

EKSTRAKSI MINYAK BIJI KELOR DENGAN METODE ENZIMATIS
UNTUK BAHAN DASAR PEMBUATAN SABUN PADAT



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri

Jurusan Teknik Kimia

Politeknik Negeri Ujung Pandang

AMELIA NOVIANTY AZIZ 43220036
DIAH PERMATA SETIAWATY 43220045

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “**Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat**” oleh Amelia Novianty Aziz NIM 432 20 036 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



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,

Direktor
Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat** oleh Diah Permata Setiawaty NIM 432 20 045 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

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

Pembimbing II

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

Mengetahui,

Wahyu Budi Utomo,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 08 Agustus 2024, Tim Penguji Seminar Skripsi telah menerima dengan baik hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Amelia Novianty Aziz NIM 432 20 036 dengan judul **Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat.**

Makassar, 19 Agustus 2024

Tim Seminar Skripsi:

1. Drs. Herman Banggalino, M.T. Ketua (.....)
2. Dr. Nurbaeti, S.Ag., M.Pd.I. Sekretaris (.....)
3. Dra. Abigael Todingbua', M.Si. Anggota (.....)
4. Ir. Rosalin, M.Si. Anggota (.....)
5. Vilia Darma Paramita, STP., M.Food.Sc., Ph.D. Anggota (.....)
6. Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si. Anggota (.....)

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 08 Agustus 2024, Tim Penguji Seminar Skripsi telah menerima dengan baik hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Diah Permata Setiawaty NIM 432 20 045 dengan judul **Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat.**

Makassar, 19 Agustus 2024

Tim Seminar Skripsi:

1. Drs. Herman Banggalino, M.T. Ketua (.....)
2. Dr. Nurbaeti, S.Ag., M.Pd.I. Sekretaris (.....)
3. Dra. Abigael Todingbua', M.Si. Anggota (.....)
4. Ir. Rosalin, M.Si. Anggota (.....)
5. Vilia Darma Paramita, STP., M.Food.Sc., Ph.D. Anggota (.....)
6. Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si. Anggota (.....)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amelia Novianty Aziz

NIM : 432 20 036

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul "Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat" 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 naska dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, 20 Agustus 2024



Amelia Novianty Aziz
(432 20 036)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diah Permata Setiawaty

NIM : 432 20 045

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul "Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat" 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 naska dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, 20 Agustus 2024



Diah Permata Setiawaty
(432 20 045)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan nikmat dan karunia-Nya yang diberikan, berupa nikmat iman, nikmat kesehatan dan nikmat kesempatan sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Ekstraksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis untuk Bahan Dasar Pembuatan Sabun Padat” dengan baik. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai tanggal 05 bulan Maret sampai 29 Juli tahun 2024 bertempat di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, motivasi, dan bimbingan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, kami selaku penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-sebesarnya 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 Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ibu Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang sekaligus pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

4. Ibu Vilia Darma Paramita, STP., M.Food.Sc., Ph.D. selaku pembimbing I yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Tenaga pendidik dan kependidikan Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama proses perkuliahan.

Ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, nasehat, dukungan cinta, dan kasih sayang yang tiada henti serta bantuannya baik secara moril maupun materil kepada penulis dari awal hingga pada penyelesaian studi ini. Serta ucapan terima kasih kepada teman-teman Angkatan 2020 Jurusan Teknik Kimia khususnya teman-teman sekelas yang senantiasa selalu membantu dan memberikan support hingga penyelesaian laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritikan dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata semoga penyusunan skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua.

Makassar, 19 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

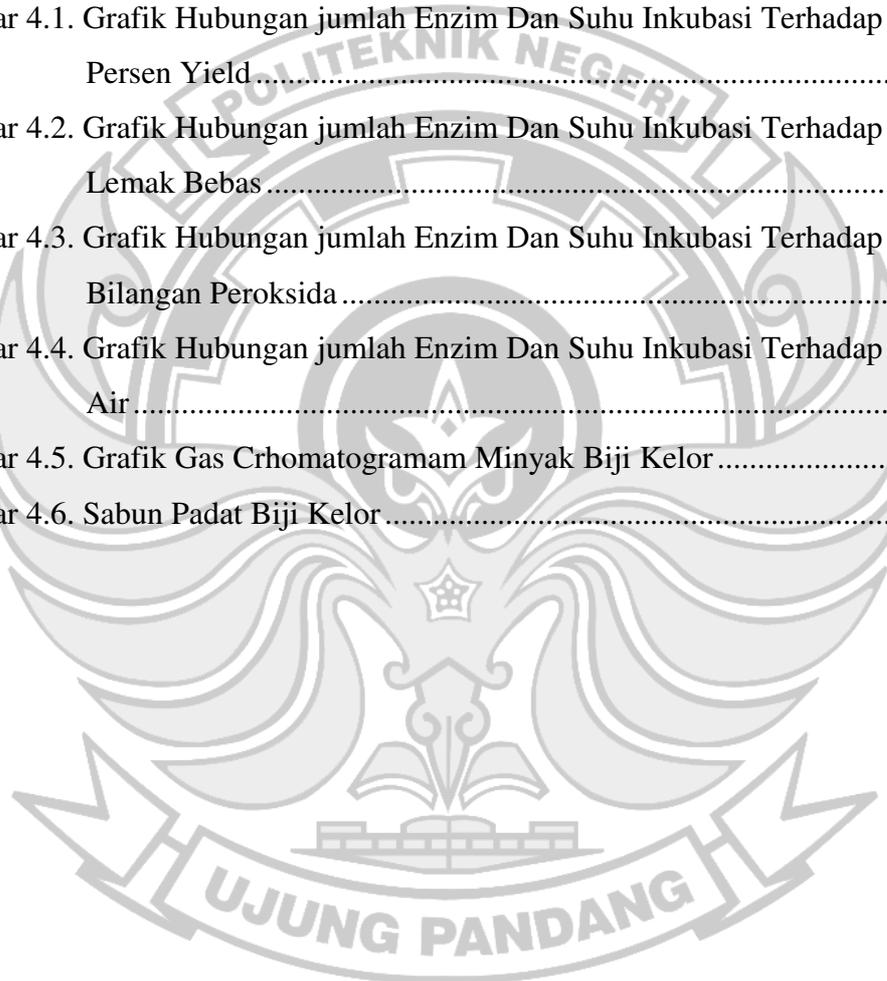
	Hal
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
RINGKASAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	3
1. 3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1. 4 Tujuan Penelitian	3
1. 5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2. 1. Minyak Biji Kelor	5
2. 1. 1 Klasifikasi Tanaman Kelor	5
2. 1. 2 Morfologi Biji Kelor	6

2. 1. 3 Kandungan Biji Kelor	7
2. 2. Minyak Biji Kelor	8
2. 3. Buah Pepaya	11
2. 3. 1 Kandungan Buah Pepaya	11
2. 3. 2 Enzim Papain	12
2. 4. Sabun	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.2 Penyediaan Alat dan Bahan	15
3. 2. 1 Alat	15
3. 2. 2 Bahan	16
3.3 Preparasi Bahan Baku (Nilna <i>et al.</i> , 2021)	16
3.4 Proses Produksi Enzim Papain (Juwita <i>et al.</i> , 2022)	16
3.5 Proses Produksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis	16
3.6 Metode Analisis	16
3. 6. 1 Penentuan Persen Yield (Ramadhanti & Santosa, 2023)	19
3. 6. 2 Uji Kadar Asam Lemak Bebas (SNI 3741:2013 Lampiran A.4)	20
3. 6. 3 Uji Organoleptik (SNI 3741:2013 Lampiran A.2)	21
3. 6. 4 Analisa Bilangan Peroksida (SNI 3741:2013 Lampiran A.5)	21
3. 6. 5 Uji Kadar Air (SNI 3741:2013 Lampiran A.3)	22
3. 7 Pembuatan Sabun Padat	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Yield (%)	25
4.2 Analisis Asam Lemak Bebas	26

4.3	Analisa Bilangan Peroksida.....	28
4.4	Analisa Kadar Air.....	31
4.5	Uji Organoleptik.....	33
4.6	Hasil Analisis GC-Ms.....	34
4.7	Pembuatan Sabun.....	36
BAB V PENUTUP.....		38
5.1.	Kesimpulan.....	38
5.2.	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....		40
LAMPIRAN I. ANALISIS PERSEN YIELD MINYAK BIJI KELOR.....		44
LAMPIRAN II. ANALISIS ASAM LEMAK BEBAS.....		46
LAMPIRAN III. ANALISIS KADAR AIR MINYAK BIJI KELOR.....		48
LAMPIRAN IV. BILANGAN PEROKSIDA MINYAK BIJI KELOR.....		50
LAMPIRAN V. DOKUMENTASI PENELITIAN.....		51
LAMPIRAN VI. HASIL UJI GC-MS MINYAK BIJI KELOR.....		59

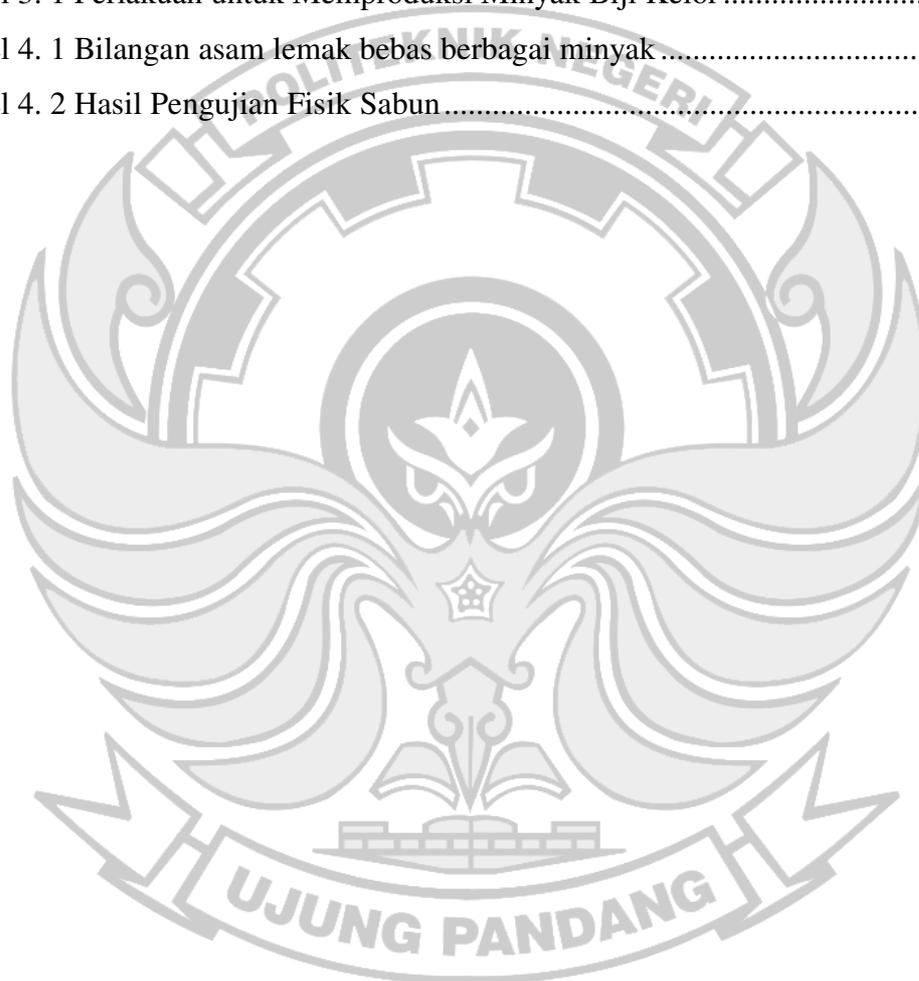
DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Tanaman Kelor (Bloom dan Reenen, 2013)	5
Gambar 2.2. Buah Kelor (Bloom dan Reenen, 2013)	7
Gambar 2.3. Biji Buah Kelor Kering (Bloom dan Reenen, 2013)	7
Gambar 3.1. Diagram Proses Produksi Enzim Papain	17
Gambar 3.2. Diagram Proses Produksi Minyak Biji Kelor	19
Gambar 4.1. Grafik Hubungan jumlah Enzim Dan Suhu Inkubasi Terhadap Persen Yield	25
Gambar 4.2. Grafik Hubungan jumlah Enzim Dan Suhu Inkubasi Terhadap Asam Lemak Bebas	26
Gambar 4.3. Grafik Hubungan jumlah Enzim Dan Suhu Inkubasi Terhadap Bilangan Peroksida	29
Gambar 4.4. Grafik Hubungan jumlah Enzim Dan Suhu Inkubasi Terhadap Kadar Air	31
Gambar 4.5. Grafik Gas Chromatogram Minyak Biji Kelor	34
Gambar 4.6. Sabun Padat Biji Kelor	34



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Biji Kelor dengan Porsi 100 gram	8
Tabel 2. 2 Komposisi Asam Lemak dalam Biji Kelor	9
Tabel 2. 3 Komposisi Kandungan dalam Biji Kelor	10
Tabel 2. 4 Standar Persyaratan Mutu Minyak Goreng (SNI 3741:2013)	11
Tabel 3. 1 Perlakuan untuk Memproduksi Minyak Biji Kelor	18
Tabel 4. 1 Bilangan asam lemak bebas berbagai minyak	27
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Fisik Sabun	36



EKSTRAKSI MINYAK BIJI KELOR DENGAN METODE ENZIMATIS UNTUK BAHAN DASAR PEMBUATAN SABUN PADAT

RINGKASAN

Minyak biji kelor merupakan salah satu produk yang dapat digunakan pada sebagai bahan dasar kosmetik, baik untuk kesehatan, minyak pangan dan minyak biodiesel. Pada umumnya minyak biji kelor di produksi dengan metode soxhletasi, pengepresan, dan ekstraksi dengan pelarut, akan tetapi menghabiskan banyak waktu dan juga biaya, sehingga dilakukan penelitian ekstraksi menggunakan metode enzimatis dengan ekstrak pepaya muda yang mudah ditemukan dilingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui suhu inkubasi dan jumlah volume ekstrak pepaya optimum dalam proses ekstraksi minyak biji kelor.

Metode proses penelitian yang digunakan ialah metode enzimatis yang memanfaatkan enzim papain dari ekstrak buah pepaya muda. Dilakukan 16 percobaan dengan variasi suhu inkubasi dan jumlah volume enzim papain yang berbeda. Analisis yang dilakukan yakni penentuan persen yield, uji kadar asam lemak bebas, uji bilangan peroksida, uji kadar air dan uji GC-MS minyak biji kelor. Pada penelitian ini biji kelor yang telah di preparasi selanjutnya diberi tambahan enzim papain dengan variasi 25, 50, 75 dan 100 mL. Selanjutnya di inkubasi pada variasi suhu 45, 50, 55 dan 60°C selama 48 jam. Hasil yang diperoleh dari inkubasi kemudian dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge*. Minyak biji kelor yang dihasilkan kemudian dianalisis sesuai dengan standar mutu minyak pangan SNI nomor 3741:2013.

Hasil persen yield terbesar minyak biji kelor yang dihasilkan adalah 9,81% pada suhu 60°C dengan jumlah volume enzim papain ekstrak pepaya sebanyak 50 mL. Hasil dari analisis asam lemak bebas yang terbaik sebesar 6,63% pada suhu 45°C dengan jumlah enzim 75 mL. Hasil analisis bilangan peroksida yang terbaik sebesar 3,94 Mek O₂/Kg pada suhu 55°C dengan jumlah enzim 100 mL. Hasil analisis kadar air terbaik pada minyak biji kelor yang dihasilkan ialah 0,010% pada suhu 60°C dengan jumlah volume enzim papain ekstrak pepaya 25 mL. Hasil uji organoleptik berupa aroma dan warna minyak biji kelor yang dihasilkan adalah memiliki aroma khas biji-bijian dengan warna minyak yang normal jernih kekuningan. Hasil GC-MS minyak biji kelor pada suhu 60°C dengan jumlah enzim papain ekstrak pepaya 50 mL memiliki 17 senyawa dengan kandungan senyawa paling tinggi yaitu *9-octadecenoic acid, (E)-* sebesar 72,29%. Dari hasil analisis yang dibandingkan dengan standar mutu SNI 3741:2013, maka rata-rata sampel belum memenuhi standar SNI. Hasil minyak biji kelor terbaik berada pada suhu 60°C dengan jumlah enzim papain ekstrak pepaya sebesar 100 mL.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelor (*Moringa Oleifera*) merupakan tumbuhan yang tumbuh di daerah tropis, khususnya Indonesia. *Moringa* tersebar di daerah dengan berbagai kondisi geogramafis alam. Kelor dapat tumbuh pada dataran rendah sampai dataran tinggi, di daerah berpasir atau sepanjang sungai (Nasir *et al.*, 2010).

Tanaman kelor menjadi salah satu jenis tanaman yang kaya akan manfaat seperti pada daun, buah serta biji kelor yang awalnya hanya merupakan tanaman pagar atau batas tanah ataupun perambat tanaman, sudah mulai berubah untuk bahan kosmetika, obat-obatan sampai ke minyak goreng dan pelumas, terutama dari daun dan bijinya. Biji kelor merupakan bagian tanaman kelor yang mengandung minyak nabati yang tinggi yang memiliki banyak manfaat (Saudale *et al.*, 2018).

Minyak biji kelor memiliki mutu gizi dan fungsional tinggi, dan juga memiliki nilai jual (harga) tinggi. minyak kelor dapat dijadikan bahan pembuatan sabun karena mengandung sterol, tocopherol dan flavonoid dengan komposisinya terdiri dari asam lemak dan asam oleat yang tinggi (Lawa, 2018). Minyak biji kelor dapat diperoleh dengan beberapa metode baik dengan cara destilasi uap, ekstraksi dengan pelarut, pengepresan dan juga ekstraksi soxhletasi, dan metode enzimatis (Dising & Pasau, 2021).

Pepaya merupakan salah satu tumbuhan tropis yang memiliki bentuk tulang daun menjari dan daging buah berwarna oranye cerah ketika matang.

Pepaya menjadi tanaman yang memiliki banyak manfaat seperti pada buah pepaya yang dapat dikonsumsi baik pepaya muda maupun yang sudah matang. Enzim papain dapat diperoleh dengan mengekstrak buah pepaya muda. Enzim papain membawa aktivitas proteolitik yang dapat memotong ikatan peptida (Juwita *et al.*, 2022).

Enzim papain adalah enzim yang terdapat pada getah atau daun pepaya yang merupakan jenis enzim proteolitik yaitu enzim yang mengkatalisa reaksi pemecahan rantai polipeptida pada protein dengan cara menghidrolisis ikatan peptidanya menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti dipeptida dan asam amino. Papain akan mengkatalisa suatu substrat melalui reaksi hidrolisis dengan pertolongan molekul air. Suhu kerja optimum papain berkisar antara 55°C-65°C dengan pH 6,5-7,0 (Suirta & Astitiasih, 2020).

Sabun merupakan produk yang dihasilkan dari reaksi antara natrium atau kalium dengan asam lemak dari minyak nabati atau lemak hewani berbentuk padat, lunak atau cair dan berbusa. Sabun dihasilkan dari proses saponifikasi yaitu hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol dalam kondisi basa (Setyowati *et al.*, 2022). Sabun menjadi salah satu macam surfaktan (bahan *surface active*), senyawa yang menurunkan tegangan permukaan air. Sifat ini menyebabkan larutan sabun dapat memasuki serat, menghilangkan dan mengusir kotoran dan minyak (Sari *et al.*, 2010).

Melihat manfaat biji kelor sebagai sumber minyak yang dapat digunakan dalam berbagai bidang. Maka perlu ekstraksi minyak biji kelor dengan metode enzimatik dan bahan dasar untuk pembuatan sabun padat.

1. 2 Rumusan Masalah

1. Apa hal yang mempengaruhi hasil minyak biji kelor yang diekstraksi dengan metode enzimatis?
2. Bagaimana pengaruh suhu inkubasi dan jumlah volume enzim yang diekstrak dari buah pepaya terhadap minyak yang dihasilkan?
3. Bagaimana kualitas minyak biji kelor yang diperoleh dengan metode enzimatis dibandingkan dengan mutu minyak pangan?
4. Bagaimana pengaruh minyak biji kelor dalam proses pembuatan sabun padat?

1. 3 Ruang Lingkup Penelitian

Ekstrak minyak biji kelor dengan metode enzimatis yang diperoleh dari ekstrak buah pepaya sebagai bahan dasar pembuatan sabun padat. Melakukan pengujian terhadap kualitas minyak biji kelor dengan uji asam lemak bebas, uji bilangan peroksida, uji kadar air, uji organoleptik dan GC-MS berdasarkan kualitas mutu minyak pangan.

1. 4 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan minyak biji kelor dengan metode enzimatis menggunakan enzim papain. Secara khusus penelitian ini bertujuan:

1. Menentukan suhu inkubasi dan jumlah volume enzim yang optimum untuk ekstraksi minyak biji kelor dengan metode enzimatis.
2. Menganalisis kualitas minyak biji kelor dengan metode enzimatis ditinjau dari SNI minyak pangan nomor 3741:2013.

3. Menganalisis komposisi senyawa di dalam minyak biji kelor dengan menggunakan instrument GC-MS.
4. Memproduksi sabun padat dengan menggunakan minyak biji kelor sebagai bahan dasar.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti:

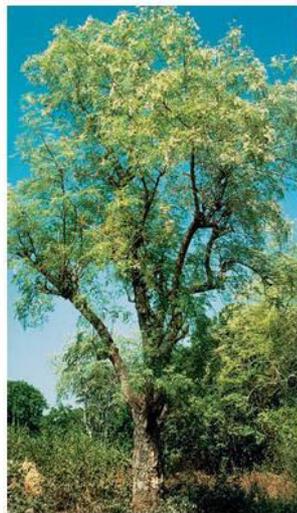
1. Memberikan informasi kepada masyarakat terutama pembaca tentang salah satu metode pembuatan minyak biji kelor yakni dengan cara penambahan enzim papain yang diperoleh dari buah pepaya.
2. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat tentang proses pembuatan sabun padat dengan menggunakan bahan baku minyak biji kelor.
3. Pemanfaatan biji kelor sebagai sumber bahan baku kosmetik baru yaitu minyak biji kelor dalam industri kecil dan menengah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Minyak Biji Kelor

2. 1. 1 Klasifikasi Tanaman Kelor

Tanaman kelor (*moringa oleifera L.*) adalah tanaman yang mudah tumbuh di negara yang beriklim tropis seperti Indonesia. Selain itu, tanaman kelor dapat tumbuh juga pada negara beriklim subtropis pada berbagai jenis tanah dan tahan terhadap kekeringan dengan toleransi selama 6 bulan. Kelor merupakan tanaman yang tergolong dalam keluarga *Moringaceae* (Khasanah *et al.*, 2023). Tanaman kelor juga dapat tumbuh pada lingkungan yang berbeda. Tanaman kelor dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25-35°C, tetapi mampu mentoleransi lingkungan dengan suhu 38°C (Zain *et al.*, 2016). Mengutip dari Bloom dan Reenen (2013) berikut gambar tanaman kelor:



Gambar 2.1. Tanaman Kelor (Bloom dan Reenen, 2013)

Tanaman kelor memiliki nilai manfaat dalam pengobatan seperti penurunan resiko penyakit jantung koroner, menurunkan kolesterol dan lain-lain,

selain itu kelor juga memiliki manfaat sebagai sumber makanan, produk kosmetik dan kecantikan, serta memiliki kemampuan sebagai bahan dasar penjernihan air (Rani Karina *et al*, 2019). Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa Oleifera L.*) adalah sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyte
- Subdivisi : Angeospermae
- Klas : Dicotyledoneae
- Ordo : Brassicales
- Familia : Moringaceae
- Genus : Moringa
- Spesies : *Moringa Oleifera Lamk*

2. 1. 2 Morfologi Biji Kelor

Biji kelor merupakan salah satu bagian dari tanaman kelor yang dapat digunakan dalam berbagai bidang. Polong kelor berbentuk segitiga dengan ukuran 20-60 cm, berwarna hijau saat muda dan akan berubah menjadi coklat. Biji kelor kering berwarna coklat kehitaman yang berbentuk bulat. Mengutip Bloom dan Reenen (2013) gambar biji buah kelor muda dan biji buah kelor tua sebagai berikut:



Gambar 2.2. Buah kelor (Bloom dan Reenen, 2013)



Gambar 2.3. Biji buah kelor kering (Bloom dan Reenen, 2013)

2. 1. 3 Kandungan Biji Kelor

Biji kelor merupakan bagian tanaman kelor yang mengandung minyak nabati yang tinggi dan memiliki banyak manfaat terutama bagian kesehatan. Biji kelor dapat dimanfaatkan sebagai obat penurun kolesterol, menurunkan risiko jantung koroner, bahan tambahan kosmetik, hingga dapat pula dimanfaatkan sebagai minyak makan dan minyak biodiesel (Zain et al., 2016).

Selain dikenal dengan sebutan di atas, kelor juga dikenal dengan sebutan ben oil (minyak kelor). Ben oil dapat diperoleh dengan mengepres sari minyak yang terkandung di dalam biji kelor, selain itu minyak biji kelor juga dapat diperoleh dengan cara mengekstrak biji kelor kering menggunakan ekstraktor soxhlet.

Mengutip Hidayat (2016) pada Tabel 2.1 mengenai komposisi kimia biji kelor adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Biji Kelor dengan Porsi 100 gram

Nama	Jumlah
Moisture (%)	86,9
Protein (gramam)	2,5
Lemak (gramam)	0,1
Serat (gramam)	4,89
Karbohidrat (gramam)	3,7
Mineral (gramam)	2
Ca (mg)	30
Mg (mg)	24
P (mg)	110
K (mg)	259
Cu (mg)	3,1
Fe (mg)	5,3
Vit A- β -karoten (mg)	0,1
Vit B-kaloin (mg)	423
Vit B1-tiamin (mg)	0,05
Vit B2-riboflavin (mg)	0,07
Vit B3-asam nikotin (mg)	0,2
Vit C- asam askorbat (mg)	120

Sumber: Hidayat (2016).

2. 2. Minyak Biji Kelor

Minyak merupakan salah satu penyusun utama tubuh hewan dan tumbuhan. Minyak yang berasal dari hewan digolongkan sebagai minyak hewani atau disebut lemak saja, sedangkan minyak dari tumbuhan digolongkan sebagai

minyak nabati dan disebut sebagai minyak. Minyak dan lemak tidak berbeda dalam bentuk umum trigliseridanya dan hanya berbeda dalam bentuk (wujud), disebut minyak jika berbentuk cair pada suhu kamar dan disebut lemak jika berbentuk padat pada suhu kamar (Salimi *et al.*, 2019).

Minyak dapat disebut sebagai triasil gliserol atau trigliserida. Asam lemak yang terkandung dalam trigliserida berpengaruh besar terhadap sifat minyak dan merupakan penentu sifat fisika kimia minyak. Lemak yang mengandung asam lemak dengan titik lebur rendah biasanya berwujud cair pada suhu kamar, dan lemak yang mengandung asam lemak bertitik lebur tinggi cenderung berwujud setengah padat pada suhu kamar. Asam-asam lemak yang terikat membentuk trigliserida merupakan asam organik berantai lurus yang biasanya merupakan atom karbon antara 16 sampai 24 atom per molekul (Salimi *et al.*, 2019).

Biji kelor mengandung minyak sebesar 40%. Minyak kelor mengandung asam lemak sebesar 34,7%. Biji kelor juga mengandung komponen karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin (Salimi *et al.*, 2019). Mengutip dari Salimi *et al.* (2019) Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 tentang komposisi asam lemak dan kandungan dalam minyak biji kelor sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Komposisi Asam Lemak dalam Biji Kelor

Asam Lemak	Jumlah (%)	Rumus Struktur
Asam Palmitat	9,3	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH
Asam Stearat	7,4	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH
Asam Behenat	8,6	CH ₃ -(CH ₂) ₂₀ -COOH
Asam Oleat	65,7	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH

Sumber: Salimi *et al.* (2019).

Tabel 2. 3 Komposisi Kandungan dalam Biji Kelor

Kandungan	Jumlah (%)
Protein	32,19
Lemak	32,40
Serat	15,87
Mineral	5,58
Air	3,11

Sumber: Fajri & Daru (2022).

Minyak biji kelor berbentuk cair pada suhu kamar dan berwarna kuning pucat. Minyak biji kelor memiliki *flavor* (cita rasa) yang mirip dengan minyak kacang. Titik lebur minyak biji kelor berada pada suhu 19,2°C. Minyak biji kelor mengandung asam oleat dan mendominasi asam lemak pada minyak biji kelor. Temperatur optimum yang kondusif untuk ekstraksi minyak biji kelor dicapai pada suhu 67,84°C, suhu ekstraksi ini berpengaruh langsung terhadap rendemen minyak (Fajri & Daru, 2022).

Minyak biji kelor dapat diproduksi melalui ekstraksi dengan pelarut, ekstraksi soxhletasi, pengepresan, dan metode enzimatik. Pada metode enzimatik digunakan tambahan enzim untuk mengikat protein yang terdapat di dalam larutan biji kelor. Enzim yang digunakan adalah enzim papain yang diperoleh dari ekstrak daun pepaya.

Standar mutu minyak biji kelor dapat merujuk pada standar mutu minyak goreng SNI 3741:2013 (Badan SNI, 2013) sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Standar Persyaratan Mutu Minyak Goreng (SNI 3741:2013)

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan:		
	1.1 Bau	-	normal
	1.2 Rasa	-	
	1.3 Warna	-	
2.	Air dan senyawa yang menguap	%	Maks. 0,2
3.	Bilangan asam	%	Maks. 0,2
4.	Bilangan Peroksida	Mek O ₂ /kg	Maks. 10
5.	Asam Lemak:		
	6.10 Asam linolenat (C18:3)	%	Maks. 2
6.	Cemaran Logam		
	8.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,1
	8.2 Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
	8.3 Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0/250,0*
	8.4 Cadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
7.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

CATATAN: - Pengambilan contoh dalam bentuk kemasan pabrik

- *dalam kemasan kaleng

Sumber: Badan SNI (2013)

2. 3. Buah Pepaya

2. 3. 1 Kandungan Buah Pepaya

Buah pepaya merupakan buah sejati tunggal, yaitu buah yang terdiri dari bunga dengan satu calon buah saja. Buah pepaya memiliki getah yang cukup banyak dan getah tersebut akan semakin hilang ketika buah telah tua (matang). Di dalam buah pepaya terdapat rongga yang berisi biji-biji kecil yang cukup banyak. Buah pepaya muncul pada bagian ketiak tangkai daun dan berwarna hijau saat masih muda, kemudia setelah tua berubah warna menjadi kuning hingga jingga.

Buah pepaya memiliki daging yang tebal dengan warna kemerahan dan rasanya manis serta berair (Mardhiah & Sabarina, 2021).

Buah pepaya termasuk buah tropis yang banyak ditanam karena selain memiliki rasa yang enak, buah pepaya juga mengandung banyak nutrisi yang baik untuk tubuh. Kandungan yang ada pada buah pepaya tersebut antara lain air, karbohidrat, kalori yang rendah, dan vitamin terutama vitamin A dan C serta mineral kalium (K) yang cukup banyak. Pada bagian buah, daun dan batang pepaya terdapat getah putih yang mengandung enzim proteolitik atau enzim pemecah protein yang disebut dengan enzim papain (Prihatini & Dewi, 2021).

2. 3. 2 Enzim Papain

Enzim adalah protein yang bertindak sebagai biokatalisator dalam reaksi kimia dalam sistem metabolisme. Dengan adanya enzim proses metabolisme dalam tubuh dapat berlangsung secara cepat. Buah pepaya termasuk buah tropis yang banyak ditanam karena selain rasanya enak juga mengandung banyak zat nutrisi yang penting bagi tubuh. Kandungan yang ada pada buah pepaya tersebut yaitu air, karbohidrat, kalori yang rendah, dan vitamin terutama vitamin A dan C serta mineral kalium (K) yang cukup banyak (Prihatini & Dewi, 2021).

Enzim papain merupakan enzim yang terdapat pada getah atau daun pepaya yang merupakan jenis enzim proteolitik yaitu enzim yang mengkatalisa reaksi pemecahan rantai polipeptida pada protein dengan cara menghidrolisis ikatan peptidanya menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti dipeptida dan asam amino. Reaksi hidrolisis ini menyebabkan sistem emulsi menjadi tidak stabil

sehingga minyak yang terikat menjadi terlepas dari sistem emulsi dan menggumpal menjadi satu (Prihatini & Dewi, 2021).

Enzim papain berbentuk serbuk hidroskopis berwarna putih keabu-abuan yang bisa larut di sebagian air dan gliserol namun tidak dapat larut dalam pelarut organik biasa. Enzim papain adalah jenis enzim yang banyak manfaatnya dalam bidang industri seperti industri farmasi, industri kosmetik, tekstil, penyamakan kulit. Pemanfaatan papain dalam bidang industri memberikan banyak keuntungan, yaitu mudah untuk mendapatkannya, tersedia dalam jumlah yang banyak, tidak memiliki sifat toksik, tidak memiliki reaksi efek samping, jenis enzim cukup tahan terhadap suhu, dan bisa berfungsi dengan baik pada konsentrasi yang rendah (Prihatini & Dewi, 2021)

Stabilitas panas dari enzim papain optimum pada pH 6,5-7,0 suhu 55-65°C dengan aktivitas spesifikasinya, yaitu 12,4 (mmol/menit.mg protein). Perlakuan suhu diatas 65°C akan menurunkan aktifitas relative dari enzim papain. Penurunan kadar protein terlarut pada sari edamame dengan perlakuan suhu hidrolisis 70°C tidak sebanyak pada perlakuan suhu hidrolisis 60°C. Hal ini dapat disebabkan karena pada suhu ini enzim mulai mengalami denaturasi oleh panas sehingga enzim tidak bekerja secara optimal. Pada suhu optimum, tumbukan antara enzim dan substrat sangat efektif, sehingga pembentukan kompleks enzim-substrat semakin mudah dan produk yang terbentuk semakin banyak, namun pada suhu yang terlalu tinggi, akan mempercepat kerusakan pada konformasi gugus aktif enzim (denaturasi enzim) sehingga enzim mengalami hambatan dalam

berinteraksi dengan substrat dan aktivitas katalitik enzim akan menurun (Anggraini & Yunianta, 2015)

Enzim papain berfungsi memecah protein pada makanan menjadi molekul yang lebih sederhana dengan cara menghidrolisis ikatan peptida oligopeptida pendek atau asam amino sehingga akan lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh sehingga bisa memperlancar metabolisme dalam tubuh (Anggraini & Yunianta, 2015).

2.4 Sabun

Sabun merupakan hasil hidrolisis asam lemak dan basa. Peristiwa ini dikenal dengan peristiwa saponifikasi. Saponifikasi adalah proses penyabunan yang mereaksikan suatu lemak atau gliserida dengan basa (Sari *et al.*, 2010).

Sabun merupakan pembersih yang dibuat dengan mereaksikan secara kimia antara basa natrium atau basa kalium dan asam lemak yang berasal dari minyak nabati dan atau lemak hewani yang umumnya ditambahkan zat pengawet atau antiseptik dan digunakan untuk membersihkan tubuh manusia dan tidak membahayakan kesehatan. Sabun tersebut dapat berwujud padat, lunak atau cair, berbusa dan digunakan sebagai pembersih (Aris *et al.*, 2021).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Bioproses dan Maritim Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang dimulai dari bulan Maret sampai Juli 2024.

3.2 Penyediaan Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- Blender
- Timbangan Analitik
- Pipet ukur
- Botol vial
- Gelas kimia
- Gelas ukur
- Pipet tetes
- Buret
- Erlenmeyer 250 mL
- Klem dan statif
- Spatula
- Cetakan sabun
- Cawan petri
- Corong
- Termometer
- Tabung centrifuge
- Bulb
- Sentrifuge
- Saringan
- Oven
- Waterbath shaker
- Erlenmeyer 500 mL
- Batang pengaduk
- Hotplate

3.2.2 Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah biji kelor (*Moringa Oleifera Lam*) yang dapat ditemukan dilingkungan sekitar.

- Buah pepaya muda
- Aquades
- Alkohol
- KOH 0,1 M
- Kalium iodida 15%
- NaOH 30%
- Minyak Esensial
- Indikator pati
- Natrium Tiosulfat 0,1 N
- Asam asetat glasial
- Indikator pp
- Kloroform
- NaCl
- Aquabides
- Metanol 96%

3.3 Preparasi Bahan Baku (Nilna *et al.*, 2021)

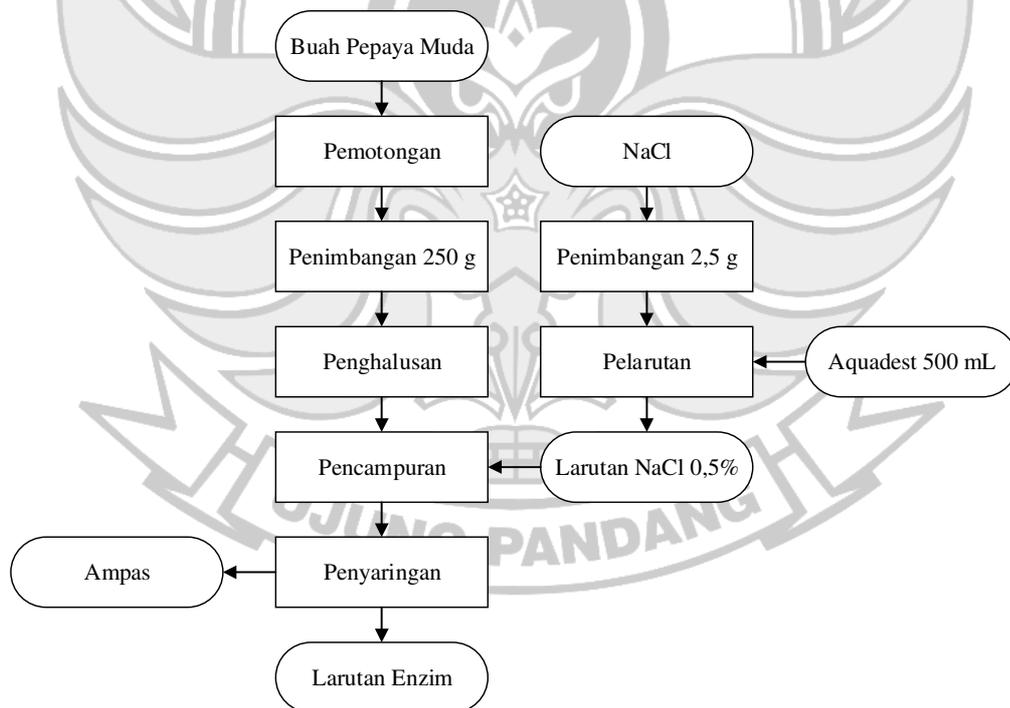
1. Dibersihkan biji kelor dari cangkang bijinya.
2. Dihaluskan biji kelor dengan menggunakan blender.
3. Ditimbang sebanyak 100 g biji kelor ke dalam erlenmeyer 500 mL.
4. Ditambahkan 200 mL aquadest (perbandingan 1:2).
5. Dipanaskan sampel dengan waterbath pada suhu 90°C selama 40 menit.
6. Diulangi langkah 1-5 untuk membuat sampel lainnya. Sampel susu biji kelor kemudian akan digunakan pada proses ekstraksi minyak biji kelor.

3.4 Proses Produksi Enzim Papain (Juwita *et al.*, 2022)

Adapun proses produksi enzim papain dari daun pepaya sebagai berikut:

1. Dipilih buah pepaya yang masih muda.

2. Buah pepaya kemudian dipotong kecil-kecil sebanyak 250 g.
3. Buah pepaya yang telah dipotong dihaluskan dengan menggunakan blender hingga halus.
4. Kemudian dibuat larutan pengaktif berupa 500 mL aquadest dan 2,5 g NaCl.
5. Dibuat ekstrak papain cair dengan cara mencampurkan buah pepaya yang telah dihaluskan dengan larutan pengaktif, diaduk hingga tercampur rata.
6. Disaring larutan campuran hingga tidak ada ampas lagi.
7. Larutan yang telah dibuat disimpan pada wadah yang tertutup.



Gambar 3.1. Diagram Proses Produksi Enzim Papain

3.5 Proses Produksi Minyak Biji Kelor dengan Metode Enzimatis

Adapun proses produksi minyak biji kelor dengan metode enzimatis sebagai berikut:

1. Susu biji kelor yang telah di preparasi pada Prosedur 3.3 kemudian ditambahkan enzim papain dengan jumlah volume enzim 25 mL.
2. Diinkubasi selama 48 jam didalam shaker waterbath dengan suhu 45°C.
3. Setelah 48 jam akan terbentuk 3 lapisan yaitu minyak, ampas dan air, dipisahkan minyak dengan menggunakan centrifuge dengan putaran 3.000 rpm selama 30 menit.
4. Dituang minyak kedalam botol plastik yang telah ditimbang berat botol kosongnya.
5. Dilakukan langkah 1-4 untuk susu biji kelor pada variasi jumlah volume enzim lainnya (50, 75 dan 100) mL dan pada variasi suhu inkubasi (50, 55 dan 60)°C

Tabel 3. 1 Perlakuan untuk Memproduksi Minyak Biji Kelor

Jumlah volume enzim (mL)	Suhu inkubasi (°C)
25	45
	50
	55
	60
	60
50	45
	50
	55
	60
	60
75	45
	50
	55
	60
	60

Tabel 3. 1 Lanjutan

Jumlah volume enzim (mL)	Suhu inkubasi (°C)
100	45
	50
	55
	60



Gambar 3.2. Diagram Proses Produksi Minyak Biji Kelor

3.6 Metode Analisis

3. 6. 1 Penentuan Persen Yield (Ramadhanti & Santosa, 2023)

Penentuan persen yield dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Ditimbang wadah kosong yang akan digunakan sebagai wadah sampel.

2. Ditimbang minyak yang dihasilkan menggunakan wadah yang telah diketahui bobot kosongnya. Persen yield dihitung dengan persamaan:

$$\text{Yield} = \frac{\text{hasil produk (gram)}}{\text{bahan baku (gram)}} \times 100\%$$

3. 6. 2 Uji Kadar Asam Lemak Bebas (SNI 3741:2013 Lampiran A.4)

Uji kadar asam lemak bebas dapat dilakukan dengan proses sebagai berikut:

1. Hasil minyak biji kelor sebanyak 2 mL dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Ditambahkan metanol 96% sebanyak 25 mL lalu ditutup dengan aluminium foil dan dipanaskan pada suhu 60°C dengan menggunakan hotplate selama 10 menit.
3. Setelah dipanaskan, ditambahkan 2-3 tetes indikator PP.
4. Dititrasi campuran larutan dengan menggunakan larutan KOH 0,1 M (telah di standarisasi) hingga berubah menjadi warna merah jambu yang dapat bertahan paling lama 15 detik.
5. Dicatat volume titran yang dibutuhkan. Bilangan asam dan kadar asam lemak bebas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{M KOH} \times \text{mr KOH}}{\text{g sampel}}$$

Rumus penentuan kadar FFA (*Free Fatty Acid*)

$$\text{Kadar FFA} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{M KOH} \times \text{berat molekul asam lemak}}{\text{berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

3. 6. 3 Uji Organoleptik (SNI 3741:2013 Lampiran A.2)

Uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan indra manusia. Pada pengujian organoleptik yang dinilai yaitu berdasarkan warna yang dihasilkan dapat dilihat apakah jernih atau keruh dan aroma dari minyak biji kelor dapat diketahui dengan mencium aromanya.

3. 6. 4 Analisa Bilangan Peroksida (SNI 3741:2013 Lampiran A.5)

Analisis bilangan peroksida dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Dimasukkan 5 gram sampel minyak biji kelor kedalam erlenmeyer 250 mL.
2. Ditambahkan sekitar 30 mL campuran pelarut yang terdiri dari 60% asam asetat glasial dan 40% kloroform.
3. Ditambahkan 2 gram KI.
4. Dihomogenkan larutan, kemudian didiamkan selama 30 menit ditempat yang tertutup dan gelap.
5. Ditambahkan 30 mL aquabides.
6. Ditambahkan 0,5 mL larutan kanji 1%
7. Dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga warna larutan yang semula kuning berubah menjadi lebih bening. Hasilnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah peroksida (Mek O}_2\text{/g)} = \frac{A \times N \times 1000}{G}$$

Dimana:

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 (gram)

3. 6. 5 Uji Kadar Air (SNI 3741:2013 Lampiran A.3)

1. Dipanaskan cawan petri dalam oven pada suhu 130°C selama kurang lebih 30 menit dan didinginkan di dalam desikator selama 20 menit dan timbang dengan neraca analitik. Pemanasan dilakukan hingga dicapai berat konstan.
2. Dimasukkan 1 gram sampel ke dalam cawan petri kemudian ditimbang bobot cawan dan sampel
3. Dipanaskan cawan petri yang berisi sampel pada suhu 130°C selama kurang lebih 30 menit dan dilakukan berulang hingga berat sampel konstan.
4. Dicatat dan dihitung kadar air dari sampel.

Perhitungan:

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

Dimana:

W_0 = bobot cawan petri kosong (gram)

W_1 = bobot cawan petri + sampel (gram)

W_2 = bobot cawan petri + sampel konstan (gram)

3. 7 Pembuatan Sabun Padat

1. Ditimbang minyak biji kelor sebanyak 25 gram dalam gelas piala 250 mL.

2. Ditambahkan larutan NaOH 30% sebanyak 8 mL sedikit demi sedikit sambil diaduk.
3. Ditambahkan minyak esensial secukupnya.
4. Dicetak.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

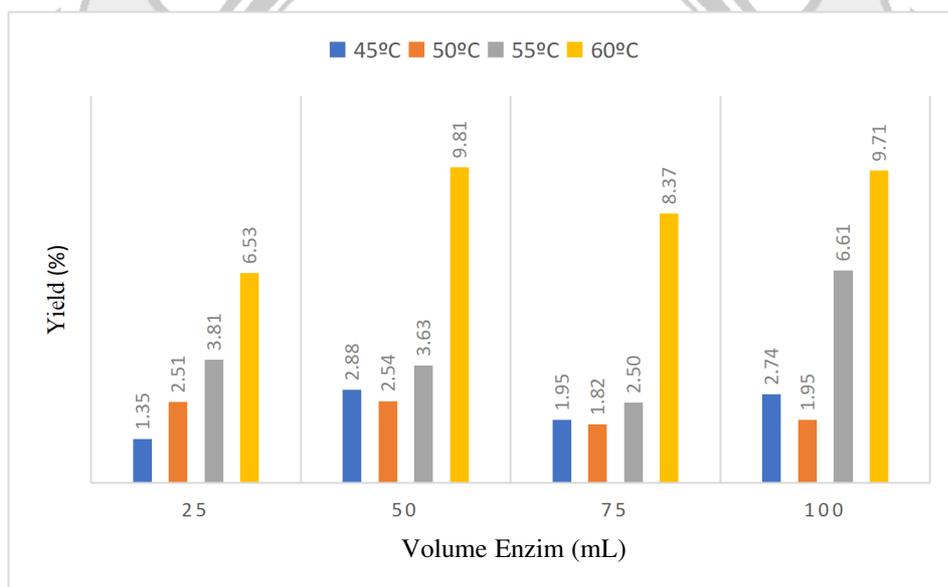
Pada penelitian ini yaitu “Ekstraksi minyak biji kelor dengan metode enzimatis untuk bahan dasar pembuatan sabun” dengan menggunakan enzim papain yang diperoleh dari buah pepaya muda dengan variabel perbandingan suhu dan jumlah enzim yang berbeda. Enzim papain akan mengkatalisis substrat melalui reaksi hidrolisis dengan bantuan molekul air.

Pada proses pembuatan enzim papain, dilakukan penambahan larutan pengaktif berupa larutan NaCl yang berfungsi sebagai buffer untuk memberikan kondisi optimum aktivitas enzim. Pada proses preparasi sampel dilakukan pemanasan sampel biji kelor pada suhu 90°C selama 40 menit dengan tujuan untuk merusak sel biji kelor dan menonaktifkan enzim. Pemanasan juga dilakukan untuk sterilisasi bahan, menurunkan kadar kelembapan dalam biji kelor yang dapat mengurangi pembusukan dan peningkatan kualitas minyak, meningkatkan viskositas minyak dan memperbaiki hasil ekstraksi dan mempermudah pemisahan minyak (Hanmoungjai *et al.*, 2001). Penambahan enzim papain bertujuan untuk memecah protein yang terikat didalam biji kelor sehingga memperbaiki proses ekstraksi minyak.

Parameter yang dilakukan antara lain persen yield, analisa bilangan peroksida, analisa bilangan asam lemak bebas, analisa kadar air, uji organoleptik dan GC Ms.

4.1 Yield (%)

Ekstraksi minyak biji kelor yang dilakukan memperoleh yield yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena adanya variabel-variabel penelitian. Volume enzim dan suhu yang digunakan sangat berpengaruh terhadap yield yang diperoleh. Dari penelitian yang dilakukan, ekstraksi minyak biji kelor yang dihasilkan paling sedikit 1,35% (suhu 45°C dengan jumlah enzim 25 mL) sedangkan hasil yang paling banyak yaitu 9,81% (suhu 60°C dengan jumlah enzim 50 mL). Waktu inkubasi dilakukan selama 48 jam.

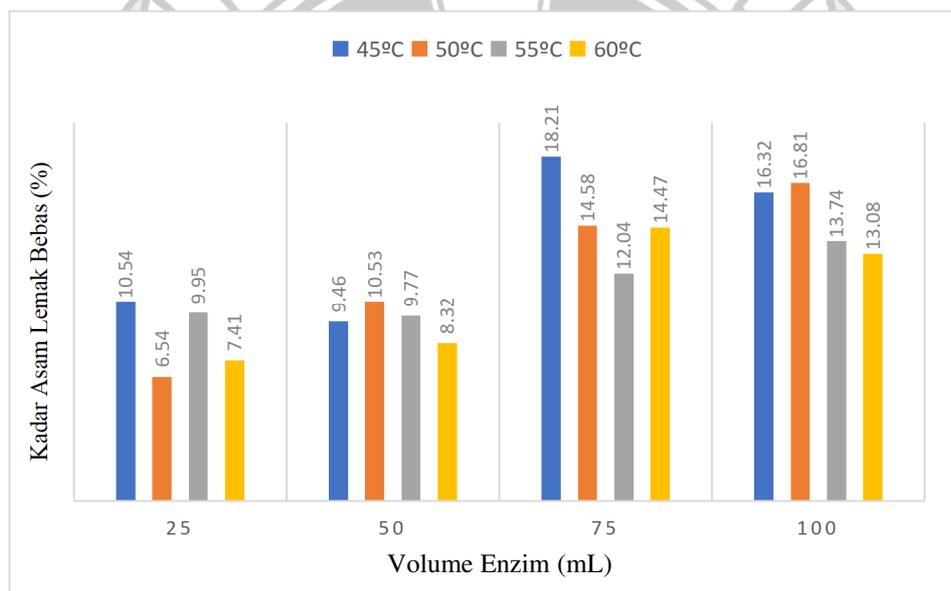


Gambar 4.1. Grafik hubungan jumlah enzim dan suhu inkubasi terhadap persen yield

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu inkubasi maka yield yang diperoleh akan semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh kerja optimum enzim yang digunakan dimana mulai bekerja secara optimal pada suhu 50-65°C akan tetapi lewat dari suhu tersebut maka enzim akan melemah (Suirta & Astitiasih, 2020). Akan tetapi, yield minyak yang dihasilkan tidak cukup stabil

terlihat pada suhu 50°C dengan jumlah enzim 100, 75, dan 50 (mL) dikarenakan pepaya yang digunakan dalam pembuatan enzim memiliki kematangan yang berbeda. Menurut penelitian Ibrahim *et al* (2018) diperoleh yield minyak biji kelor kering sebesar 38,64% sedangkan menurut penelitian Widyanastuti *et al* (2013) diperoleh yield minyak biji kelor kering sebesar 40% dengan metode yang sama yaitu pengepresan.

4.2 Analisis Asam Lemak Bebas



Gambar 4.2. Grafik hubungan jumlah enzim dan suhu inkubasi terhadap asam lemak bebas

Asam lemak bebas dapat ditentukan sebagai kandungan asam lemak yang terdapat paling banyak dalam minyak tertentu. Besarnya bilangan asam bergantung pada kemurnian dan umur minyak atau lemak tersebut. Kenaikan bilangan asam juga dapat disebabkan karena kadar air yang tinggi didalam minyak sehingga akan mempercepat proses hidrolisis dalam minyak. Dengan

demikian asam lemak bebas sebagai berikut ini dipakai sebagai tolak ukur jenis minyak tertentu (Nasir *et al.*, 2010):

Tabel 4. 1 Bilangan asam lemak bebas berbagai minyak

Sumber minyak	Jenis asam lemak bebas terbanyak	Berat molekul
Susu, sawit	Palmitat	256
Inti sawit, kelapa	Lemat	200
Susu	Oleat	282
Jagung, kedele, kacang, dan lain-lain	Linoleat	278

Sumber: Salimi *et al* (2019)

Kadar asam lemak bebas adalah ukuran dari asam lemak yang terlepas dari ikatan ester, penempatannya didasarkan asam lemak dominan yang terkandung dalam minyak. Kadar asam lemak bebas dapat dijadikan dasar dalam mengetahui umur minyak, kemurnian minyak, dan tingkat hidrolisis (Salimi *et al.*, 2019).

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan pada Gambar 4.2 minyak biji kelor dengan kadar FFA rendah, yaitu 6,63% (suhu 50°C dengan jumlah enzim 25 mL) sedangkan minyak dengan kadar FFA tinggi, yaitu 18,47% (suhu 45°C dengan jumlah enzim 75 mL). Dari diagram dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan semakin rendah kadar FFA yang dihasilkan dan semakin rendah jumlah enzim yang digunakan semakin rendah kadar FFA yang dihasilkan. Tingginya kadar asam lemak bebas dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung di dalam minyak cukup tinggi.

Kadar FFA merupakan kandungan asam lemak bebas yang terdapat dalam suatu minyak dimana berat molekul asam lemak tersebut dianggap sebesar asam lemak dominannya dan dinyatakan dalam bentuk persen. Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) yang terdapat didalam minyak biji kelor harus diturunkan hingga kurang dari 2% karena apabila kadarnya terlalu tinggi maka keberadaan FFA dapat menurunkan kualitas minyak yang dihasilkan (Nasir *et al.*, 2010).

Hasil dari penelitian dapat dilihat FFA yang didapatkan pada minyak biji kelor yang diekstrak dengan menggunakan metode enzimatik pada diagram. FFA dapat mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak yang kualitasnya baik memiliki kadar FFA yang rendah. Menurut Salimi *et al* (2019), diketahui nilai FFA minyak biji kelor yakni 2,687%.

4.3 Analisa Bilangan Peroksida

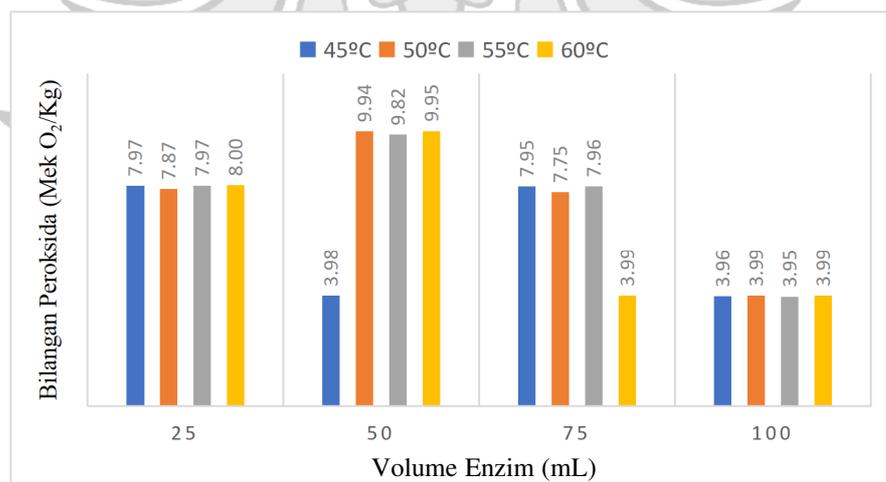
Bilangan peroksida merupakan jumlah lemak atau minyak yang di dalam suatu sampel yang telah mengalami oksidasi. Angka bilangan peroksida sangat penting karena menjadi patokan identifikasi tingkat oksidasi pada minyak. Minyak yang memiliki kandungan asam-asam lemak yang tidak jenuh akan teroksidasi oleh oksigen sehingga menghasilkan sebuah senyawa peroksida (Lawa, 2018).

Penentuan bilangan peroksida dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya yaitu metode titrasi iodometri dimana dilakukan titrasi dengan menggunakan Natrium Tiosulfat sebagai penitar.

Peroksida akan terbentuk pada tahap inisiasi oksidasi, pada proses ini hidrogen akan diambil dari senyawa oleofin menghasilkan radikal bebas. Adanya

cahaya dan logam sangat mempengaruhi proses pengambilan hidrogen. Oksigen kemudian akan bereaksi dengan radikal bebas yang telah terbentuk sehingga akan terbentuk kembali radikal peroksi.

Selanjutnya mengambil hidrogen dari molekul tak jenuh lainnya yang akan membentuk radikal bebas dan hidrogen yang baru. Tingginya peroksida akan mempercepat proses munculnya ketengikan pada minyak. Pada proses titrasi iodometri ditambahkan larutan campuran kloroform dan asam asetat glasial kemudian akan ditambahkan KI (Kalium Iodida) sehingga iodin (I_2) akan terlepas. Iodin yang bebas akan dititrasi dengan menggunakan natrium tiosulfat. Kemudian ditambahkan dengan indikator pati sehingga berubah warna menjadi biru kecoklatan, hal ini karean struktur molekul amilum yang memiliki bentuk spiral sehingga mengikat molekul iodin sehingga terbentuk warna biru. Sehingga dilanjutkan lagi proses titrasi hingga warna biru ini hilang (Alkaff & Nurlela, 2020).

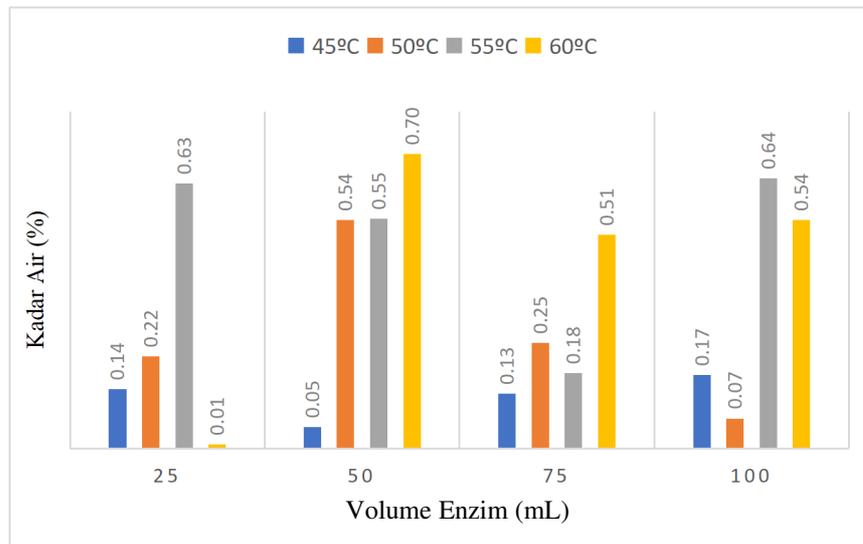


Gambar 4.3. Grafik hubungan jumlah enzim dan suhu inkubasi terhadap bilangan peroksida

Pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan bilangan peroksida seiring dengan peningkatan suhu inkubasi. Sedangkan pada jumlah volume enzim menunjukkan kecenderungan penurunan bilangan peroksida seiring dengan semakin banyak jumlah enzim yang ditambahkan. Perbedaan drastis dapat dilihat pada suhu 60°C dengan jumlah enzim 75 mL dan pada suhu 45°C dengan jumlah enzim 100 mL. Hal ini disebabkan oleh adanya kontak berlebihan terhadap minyak dan oksigen karena penyimpanan yang tidak rapat. Salah satu faktor tingginya bilangan peroksida karena adanya proses hidrolisis selama proses inkubasi dimana pada proses ini lapisan minyak cenderung kontak langsung dengan lapisan air yang apabila berlangsung lama maka akan semakin tinggi nilai peroksidanya.

Menurut Akaff & Nurlela (2020), diketahui bilangan peroksida yang diperoleh sebesar 0,39%. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3 diperoleh bilangan peroksida yang paling tinggi yaitu sebesar 9,946 mek O₂/kg pada suhu 60°C dengan jumlah enzim 50 mL. Sedangkan nilai peroksida yang paling rendah sebesar 3,94 mek O₂/kg pada suhu 55°C dengan jumlah enzim 100 mL. Berdasarkan Tabel 2.4 SNI 3741:2013 angka bilangan peroksida maksimumnya berada pada 10 mek O₂/kg dan hasil analisa yang didapatkan berada dibawah angka maksimum tersebut sehingga dapat disimpulkan bahwa minyak biji kelor yang diperoleh dengan metode enzimatik sesuai dengan SNI nomor 3741:2013 tentang minyak goreng.

4.4 Analisa Kadar Air



Gambar 4.4. Grafik hubungan jumlah enzim dan suhu inkubasi terhadap kadar air

Analisa kadar air minyak biji kelor dilakukan dengan metode oven dimana menguapkan air yang terkandung didalam minyak dengan cara dikeringkan dalam oven pada suhu 100-130°C pada waktu \pm 1-4 jam untuk memperoleh berat yang konstan. Berat konstan akan menunjukkan nilai kadar air di dalam minyak telah menguap sepenuhnya dan yang tersisa hanya berat kering minyak tersebut. Adanya air dalam minyak sangat tidak baik karena akan menghidrolisis minyak yang akan menghasilkan asam lemak bebas yang akan menyebabkan bau tengik pada minyak (Ayustaningwarno *et al.*, 2014).

Adanya perbedaan nilai pada setiap perlakuan akan dipengaruhi oleh perbedaan yang terdapat pada proses pemanasan dan lama waktu pemanasan. Kadar air awal pada semua perlakuan akan mengalami penurunan setelah dilakukan proses pengovenan dan akan mengalami penurunan setelah dilakukan proses pengukusan. Setelah pengovenan kadar air akan mengalami penurunan

karena adanya penguapan. Semakin lama waktu pemanasan maka akan menyebabkan massa air dalam bahan ikut menguap, sehingga terjadi penurunan kadar air pada bahan. Pada saat proses pengukusan kadar air akan mengalami kenaikan. Semakin lama pemanasan maka menyebabkan uap air terikut kedalam bahan sehingga kadar air akan mengalami kenaikan. Kenaikan ini dikarenakan adanya penambahan uap air (Widyanastuti & Susilo, 2013).

Dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa adanya kecenderungan penurunan nilai kadar air seiring dengan suhu inkubasi yang semakin meningkat. Begitu pula pada pengaruh jumlah enzim dimana diagram menunjukkan kecenderungan kenaikan nilai kadar air seiring dengan semakin banyak jumlah enzim yang ditambahkan. Nilai kadar air yang diperoleh dari proses analisis cenderung tinggi atau melebihi standar mutu yang telah ditetapkan di dalam SNI minyak goreng. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar air dalam minyak biji kelor dengan enzimatis belum memenuhi baku mutu. Hal ini disebabkan oleh pemanasan yang tidak merata, ketidakteelitian peneliti dalam mengukur berat konstan cawan, proses pemisahan minyak dan sampel yang tidak sempurna sehingga masih ada air yang mengikut.

Menurut Widyanastuti & Susilo (2013), diketahui nilai kadar air setelah pemanasan berkisar antara 0,632% sampai 17,672%. Adapun jurnal penelitian menurut Lawa (2018) nilai kadar air minyak biji kelor dengan metode pemerasan diperoleh sebesar 0,5%. Dan hasil penelitian berdasarkan Tabel 2.4 standar SNI 3741:2013, nilai kadar air maksimum adalah 0,15%. Dari hasil analisa kadar air diperoleh persentase paling tinggi yaitu 0,99% pada suhu 60°C dengan jumlah

enzim 50 mL dan yang paling rendah yaitu 0,010% pada suhu 60 °C dengan jumlah enzim 25 mL.

4.5 Uji Organoleptik

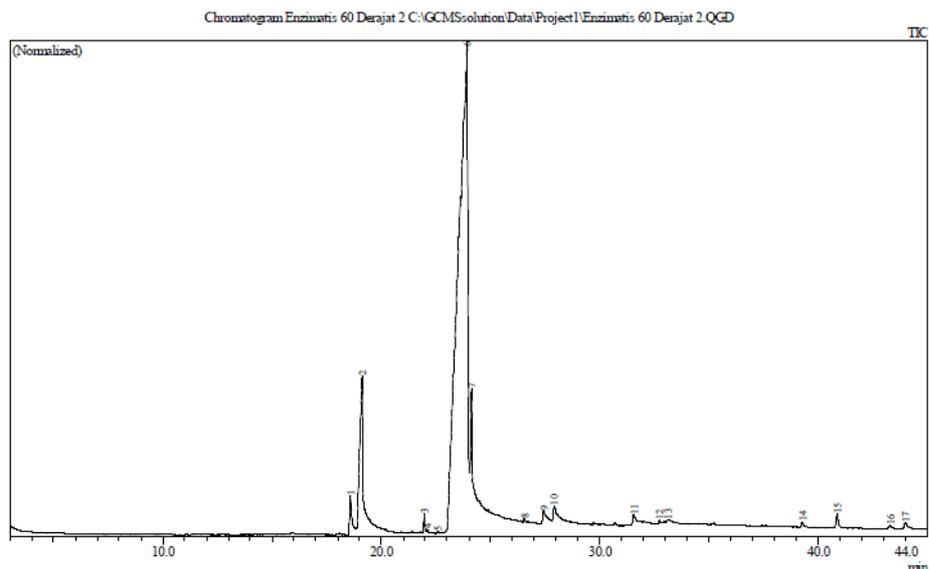
Uji organoleptik merupakan metode penilaian dengan menggunakan panca indera manusia untuk mengevaluasi karakteristik fisik dan kimia suatu zat mulai dari uji warna, aroma, rasa dan tekstur.

Terbentuknya warna gelap pada minyak disebabkan oleh proses oksidasi dimana tempat penyimpanan sampel yang terlalu cenderung bersentuhan langsung dengan oksigen, suhu pemanasan yang terlalu tinggi, adanya logam seperti Fe, Cu dan Mn. Suhu dan waktu pemanasan juga akan mempengaruhi yield, karena dengan adanya pemanasan yang dapat memecah sel tumbuhan dan juga mengkoagulasi protein yang ada, sehingga viskositas juga dapat turun dan mempercepat aliran minyak keluar. Pada suhu yang tinggi dan lama mungkin akan memberikan efek negatif pada kualitas minyak hasil pengepresan (Widyanastuti & Susilo, 2013).

Dari hasil penelitian minyak biji kelor warna minyak biji kelor secara visual berwarna jernih kekuningan dan aroma yang dihasilkan adalah aroma khas biji-bijian. Minyak biji kelor yang dihasilkan memiliki aroma yang cenderung sama dengan suhu inkubasi dan jumlah volume enzim yang berbeda-beda. Akan tetapi terdapat beberapa sampel minyak biji kelor yang memiliki aroma yang tengik dikarenakan penyimpanan yang terlalu lama.

4.6 Hasil Analisis GC-MS

Analisis komponen kimia penyusun minyak biji kelor hasil ekstraksi dengan enzimatis dilakukan dengan metode gas kromatografi (GC-MS). GC-MS adalah metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit.



Gambar 4.5. Grafik Gas Chromatogram Minyak Biji Kelor

Berdasarkan Gambar 4.5 kromatogram dan tabel senyawa GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrophotometry*) minyak biji kelor yang diekstrak dengan metode enzimatis mengandung 17 senyawa organik dengan 5 senyawa yang teridentifikasi sama pada kromatogram, yaitu senyawa *Octadecanoic acid*.

Dari 17 senyawa tersebut tampak ada 3 senyawa utama, yaitu 2, 6 dan 7 dengan kualitas tertinggi yang diidentifikasi oleh alat instrumen GC-MS, yaitu

senyawa *n-Hexadecanoic acid*, *9-Octadecenoic acid*, (*E*)- dan *Octadecenoic acid*. Hasil sesuai dengan penelitian Ibrahim *et al* (2018), hasil dari analisa dengan GC-*Ms* minyak biji kelor menghasilkan kromatogram dengan puncak tertinggi pada 9-oktadekanoat atau asam oleat.

Senyawa tersebut memiliki banyak manfaat, seperti pada *n-Hexadecanoic acid* yang merupakan asam lemak jenuh yang memiliki fungsi sebagai antibakterial dan antijamur, antioksidan, nematisida, hipokolesterolemia, peptisida, antiandrogenik, perisa, hemolitik, inhibitor-5-alpha reduktas (Sukarti *et al.*, 2023). Pada *9-Octadecenoic acid*, (*E*)- dan *Octadecenoic acid*. berguna sebagai bahan parfum, dan memiliki sifat antioksidan, antikanker dan antidiabetes (Marampung *et al.*, 2024).

Perlu diketahui bahwa asam oleat (*Octadecenoic acid*) merupakan asam lemak dengan jumlah karbon dan satu ikatan rangkap pada karbon ke-9. Secara geometri, asam lemak di alam berada dalam bentuk konfigurasi “cis”. Struktur bentuk “cis” ini rawan berubah menjadi bentuk “trans” yang merupakan konfigurasi yang lebih stabil apabila suatu asam lemak mengalami proses hidrogenasi atau pemanasan pada suhu diatas 150°C (Salimi *et al.*, 2019).

Asam lemak “trans” (trans Fatty Acid/*t*FA) diketahui dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan tubuh manusia. *t*FA dapat meningkatkan resiko penyakit jantung koroner melalui stimulasi faktor penyebabnya seperti peningkatan rasio kolesterol total terhadap HDL, peningkatan jumlah LDL, memperkecil ukuran partikel LDL dan meningkatkan kolesterol total dalam darah.

Disamping itu, tFA juga terbukti berkaitan erat dengan kanker payudara dan diabetes melitus tipe 2 (Salimi *et al.*, 2019).

Minyak biji kelor yang dihasilkan sebaiknya tidak untuk dikonsumsi untuk menghindari risiko berbahaya. Minyak biji kelor lebih baik diolah sebagai bahan baku pembuatan kosmetik karena memiliki banyak manfaat bagi kesehatan kulit.

4.7 Pembuatan Sabun

Minyak biji kelor dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kosmetik. Minyak biji kelor hasil dari penelitian ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun padat. Minyak tersebut berperan sebagai asam lemak yang dicampurkan dengan NaOH 30% sehingga terjadi reaksi hidrolisis atau saponifikasi dan membentuk sabun. Sabun yang dibuat berupa sabun natural yang hanya menggunakan 3 bahan, yaitu Minyak biji kelor, NaOH 30% dan minyak esensial sebagai tambahan pewangi. Berikut merupakan gambar sabun yang dihasilkan:



Gambar 4.6 Sabun padat biji kelor

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Fisik Sabun

Parameter	Hasil
Wujud	Padat
Warna	Kuning
Aroma	Khas biji kelor dan lemon

Dari Tabel 4.2 diketahui bahwa sabun yang dihasilkan berbentuk padat, berwarna kuning yang berasal dari minyak biji kelor yang digunakan, dengan memiliki aroma khas minyak biji kelor dan aroma lemon yang berasal dari minyak esensial yang ditambahkan pada pembuatan sabun.



BAB V PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Suhu inkubasi yang optimum berada pada suhu 60°C sesuai dengan kondisi kerja optimum enzim papain dan jumlah volume ekstrak yang optimum berada pada 100 mL.
2. Analisis kualitas minyak biji kelor dengan metode enzimatik belum memenuhi standar mutu minyak pangan SNI nomor 3741:2013 dikarenakan jumlah kadar air dan bilangan asam lemak bebas yang melewati batas standar SNI 3741:2013.
3. Analisis GC-MS minyak biji kelor memiliki 17 senyawa dengan kandungan senyawa paling tinggi ialah *9-octadecenoic acid*, (*E*)- sebesar 72,29%. Senyawa ini memiliki fungsi sebagai antioksidan, bahan aktif dalam perawatan kulit dan membantu menjaga integritas dan fungsi membran.
4. Pembuatan sabun padat dengan minyak biji kelor yang merupakan asam lemak dapat dilakukan dengan menambahkan NaOH 30% sebagai basa sehingga terjadi reaksi saponifikasi membentuk sabun dan diberi penambahan minyak esensial agar sabun yang dihasilkan lebih wangi.

5. 2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan senyawa minyak biji kelor dan aplikasinya pada kosmetik.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut serta perbandingan dengan menggunakan metode lain dan menambahkan parameter baru seperti pH dan variasi waktu inkubasi.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap produk sabun yang dihasilkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alkaff, H., & Nurlela, N. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum Dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Redoks*, 5(1), 65. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4129>
- Anggraini, A., & Yunianta. (2015). Pengaruh Suhu Dan Lama Hidrolisis Enzim Papain Terhadap Sifat Kimia , Fisik Dan Organoleptik Sari Edamame. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 1015–1025.
- Aris, M., Nur, A., Adriana, I., & Prasetyadi, L. A. (2021). Uji Efektivitas Formula Sediaan Sabun Padat Sari Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L) Asal Daerah Takalar Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Andi Nur Ilmi Adriana, FITO*, 13, 2021. <http://journal.unpacti.ac.id/index.php/fito>
- Aulia R. Ramadhanti, & Santosa, S. (2023). Persen Yield (%Yield) Sebagai Parameter Evaluasi Proses Kinerja Raw Mill Pada Industri Semen. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 5(1), 24–28. <https://doi.org/10.33795/distilat.v5i1.11>
- Ayustaningwarno, F., Retnaningrum, G., Safitri, I., Anggraheni, N., Suhardinata, F., Umami, C., & Rejeki, M. S. W. (2014). *Aplikasi Pengolahan Pangan*. 5(4).
- Badan SNI, N. (2013). Standardisasi Nasional Indonesia Minyak Goreng. *Sni-3741-2013*, 1–27. www.bsn.go.id
- Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2013). Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry. *NBER Working Papers, Econometri*(47–1393), 89. <http://www.nber.org/papers/w16019>
- Dising, J., & Pasau, P. (2021). Karakteristik Fisikokimia Minyak Biji Kelor (*Moringa oleivera* L.). *Partner*, 26(1), 1491. <https://doi.org/10.35726/jp.v26i1.479>
- 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>
- Hanmoungjai, P., Pyle, D. L., & Niranjana, K. (2001). Enzymatic process for extracting oil and protein from rice bran. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(8), 817–821. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0348-2>
- Hidayat, C.W. Suhartono. Dharminto. 2016. Jurnal Kesehatan Masyarakat (eJurnal), Volume 4, Nomor 3, Juli 2016 (ISSN: 2356-3346). Tersedia dalam <http://ejurnal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>. (diakses pada 16 Mei 2019)
- Juwita, R., Tyas, E., Sejati, D. A. P., & Simanjutak, A. V. (2022). Inovasi Ekstrak Pepaya sebagai Enzim Papain. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*, 2(4), 300–306. <https://doi.org/10.17977/um067v2i4p300-306>
- Khasanah, R., Jumari, J., & Nurchayati, Y. (2023). Etnobotani Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* L.) di Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 870–880. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.870-880>
- Lawa, Y. (2018). Uji Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) Organik Asal NTT Sebagai Kandidat Minyak Goreng. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dan Sains Kimia-2, 01–10*, 60–64.
- Marampung, W., Simbala, H. E. I., & ... (2024). Analisis GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) dari Ekstrak Etanol Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* L.). *Jurnal Lentera* ..., 3(1), 7–13. <https://ejournal.lenterainstitute.id/index.php/jlf/article/view/34>
- Mardhiah, A., & Sabarina. (2021). Pengolahan Pepaya Muda (*Carica papaya* L.) Menjadi Abon. *Jurnal Pendidikan, Sains, Dan Humaniora*, 9(3), 512–517.
- 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.

- Nilna, F. N. M., Muyassaroh, Azizah, W., & Sabrina, M. (2021). Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Pengeringan Pada Pembuatan Enzim Papain Dari Ekstrak Daun Pepaya. *Jurnal ATMOSPHERE*, 2(2), 15–21. <https://doi.org/10.36040/atmosphere.v2i2.4287>
- Prihatini, I., & Dewi, R. K. (2021). Kandungan Enzim Papain pada Pepaya (*Carica papaya L*) Terhadap Metabolisme Tubuh. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(3), 449–458. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i3.312>
- Rani, Karina Citra, dkk. 2019. Mathematical and Theoretical Kandungan Nutrisi Tanaman Kelor. 44 *Journal of Physics A*
- 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. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v1i1.2101>
- Sari, T. I., Kasih, J. P., Jayanti, T., & Sari, N. (2010). Pembuatan Sabun Padat Dan Sabun Cair Dari Minyak Padat. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1), 2.
- Saudale, F., Boelan, E., & Boelan, E. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Polar Dan Non Polar Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Asal Pulau Timor Ntt. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 7(1), 67–76. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v7i1.13187>
- Setyowati, D. A., Muhammad, M., Jalaluddin, J., Ginting, Z., & Kurniawan, E. (2022). Pembuatan Sabun Mandi Padat Menggunakan Bahan Baku Minyak Jarak (*Castor Oil*) dengan Penambahan Minyak Serai. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(4), 101. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i4.7951>
- Suirta, I. W., & Astitiasih, I. A. R. (2020). Pembuatan Virgin Coconut Oil Dengan Penambahan Enzim Papain Dari Eksrak Daun Pepaya (*Carica papaya*). *Jurnal Kimia*, 14(2), 192. <https://doi.org/10.24843/jchem.2020.v14.i02.p14>
- Sukarti, Risdawati, & Illing, I. (2023). Analisis Kandungan Senyawa Kimia Dari Ekstrak Kloroform Daun Akar Bulu (*merremia vitifolia*) Menggunakan GC-

MS. 5(2), 30–38. <https://science.e-journal.my.id/cjcs/article/view/160/137>

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.

Zain, S., Herwanto, T., & Putri, S. (2016). Aktivitas Antioksidan Pada Minyak Biji Kelor (*Moringa Oleifera L.*) Dengan Metode Sokletasi Menggunakan Pelarut N-Heksan, Metanol Dan Etanol. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 16–21. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.3>



LAMPIRAN I. ANALISIS PERSEN YIELD MINYAK BIJI KELOR

Tabel L.1 Hasil analisis persen yield minyak biji kelor

Jumlah enzim (mL)	Suhu (°C)	Berat Sampel (gr)	Persen Yield (%)
100	45	2,745	2,745
75		1,950	1,950
50		2,884	2,884
25		1,354	1,354
100	50	1,949	1,949
75		1,820	1,820
50		2,538	2,538
25		2,510	2,510
100	55	6,609	6,609
75		2,497	2,497
50		3,633	3,633
25		3,811	3,811
100	60	9,711	9,711
75		8,371	8,371
50		9,811	9,811
25		6,534	6,534

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

- Perhitungan:

Untuk sampel 100 mL pada suhu 45°C

Berat botol kosong = 5,746 gram

Berat botol kosong + minyak = 8,491 gram

Berat minyak = 8,491 gram - 5,746 gram
= 2,745 gram

Berat sampel = 100 gram

Persen yield = $\frac{2,745 \text{ gr}}{100 \text{ gr}} \times 100\%$
= 2,745%

Untuk keseluruhan hasil perhitungan persen yield dapat dilihat pada tabel lampiran 1.



**LAMPIRAN II. ANALISIS KADAR ASAM LEMAK BEBAS MINYAK
BIJI KELOR**

Tabel L.2 Hasil analisis kadar asam lemak bebas minyak biji kelor

Jumlah Enzim (mL)	Suhu (°C)	Berat Sampel (gr)	Vol. Titration KOH (mL)	Kadar FFA (%)
100	45	1.3966	8.2	16.55735
75		0.8547	5.6	18.47666
50		1.6159	5.5	9.598366
25		1.8999	7.2	10.68688
100	50	1.5542	9.4	17.05572
75		1.6209	8.5	14.78808
50		1.4786	5.6	10.68037
25		1.4444	3.4	6.63805
100	55	1.3754	6.8	13.942126
75		1.5469	6.7	12.214106
50		1.4507	5.1	9.9138347
25		1.5652	5.6	10.089445
100	60	0.8712	4.1	13.27135
75		1.3063	6.8	14.67963
50		1.5700	4.7	8.442038
25		1.6507	4.4	7.516811

- $$\%FFA = \frac{ml\ KOH \times m\ KOH \times berat\ molekul\ asam\ lemak}{berat\ sampel \times 1000} \times 100\%$$

- Perhitungan:

Untuk 100 mL suhu 45°C:

Volume titrasi KOH = 8,2 mL

Berat molekul asam lemak bebas = 282

Berat sampel = 1,3966 gram

$$\%FFA = \frac{8,2 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 282}{1,3966 \text{ gr} \times 1000} \times 100\%$$

$$= 16,4766\%$$

Untuk hasil perhitungan bilangan asam lemak bebas dapat dilihat pada tabel di lampiran 2.



LAMPIRAN III. ANALISIS KADAR AIR MINYAK BIJI KELOR

Tabel L.3 Hasil analisis kadar air minyak biji kelor

Jumlah Enzim (mL)	Suhu (°C)	W0	W1	W2	Kadar Air
100	45	39.2266	40.2042	40.2025	0.173895
75		42.8331	43.8385	43.8372	0.129302
50		39.2517	40.2541	40.2536	0.04988
25		46.5185	47.5177	47.5163	0.140112
100	50	41.1794	42.1635	42.1628	0.071131
75		42.8266	43.828	43.8255	0.24965
50		42.8182	43.8127	43.8073	0.542986
25		39.2457	40.2582	40.2560	0.217284
100	55	28.0850	29.0979	29.0914	0.641722
75		28.8145	29.8236	29.8218	0.178377
50		39.2302	40.2363	40.2308	0.546665
25		39.2372	40.2382	40.2319	0.629371
100	60	28.8257	29.8388	29.8333	0.542888
75		28.0915	29.0945	29.0894	0.508475
50		42.8063	43.8213	43.8142	0.699507
25		47.4844	48.4837	48.4836	0.010007

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

Dimana:

W_0 = bobot cawan petri kosong (gram)

W_1 = bobot cawan petri + sampel (gram)

W_2 = bobot cawan petri + sampel konstan (gram)

- Perhitungan:

Untuk 100 mL pada suhu 45 °C

W_0 = 39,2266 gram

W_1 = 40,2042 gram

W2 = 40,2025 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar air dan bahan yang menguap} &= \frac{40,2042 \text{ gr} - 40,2025 \text{ gr}}{40,2042 \text{ gr} - 39,2266 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 0,17\%\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan nilai kadar air minyak biji kelor dapat dilihat pada tabel di lampiran 3.



LAMPIRAN IV. BILANGAN PEROKSIDA MINYAK BIJI KELOR

Tabel L.4 Hasil analisis bilangan peroksida minyak biji kelor

Jumlah Enzim (mL)	Suhu (°C)	Volume Titrasi	Berat Sampel (g)	Bilangan Peroksida (Mek O ₂ /Kg)
100	45	0.2	5.0542	3.9571
75		0.4	5.0296	7.9529
50		0.2	5.0245	3.9805
25		0.4	5.0189	7.9699
100		0.3	5.0125	3.9901
75	50	0.3	5.1637	7.7464
50		0.3	5.029	9.9423
25		0.2	5.0849	7.8664
100	55	0.2	5.0650	3.9487
75		0.4	5.0259	7.9588
50		0.5	5.0923	9.8187
25		0.4	5.0181	7.9711
100		0.2	5.0147	3.9883
75	60	0.2	5.0103	3.9918
50		0.5	5.0271	9.9461
25		0.4	5.0029	7.9954

- Jumlah peroksida (Mek O₂/Kg) = $\frac{A \times N \times 1000}{G}$

Dimana:

A = volume larutan Na₂S₂O₃ (mL)

N = Normalitas Na₂S₂O₃

G = berat sampel yang digunakan (gram)

- Perhitungan:

Untuk 100 mL pada suhu 45°C

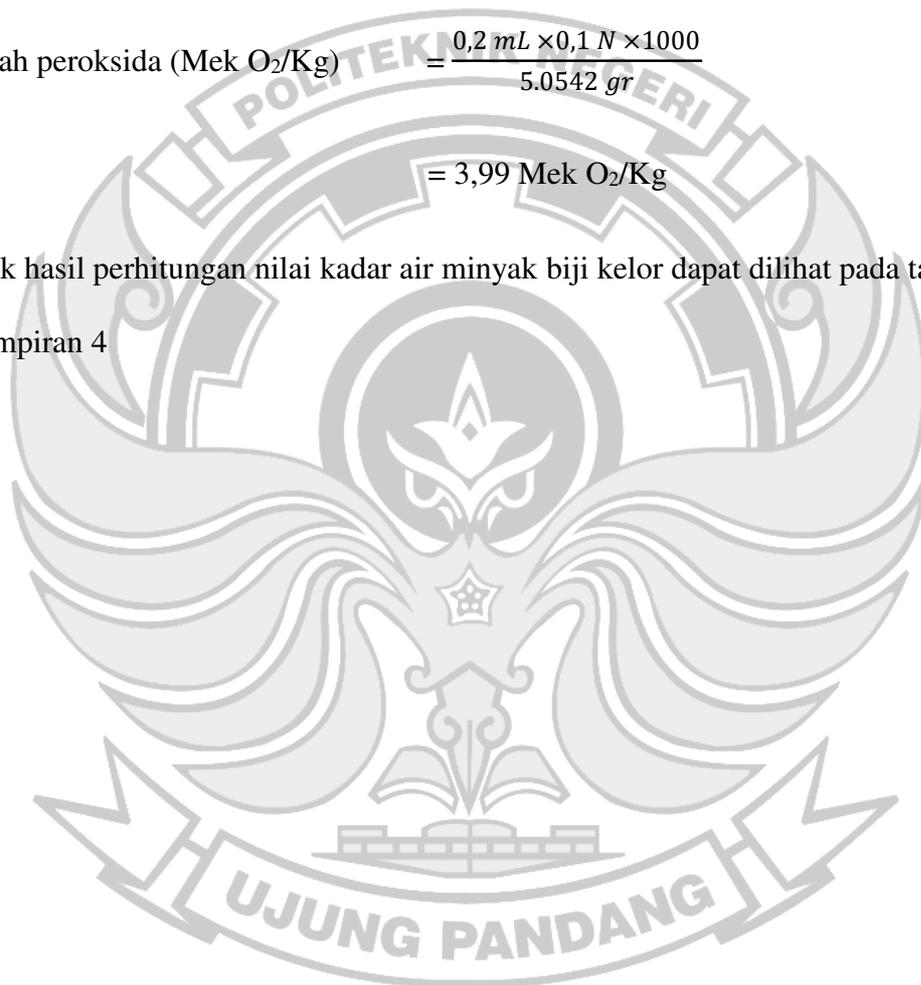
$$A = 0,2 \text{ mL}$$

$$N = 0,1 \text{ N}$$

Berat sampel = 5,0542 gram

$$\begin{aligned} \text{Jumlah peroksida (Mek O}_2\text{/Kg)} &= \frac{0,2 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 1000}{5,0542 \text{ gr}} \\ &= 3,99 \text{ Mek O}_2\text{/Kg} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan nilai kadar air minyak biji kelor dapat dilihat pada tabel di lampiran 4



LAMPIRAN V. DOKUMENTASI PENELITIAN

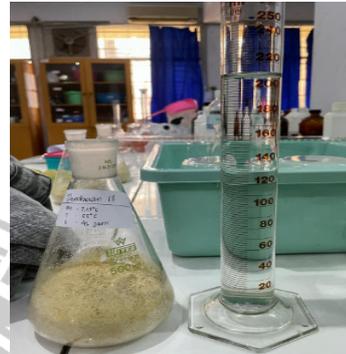
1. Persiapan Bahan Baku



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



6. Pelarutan NaCl dalam 500 mL Aquades



7. Penimbangan buah pepaya muda sebanyak 250 gram



8. Pencacahan buah pepaya menggunakan blender



9. Penimbangan 2,5 gram NaCl (garam dapur)



10. Pencampuran Buah pepaya yang sudah halus dengan larutan NaCl



11. Penyaringan campuran pepaya dan NaCl



12. Penambahan larutan sari buah pepaya pada sampel biji kelor sesuai dengan volume yang diinginkan

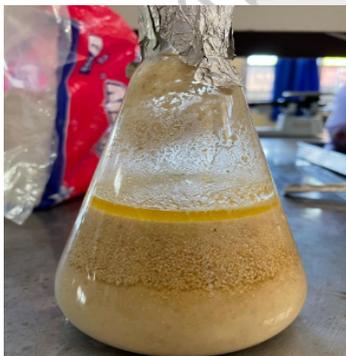


13. Suhu shaker waterbath diatur sesuai sampel



14. Sampel didiamkan di shaker waterbath sesuai waktu sampel

2. Proses Pemisahan Minyak



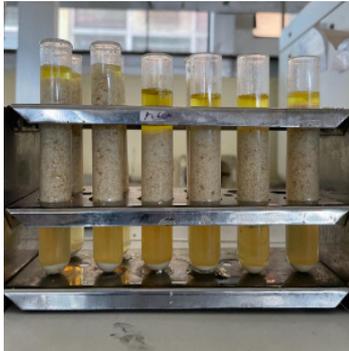
1. Hasil sampel minyak yang akan dipisahkan



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

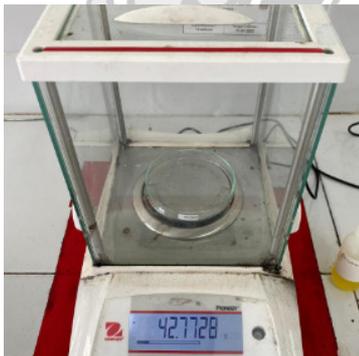


5. Ditimbang kosong botol yang akan diisi minyak



6. Minyak disimpan kedalam botol dan ditimbang

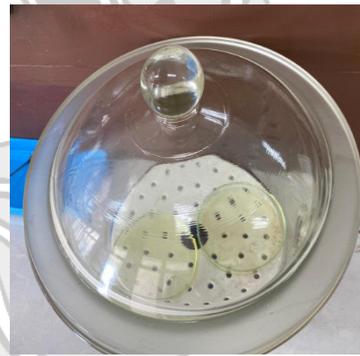
3. Analisa Kadar Air



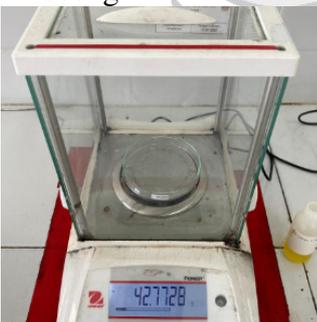
1. Ditimbang Cawan kosong



2. Cawan dioven pada suhu 105° C



3. Cawan dimasukkan ke dalam desikator



4. Cawan kosong ditimbang dan tahapan 1-3 diulang hingga memperoleh berat konstan

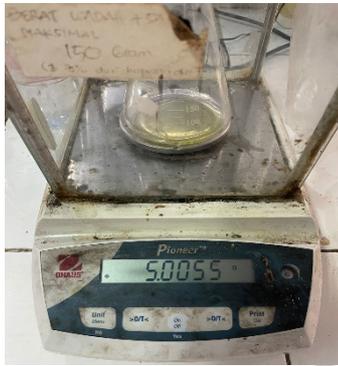


5. Sampel kemudian dituang kedalam cawan kosong sebanyak 1 mL



6. Oven sampel pada suhu 105°C selanjutnya dilakukan penimbangan.

4. Analisa Asam Lemak Bebas



1. Ditimbang 0,5 gramam minyak biji kelor kedalam erlenmeyer 250 mL



2. Dicampurkan 50 mL metanol lalu di tutupi aluminium foil



3. Dipanaskan dengan suhu 60 °C selama 10 menit lalu didinginkan selama 5 menit di suhu ruang



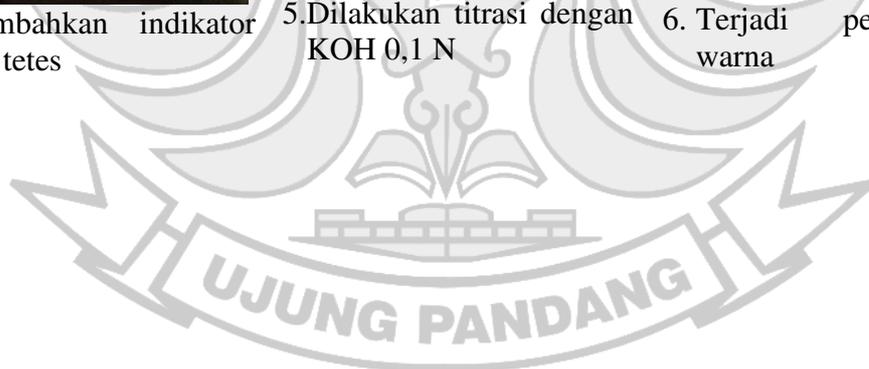
4. Ditambahkan indikator PP 3 tetes



5. Dilakukan titrasi dengan KOH 0,1 N



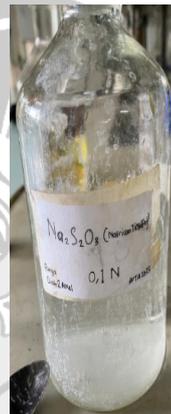
6. Terjadi perubahan warna



5. Analisa Peroksida



1. Ditimbang 5 gram minyak biji kelor kedalam erlenmeyer 250 mL
2. Ditambahkan 30 mL campuran kloroform 40% dan asam asetat glasial 60%
3. Ditambahkan 2 gram KI lalu dihomogenkan, setelah itu didiamkan selama 30 menit ditempat tertutup.



4. Ditambahkan 30 mL aquabidest lalu ditambahkan larutan kanji sebanyak 3x pipet
5. Dilakukan titrasi dengan Natrium Tiosulfat
6. Terjadi perubahan warna

6. Uji Organoleptik

a. Dokumentasi uji aroma dan warna minyak biji kelor



b. Tabel uji organoleptik:

Tabel L.5. Hasil uji organoleptik minyak biji kelor

Sampel		Nama Panelis	Aroma	Warna	
Suhu (°C)	Volume Enzim (mL)				
45	25	- Annisa	- Baik	- Jernih	
		- Annisa S.	- Baik	- Jernih	
		- Jusra	- Baik	- Jernih	
		- Adhal	- Baik	- Jernih	
		- Claudia	- Baik	- Jernih	
		- Annisa	- Kurang Baik	- Keruh	
	50	- Annisa S.	- Kurang Baik	- Keruh	
		- Jusra	- Kurang Baik	- Keruh	
		- Adhal	- Kurang Baik	- Keruh	
		- Claudia	- Kurang Baik	- Keruh	
		75	- Annisa	- Baik	- Jernih
			- Annisa S.	- Baik	- Jernih
- Jusra	- Baik		- Jernih		
- Adhal	- Baik		- Jernih		
- Claudia	- Baik		- Jernih		
100	- Annisa		- Sangat Baik	- Jernih	
	- Annisa S.	- Sangat Baik	- Jernih		
	- Jusra	- Sangat Baik	- Jernih		
	- Adhal	- Sangat Baik	- Jernih		
	- Claudia	- Sangat Baik	- Jernih		

Tabel L.5. Lanjutan

Sampel		Nama Panelis	Aroma	Warna
Suhu (°C)	Volume Enzim (mL)			
50	25	- Annisa	- Baik	- Keruh
		- Annisa S.	- Baik	- Keruh
		- Jusra	- Baik	- Keruh
		- Adhal	- Baik	- Keruh
		- Claudia	- Baik	- Keruh
	50	- Annisa	- Sangat Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Sangat Baik	- Jernih
		- Jusra	- Sangat Baik	- Jernih
		- Adhal	- Sangat Baik	- Jernih
		- Claudia	- Sangat Baik	- Jernih
	75	- Annisa	- Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Baik	- Jernih
		- Jusra	- Baik	- Jernih
		- Adhal	- Baik	- Jernih
		- Claudia	- Baik	- Jernih
100	- Annisa	- Baik	- Jernih	
	- Annisa S.	- Baik	- Jernih	
	- Jusra	- Baik	- Jernih	
	- Adhal	- Baik	- Jernih	
	- Claudia	- Baik	- Jernih	
55	25	- Annisa	- Kurang Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Kurang Baik	- Jernih
		- Jusra	- Kurang Baik	- Jernih
		- Adhal	- Kurang Baik	- Jernih
		- Claudia	- Kurang Baik	- Jernih
	50	- Annisa	- Kurang Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Kurang Baik	- Jernih
		- Jusra	- Kurang Baik	- Jernih
		- Adhal	- Kurang Baik	- Jernih
		- Claudia	- Kurang Baik	- Jernih
	75	- Annisa	- Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Baik	- Jernih
		- Jusra	- Baik	- Jernih
		- Adhal	- Baik	- Jernih
		- Claudia	- Baik	- Jernih
100	- Annisa	- Kurang Baik	- Jernih	
	- Annisa S.	- Kurang Baik	- Jernih	
	- Jusra	- Kurang Baik	- Jernih	
	- Adhal	- Kurang Baik	- Jernih	
	- Claudia	- Kurang Baik	- Jernih	

Tabel L.5. Lanjutan

Sampel		Nama Panelis	Aroma	Warna
Suhu (°C)	Volume Enzim (mL)			
60	25	- Annisa	- Kurang Baik	- Jernih
		- Annisa S.	- Kurang Baik	- Jernih
		- Jusra	- Kurang Baik	- Jernih
		- Adhal	- Kurang Baik	- Jernih
	50	- Claudia	- Kurang Baik	- Jernih
		- Annisa	- Buruk	- Jernih
		- Annisa S.	- Buruk	- Jernih
		- Jusra	- Buruk	- Jernih
	75	- Adhal	- Buruk	- Jernih
		- Claudia	- Buruk	- Jernih
		- Annisa	- Buruk	- Jernih
		- Annisa S.	- Buruk	- Jernih
100	- Jusra	- Buruk	- Jernih	
	- Adhal	- Buruk	- Jernih	
	- Claudia	- Buruk	- Jernih	
	- Annisa	- Buruk	- Jernih	
		- Annisa S.	- Buruk	- Jernih
		- Jusra	- Buruk	- Jernih
		- Adhal	- Buruk	- Jernih
		- Claudia	- Buruk	- Jernih

Catatan:

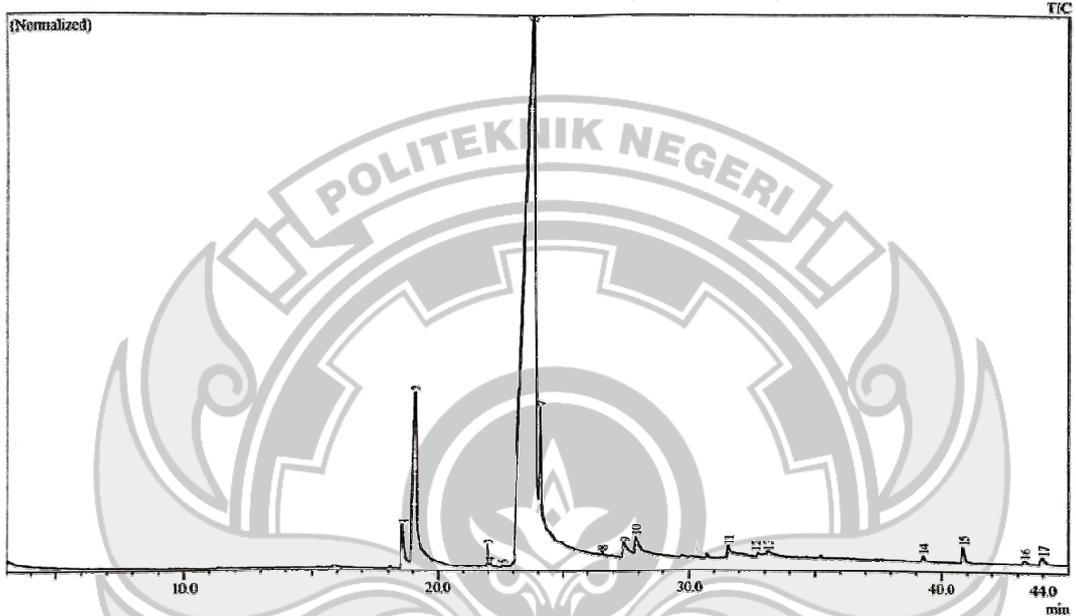
1. Aroma: Buruk, Kurang Baik, Baik, Sangat Baik
2. Warna: jernih dan keruh

LAMPIRAN VI HASIL UJI GC-MS MINYAK BIJI KELOR

Analyzed by : Adnin
 Analyzed : 7/7/2024 11:20:09 AM
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 Sample Name : Enzimatis 60 Derajat 2
 Sample ID : Enzimatis 60 Derajat 2
 IS Amount : [1]-1
 Sample Amount : 1

Sample Information

Chromatogram:Enzimatis 60 Derajat 2 C:\GCMS\Solution\01\Data\Project11\Enzimatis 60 Derajat 2.QGD



Peak#	R. Time	Area	Area%	M/H Name
1	18.586	6606916	1.44	7.56 Palmitoleic acid
2	19.122	40997544	8.91	11.73 n-Hexadecanoic acid
3	21.969	1637296	0.36	3.78 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
4	22.108	281107	0.06	3.61 2-Nonadecanone
5	22.587	149893	0.03	3.68 OCTADECANOIC ACID, METHYLESTER
6	23.919	332631578	72.29	30.74 9-Octadecenoic acid, (E)-
7	24.134	55939927	12.16	19.65 Octadecanoic acid
8	26.550	740895	0.16	10.10 2-Nonadecanone
9	27.432	4118613	0.90	14.64 Erucic acid
10	27.900	6555578	1.42	17.06 Eicosanoic acid
11	31.552	2097057	0.46	9.77 Eicosanoic acid
12	32.725	988443	0.21	12.74 Hydroxycitronellal, trimethylsilyl ether
13	33.121	1704056	0.37	18.42 9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester
14	39.269	812848	0.18	7.31 .beta.-Tocopherol
15	40.859	2162860	0.47	7.21 .alpha.-Tocopherol- beta-D-mannoside
16	43.288	890222	0.19	10.83 23-R-METHYLCHOLESTEROL
17	43.991	1801014	0.39	12.51 Stigmasta-5,22-dien-3-ol, (3.beta.,22E)- (CAS)
		460115787	100.00	