungan % yield dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

percobaan	Variasi			Berat awal sampel (gram)	Berat botol (gram)	Berat botol + minyak (gram)	Berat akhir produk (gram)	Yield (%)
	Suhu	Suhu (°C)	Waktu (jam)					
1	46	6	48	100	6,8136	12,9657	6,1522	6,2
2	46	6	48	100	6,7355	12,5526	5,8171	5,8
3	46	6	48	100	6,6729	12,8975	6,2246	6,2
4	46	6	48	100	6,7084	12,6392	5,9308	5,9
5	46	6	48	100	6,8275	11,9064	5,1222	5,1
Nilai rata-rata %yield dari 5x pengulangan perlakuan terbaik								5,84

Berdasarkan hasil pengulangan running sebanyak 5x didapatkan nilai rata-rata %yield sebanyak 5,84% yang dimana nilai tersebut mendekati nilai % yield terbaik berdasarkan formula yang disarankan oleh aplikasi RSM sebanyak 6,062%.

Perhitungan Analisis Minyak Biji Kelor Dengan Perlakuan Terbaik :

➤ **Bilangan Asam**

- Berat sampel 1 = 5,0904 g
- Berat sampel duplo = 5,0731 g
- Indikator PP 3 tetes
- Volume titrasi KOH sampel 1 = 13,2 ml
- Volume titrasi KOH duplo = 12,5 ml

$$\begin{aligned} \text{Bilangan asam (mg KOH/g)} &= \frac{\text{ml KOH} \times N \text{ KOH} \times \text{mr KOH}}{\text{g sampel}} \\ &= \frac{13,2 \text{ ml} \times 0,1 N \times 56,11 \text{ mg/mol}}{5,0904 \text{ g}} \\ &= 14,5499 \text{ mg KOH/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Duplo} &= \frac{12,5 \text{ ml} \times 0,1 N \times 56,11 \text{ mg/mol}}{5,0731 \text{ g}} \\ &= 13,8253 \text{ mg KOH/g} \end{aligned}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{sampel 1} + \text{duplo}}{2} = \frac{14,5499 + 13,8253}{2} = 14,1876 \text{ mg KOH/g}$$

➤ **Bilangan peroksida**

$$\text{➤ Jumlah peroksida (Mek O}_2\text{/Kg)} = \frac{V_1 - V_0 \times N \times 1000}{G}$$

Keterangan:

V_0 = volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk blanko (mL)

A = volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

G = berat sampel yang digunakan (gr)

Perhitungan :

- Berat sampel 1 = 5,0554 g

- Berat duplo = 5,0243 g

- 3x pipet larutan kanji

- Volume titrasi sampel 1 = 0,2 ml

- Volume titrasi duplo = 0,3 ml

- Volume titrasi blanko = 0,1 ml

$$\text{Bilangan peroksida sampel 1} = \frac{(0,2 \text{ ml} - 0,1) \times 0,1 N \times 1000}{5,0554 \text{ g}}$$

$$= 1,9781 \text{ mek O}_2\text{/kg}$$

$$\text{Bilangan peroksida duplo} = \frac{(0,3 \text{ ml} - 0,1 \text{ ml}) \times 0,1 N \times 1000}{5,0243 \text{ g}}$$

$$= 3,9807 \text{ mek O}_2\text{/kg}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{sampel 1} + \text{duplo}}{2} = \frac{1,9781 + 3,9807}{2} = 2,9794 \text{ mek O}_2\text{/kg}$$

➤ **Kadar air**

$$\text{Kadar air dan bahan yang menguap (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = bobot cawan petri kosong (gr)

W_1 = bobot cawan petri + sampel (gr)

W_2 = bobot cawan petri + sampel konstan (gr)

- Sampel 1 (W_1) = 44,1913 g
- Duplo (W_1) = 47,7742 g
- W_2 sampel 1 = 44,1868 g
- W_2 duplo = 47,7701 g
- W_0 sampel 1 = 39,1856 g
- W_0 duplo = 42,7728 g

$$\text{Perhitungan kadar air sampel 1} = \frac{44,1913 - 44,1868}{44,1913 - 39,1856} \times 100\% = \frac{0,0045}{5,0057} = 0,09$$

$$\text{kadar air sampel duplo} = \frac{47,7742 - 47,7701}{47,7742 - 42,7728} \times 100\% = \frac{0,0041}{5,0014} = 0,08$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{sampel 1} + \text{duplo}}{2} = \frac{0,09 + 0,08}{2} = 0,08\%$$

➤ **Aroma**

Bau minyak biji kelor normal pada umumnya, tidak ada bau ketengikan.

Peak#	R.Time	Area	Area%	A/H	Name
1	3.036	918843	0,59	8,73	Chloroform
2	3.275	273853	0,18	6,83	Methyl 1-Ethenyl-1-methylpropyl
3	16.135	71909	0,05	9,15	Tetradecanoic acid
4	16.292	60556	0,04	8,17	1-Isopropyl-4methyl-7,12-dithia-spiro[5,6]dodecane
5	18.141	183161	0,12	5,17	Hexadecanoic acid, methyl ester
6	18.590	1700002	1,10	8,27	Palmitoleic acid
7	18.974	11796221	7,61	7,54	n-Hexadecanoic acid
8	21.992	2515695	1,62	4,49	9-OCADECANOIC ACID, METHYL ESTER
9	22.135	552981	0,36	5,41	9-Octadecanoic acid, methyl ester (CAS)
10	22.624	177523	0,11	4,35	Methyl stearate
11	23.494	123987475	79,98	17,77	9-Octadecanoic acid, (E)-
12	23.775	9648408	6,22	8,27	OCTADECANOIC ACID
13	24.392	209158	0,13	6,60	1,4-Cyclohexanedimethanol (CAS)
14	26.397	103576	0,07	3,61	Cis-13-Eicosenoic acid, methyl ester
15	26.563	83498	0,05	3,84	2-Nonadecanone
16	26.940	175364	0,11	3,68	Eicosanoic acid, methyl ester (CAS)
17	27.446	497531	0,32	9,26	Erucic acid
18	27.896	459193	0,30	6,75	Eicosanoic acid
19	28.000	245581	0,16	4,98	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-octyl-, methyl ester, trans-
20	28.100	115843	0,07	4,15	OXECAN-2-ONE
21	30.703	455056	0,29	3,73	Methyl 20-methyl-heneicosanoate
22	34.028	57076	0,04	3,28	Tetracosanoic acid, methyl ester
23	35.238	55510	0,04	3,71	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl-, (all-E)-
24	43.372	198493	0,13	7,28	Campesterol
25	44.063	479303	0,31	10,93	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, (3.beta.,22E)- (CAS)

Lampiran 3 Tabel Formula Rsm

Number	SUHU	pH	WAKTU	YIELD MINYAK	Desirability	
1	45,875	6,000	48,000	6,062	0,808	Selected
2	45,791	6,000	48,000	6,062	0,808	
3	45,954	6,000	48,000	6,062	0,808	
4	45,934	6,010	48,000	6,061	0,808	
5	45,655	6,000	48,000	6,061	0,808	
6	46,097	6,000	48,000	6,061	0,808	
7	46,328	6,041	48,000	6,060	0,808	
8	45,278	6,000	47,998	6,058	0,808	
9	46,481	6,082	48,000	6,057	0,808	
10	47,269	6,103	48,000	6,052	0,807	
11	47,113	6,000	48,000	6,046	0,806	
12	46,851	6,198	48,000	6,043	0,806	
13	46,075	6,151	48,000	6,042	0,806	
14	45,139	6,095	48,000	6,035	0,805	
15	47,638	6,289	48,000	6,031	0,804	
16	49,158	6,354	48,000	6,020	0,803	
17	52,532	6,656	48,000	5,924	0,790	
18	51,769	6,520	36,000	5,853	0,780	
19	51,696	6,514	36,000	5,853	0,780	
20	51,907	6,530	36,000	5,853	0,780	
21	51,820	6,534	36,000	5,853	0,780	
22	51,084	6,427	36,000	5,851	0,780	
23	51,160	6,427	36,000	5,851	0,780	
24	52,423	6,549	36,000	5,851	0,780	
25	51,766	6,605	36,000	5,847	0,780	



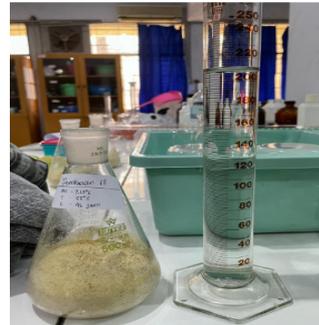
1. Persiapan Bahan Baku



1. Dilakukan penghalusan biji kelor yang kering menggunakan blender



2. Penimbangan 100 gram biji kelor



3. Penambahan aquadest 200 mL kedalam erlenmeyer



4. Pemanasan awal dengan suhu 90°C selama 40 menit



5. Dilakukan penurunan suhu pada sampel disuhu ruang lalu diatur pH.



6. Dilakukan penimbangan enzim 0,5 g lalu dilarutkan daqudest sebanyak 100 ml



7. Dikondisikan substrat pada suhu 55 °C lalu dimasukkan enzim bromelin.

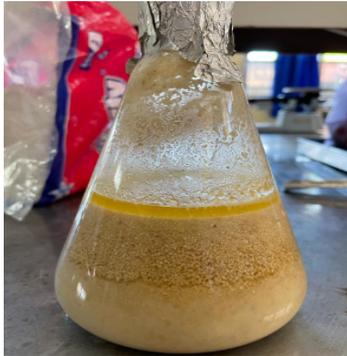


8. Suhu shaker waterbath diatur sesuai perlakuan yang telah ada.



9. Sampel didiamkan di shaker waterbath sesuai perlakuan waktu ekstraksi.

2. Proses Pemisahan Minyak



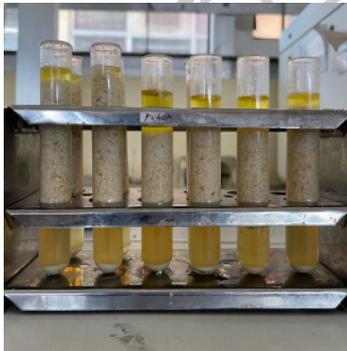
1. Hasil sampel minyak yang akan dipisahkan



2. Sampel dimasukkan kedalam tabung centrifuge dan timbang



3. Setelah sampel dalam tabung balance, dilakukan sentrifugasi



4. Hasil centrifuge akan memisahkan air padatan dan minyak

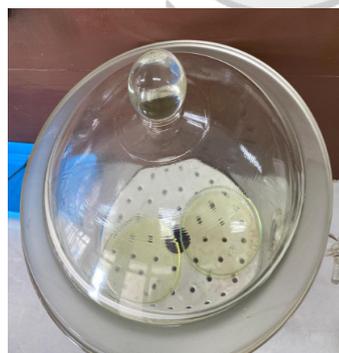


5. Ditimbang kosong botol yang akan diisi minyak



6. Minyak disimpa kedalam botol dan ditimbang

3. Analisis Kadar Air



Analisis kadar air

4. Analisis Bilangan Asam



sampel
dititrasi

Hasil
Titrasi
terjadi
perubahan
warna

5. Analisis Bilangan Peroksida



Sampel Dititrasi



Terjadi Perubahan Warna

6. Uji Aroma



Pengecekan aroma responden



Pengecekan aroma responden 2

1

