

**PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT  
MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTVASI ASAM  
SULFAT (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Dwi Ajeng Rahayu**

1914231030



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRACT**

### **PROCESS REDUCING OF UNPLEASANT ODOR IN RED PALM OIL USING ACTIVATED ZEOLITE SULFURIC ACID (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

**By**

**DWI AJENG RAHAYU**

Red palm oil (MSM) is an oil obtained from crude palm oil (CPO) processing without a bleaching process to maintain the carotene content in it. MSM has been used for the manufacture of mayonnaise, however the resulting aroma is still not liked because it smells unpleasant. This study aims to determine the effect of the concentration of sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) as an activator and to obtain the best concentration on the chemical and organoleptic characteristics of MSM. In this study the concentrations of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as zeolite activator used were P1 (0%), P2 (1%), P3 (2%), P4 (3%) and P5 (4%). The results showed that H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with a concentration of 4% was the best for the chemical and organoleptic characteristics of MSM. MSM with a concentration of 4% has a red-orange scoring characteristic (4.73); and odor is not rancid (4.40); preferred color hedonic (4.43); and preferred color scoring (4.42). MSM with a concentration of 4% contains water, free fatty acids, and carotenes respectively, namely 0.07%; 0.08%; and 437 ppm.

**Keywords** : MSM, zeolite, sulfuric acid, activation, adsorption.

## ABSTRAK

### PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTIVASI ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ )

Oleh

DWI AJENG RAHAYU

Minyak sawit merah (MSM) merupakan minyak yang diperoleh dari pengolahan *crude palm oil* (CPO) tanpa proses *bleaching* untuk mempertahankan kandungan karoten didalamnya. MSM telah dimanfaatkan untuk pembuatan mayonaise, tetapi aroma yang dihasilkan masih kurang disukai karena beraroma langu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai aktivator dan mendapatkan konsentrasi yang terbaik terhadap karakteristik kimia dan organoleptik MSM. Pada penelitian ini konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai aktivator zeolit yang digunakan yaitu P1 (0%), P2 (1%), P3 (2%), P4 (3%) dan P5 (4%). Hasil menunjukkan bahwa  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 4% merupakan yang terbaik terhadap karakteristik kimia dan organoleptik MSM. MSM dengan konsentrasi 4% memiliki karakteristik skoring warna merah keorenan (4,73); dan aroma tidak langu (4,40); hedonik warna disukai (4,43); dan skoring warna disukai (4,42). MSM dengan konsentrasi 4% mengandung air, asam lemak bebas, dan karoten secara berturut-turut yaitu 0,07%; 0,08%; dan 437 ppm.

**Kata kunci** : MSM, zeolit, asam sulfat, aktivasi, adsorpsi.

**PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT  
MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTIVASI ASAM  
SULFAT (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

**Oleh**

**Dwi Ajeng Rahayu**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2023**

Judul Skripsi : **PROSES PENGURANGAN AROMA  
LANGU PADA MINYAK SAWIT MERAH  
MENGUNAKAN ZEOLIT YANG  
TERAKTIVASI ASAM SULFAT (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

Nama Mahasiswa : **Dwi Ajeng Rahayu**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914231030

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**



**Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**  
NIP. 19710930 199512 2 001



**Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**  
NIP. 19680807 199303 1 002

2. **Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**




**Dr. Erdj Suroso, S.T.P., M.T.A.**  
NIP 19721006 199803 1 005

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**

  
.....

Sekretaris : **Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**

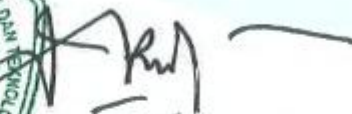
  
.....

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.**

  
.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



  
**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP. 19611020 198603 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Agustus 2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Ajeng Rahayu

NPM : 1914231030

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya tulis ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Hasil karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila terdapat kecurangan dikemudian hari dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2023

Pembuat Pernyataan



Dwi Ajeng Rahayu  
NPM. 1914231030

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi, Lampung Utara, Provinsi Lampung, pada tanggal 30 Juli 2001. Penulis merupakan putri kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Agustian Sahri dan Ibu Enah Fatimah. Penulis memiliki seorang kakak laki-laki yang bernama Ahmad Fityan Ramadhan. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di MIN 8 Bandar Lampung pada tahun 2013, kemudian menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di MTsN 1 Bandar Lampung pada tahun 2016, serta menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas di MAN 2 Bandar Lampung pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bumi Mandiri, Kecamatan Abung Barat, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Pada bulan Juni-Agustus 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di CV. Panda Alami, Desa Cipadang, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dan telah menyelesaikan laporan PU dengan judul “Mempelajari Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) Produk Keripik Pisang Muli di CV. Panda Alami”. Selama perkuliahan penulis aktif sebagai anggota ESO (*English Social Organization*).



## SANWACANA

*Alhamdulillah robbil 'alamiin.* Puji syukur kehadiran Allah SWT atas Rahmat, Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Proses Pengurangan Aroma Langu pada Minyak Sawit Merah Menggunakan Zeolit Teraktivasi Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)”**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S-1) dalam memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih atas segala dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak selama proses studi dan juga selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P, M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Harun Al Rasyid, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Pertama sekaligus Pembimbing Akademik yang telah membimbing, arahan, saran, kritik, dan pengarahan selama menjalani perkuliahan, penelitian dan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Dr. Ir Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan arahan, saran, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan evaluasi dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu dosen pengajar, Staf dan Karyawan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah mengajari, membimbing, dan membantu administrasi dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Ayah Agustian Sahri dan Ibu Enah Fatimah selaku kedua orang tua penulis dan kakak Ahmad Fityan Ramadhan yang tiada henti memberikan dukungan, kasih sayang, do'a, dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Sahabat-sahabatku (Zatira, Safira, Triya, Fadia, Berti, Shaffa, Indah, Lela, Mia, Leni, Zakia, Nadia, Echa, Opi, Aulia, Silvi, Akhwan, Rani, Nimas, Yova, Reky) telah memberikan dukungan, motivasi, bantuan, serta membantu penulis dalam keadaan suka ataupun duka hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman seperjuangan TIP dan THP angkatan 2019 terimakasih atas perjalanan dan kebersamaannya selama perkuliahan ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2023  
Penulis

**Dwi Ajeng Rahayu**  
NPM. 1914231030

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
1.4 Hipotesis.....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Crude Palm Oil</i> (CPO).....	9
2.2 Minyak Sawit Merah .....	10
2.3 Karotenoid .....	11
2.4 Adsorpsi.....	13
2.5 Zeolit.....	13
2.6 Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....	15
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu .....	16
3.2 Bahan dan Alat .....	16
3.3 Metode Penelitian.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	17
3.4.1 Preparasi Sampel Zeolit.....	17
3.4.2 Aktivasi Zeolit .....	18
3.4.3 Pembuatan Minyak Sawit Merah.....	19
3.4.4 Proses Adsorpsi Dengan Zeolit Teraktivasi.....	22
3.5 Pengamatan .....	23
3.5.1 Analisis Kadar Asam Lemak Bebas .....	23
3.5.2 Analisis Kadar Air .....	23
3.5.3 Analisis Kadar Karoten.....	24
3.5.4 Uji Sensori pada Minyak Sawit Merah.....	25

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Uji Kadar Air .....	28
4.2 Uji Kadar Asam Lemak Bebas .....	29
4.3 Uji Karoten .....	31
4.4 Uji Sensori .....	32
4.4.1 Uji Skoring Terhadap Aroma .....	32
4.4.2 Uji Hedonik Terhadap Aroma .....	34
4.4.3 Uji Skoring Terhadap Warna .....	35
4.4.4 Uji Hedonik Terhadap Warna.....	36
4.5 Pembahasan Umum.....	37
4.6 Perlakuan Terbaik .....	40
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran .....	41

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN.**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komponen Mikronutrien pada CPO.....	9
2. Retinol Ekuivalen (RE) pada RPO dibandingkan dari Sumber Lain..	12
3. Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebagai aktivator.....	17
4. Kuisisioner Uji Skoring Minyak Sawit Merah .....	26
5. Kuisisioner Uji Hedonik Minyak Sawit Merah .....	27
6. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Kadar Air .....	28
7. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas .....	30
8. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Kadar Karoten.....	31
9. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Skoring (aroma) .....	33
10. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Hedonik (aroma) .....	34
11. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Skoring (warna) .....	35
12. Hasil Uji BNT (0,05) Pengujian Hedonik (warna) .....	37
13. Penentuan Perlakuan Terbaik.....	40
14. Nilai Rata-Rata Uji Kadar Air pada Minyak Sawit Merah.....	50
15. Analisis Ragam Uji Kadar Air pada Minyak Sawit Merah .....	50
16. Hasil Uji BNT Kadar Air pada Minyak Sawit Merah.....	50
17. Nilai Rata-Rata Uji Kadar ALB pada Minyak Sawit Merah .....	50

18. Analisis Ragam Uji Kadar ALB pada Minyak Sawit Merah .....	51
19. Hasil Uji BNT Kadar ALB pada Minyak Sawit Merah .....	51
20. Nilai Rata-Rata Uji Kadar Karoten pada Minyak Sawit Merah .....	51
21. Analisis Ragam Uji Kadar Karoten pada Minyak Sawit Merah .....	51
22. Hasil Uji BNT Kadar Karoten pada Minyak Sawit Merah .....	52
23. Nilai Rata-Rata Uji Skoring (Aroma) pada Minyak Sawit Merah....	52
24. Analisis Ragam Uji Skoring (Aroma) pada Minyak Sawit Merah ...	52
25. Hasil Uji BNT Skoring (Aroma) pada Minyak Sawit Merah .....	52
26. Nilai Rata-Rata Uji Hedonik (Aroma) pada Minyak Sawit Merah ..	53
27. Analisis Ragam Uji Hedonik (Aroma) pada Minyak Sawit Merah..	53
28. Hasil Uji BNT Hedonik (Aroma) pada Minyak Sawit Merah .....	53
29. Nilai Rata-Rata Uji Skoring (Warna) pada Minyak Sawit Merah ....	53
30. Analisis Ragam Uji Skoring (Warna) pada Minyak Sawit Merah....	54
31. Hasil Uji BNT Skoring (Warna) pada Minyak Sawit Merah.....	54
32. Nilai Rata-Rata Uji Hedonik (Warna) pada Minyak Sawit Merah ...	54
33. Analisis Ragam Uji Hedonik (Warna) pada Minyak Sawit Merah....	54
34. Hasil Uji BNT Hedonik (Warna) pada Minyak Sawit Merah .....	55

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran Penelitian. ....	6
2. Tetrahedra Alumina dan Silika Pada Struktur Zeolit.....	14
3. Diagram Alir Proses Preparasi Zeolit .....	18
4. Diagram Alir Proses Aktivasi Zeolit.....	19
5. Pembuatan Minyak Sawit Merah .....	21
6. Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolit Teraktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	22
7. Penghancuran Zeolit.....	55
8. Penghalusan Zeolit .....	55
9. Pengayakan Zeolit.....	55
10. Pengeringan Zeolit .....	55
11. Penyimpanan Zeolit .....	55
12. Pengenceran Larutan Aktivator H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	56
13. Penimbangan Zeolit .....	56
14. Pencampuran Zeolit dan Larutan Aktivator .....	56
15. Pendiaman Zeolit selama 24 jam .....	56
16. Pencucian Zeolit Sampai pH Netral.....	56
17. Penyaringan Zeolit .....	56

18. Penyimpanan Zeolit .....	56
19. Pengeringan Zeolit Selama 2-3 Jam.....	56
20. Proses <i>Degumming</i> .....	57
21. Pengendapan, T=24 jam.....	57
22. Proses Penyaringan .....	57
23. Proses <i>Netralisasi</i> .....	57
24. Pengendapan, T=24 jam.....	57
25. Proses Penyaringan .....	57
26. Penimbangan Minyak.....	57
27. Proses Sentrifugasi .....	57
28. Hasil Sentrifugasi .....	57
29. Proses Pencucian Menggunakan Air Panas .....	58
30. Minyak Sawit Merah Kontrol .....	58
31. Proses Pemanasan dan Pengadukan Minyak dan Zeolit .....	58
32. Proses Penyaringan .....	58
33. Penggantian Kertas Saring .....	58
34. MSM Hasil Adsorpsi .....	58
35. Zeolit Hasil Adsorpsi .....	58
36. Pengujian Kadar Air.....	59
37. Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas .....	59
38. Pengujian Kadar Karoten .....	59
39. Pengujian Sensori.....	59



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil CPO terbesar di dunia sehingga dapat berpotensi untuk dikembangkan menjadi makanan atau pangan fungsional.

Makanan atau pangan fungsional merupakan pangan alami (sebagai contoh, buah-buahan dan sayur-sayuran) atau pangan olahan yang mengandung komponen bioaktif sehingga dapat memberikan dampak positif pada fungsi metabolisme manusia. Minyak sawit atau *Crude Palm Oil* mengandung komponen minor yang memiliki nilai nutrisi tinggi seperti senyawa karotenoid dan vitamin E (*alphatokoferol* dan *tokotrienol*) dalam jumlah yang sangat tinggi, yaitu masing-masing 500 ppm dan 600-1000 ppm. Jenis karoten yang terkandung dalam minyak sawit sekitar 90% adalah  $\alpha$ - dan  $\beta$ -karoten. Hal tersebut memungkinkan karena keduanya memiliki aktivitas pro-vitamin A yang tinggi dan nilainya 15 - 30 kali dari retinol wortel dan tomat (Hasibuan dan Kurniawan, 2018).

Secara umum,  $\alpha$ - dan  $\beta$  karoten diketahui berfungsi untuk mengurangi radikal bebas. Sayangnya, aplikasi minyak sawit pada minyak goreng merusak senyawa karoten dan dihilangkan agar diperoleh produk minyak goreng berwarna kuning pucat sehingga dapat diterima oleh masyarakat. Selama ini, konsumsi minyak sawit dalam bentuk minyak goreng, senyawa tersebut banyak yang hilang terutama karoten karena adanya proses pengolahan yang menggunakan suhu tinggi (Mas'ud *et al*, 2008). Pada proses pemurnian minyak terdiri dari beberapa tahap yaitu pemisahan gum (*degumming*), netralisasi (*deacidifikasi*), pemucatan (*bleaching*) dan *deodorisasi*. Pada proses *bleaching* inilah komponen minor terutama karoten dari minyak sawit banyak terbuang dan memang sengaja untuk

mendapatkan minyak goreng yang berwarna jernih (Sumarna, 2014). Oleh karena itu, untuk menghasilkan minyak sawit dengan kandungan karotenoid yang tinggi, maka proses *bleaching* dan *deodorisasi* tidak dilakukan agar komponen minor karotenoid tidak rusak akibat suhu tinggi sehingga hasil yang diperoleh yaitu minyak sawit merah (MSM).

Berdasarkan penelitian Hidayati *et al.*, (2017) MSM telah dimanfaatkan untuk pembuatan mayonaise tetapi, aroma yang dihasilkan masih kurang disukai karena beraroma langu dan tengik. Oleh karena itu, untuk meningkatkan daya terima konsumen terhadap minyak sawit merah maka sawit merah tersebut perlu penghilangan aroma langu atau tengik yang diakibatkan adanya asam lemak bebas didalam minyak sawit. Aroma langu atau senyawa yang menyebabkan rasa dan bau tidak sedap diduga berasal dari asam lemak bebas dan sisa-sisa pada proses netralisasi. Pada proses netralisasi, pencucian menghasilkan kadar air. Kadar air menghidrolisis minyak sawit merah sehingga menghasilkan aroma yang tidak menyenangkan (Sumarna, 2014).

Kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit dapat diturunkan dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben tertentu (Dahlia *et al.*, 2019). Salah satunya dengan memanfaatkan adsorben seperti zeolit untuk menyerap aroma langu dan tengik. Zeolit merupakan jenis batuan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben pada proses penurunan kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit. Zeolit sangat baik digunakan sebagai adsorben karena memiliki daya serap yang tinggi, luas permukaan yang besar, memiliki pori yang banyak dan juga harganya relatif murah serta banyak terdapat di Indonesia (Nurani *et al.*, 2016)

Zeolit alam masih banyak mengandung zat pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe. Zat pengotor tersebut menutupi permukaan dan pori-pori zeolit sehingga akan mengganggu proses penyerapan molekul. Oleh karena itu, perlu dilakukan aktivasi pada zeolit untuk menghilangkan zat pengotor tersebut agar dapat memaksimalkan kemampuan zeolit sebagai penyerap (Amiruddin, 2013). Aktivasi zeolit alam dilakukan menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Asam sulfat  $H_2SO_4$

dapat menghilangkan pengotor-pengotor yang ada di permukaan zeolit, sehingga luas permukaan adsorpsi meningkat (Susilo *et al.*, 2013). Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit teraktivasi  $H_2SO_4$  pada pemurnian minyak sawit merah untuk menghilangkan aroma langu pada minyak sawit merah.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik kimia dan organoleptik minyak sawit merah.
2. Mengetahui konsentrasi terbaik asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik kimia dan organoleptik minyak sawit merah.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Minyak sawit merah masih memiliki aroma langu yang disebabkan oleh asam lemak bebas dalam minyak sehingga diperlukan adsorben yang dapat menyerap aroma langu tersebut. Salah satu adsorben yang berpotensi untuk digunakan yaitu zeolit, hal ini dikarenakan zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap asam lemak bebas yang menyebabkan aroma langu tersebut. Zeolit memiliki beberapa kelemahan, di antaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Zat pengotor tersebut dapat menghambat kemampuan zeolit sebagai penyerap (Susilo, 2017). Zeolit perlu diaktivasi terlebih dahulu untuk menghilangkan zat pengotor yang terkandung didalamnya. Aktivasi yang dilakukan yaitu menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan berbagai konsentrasi.

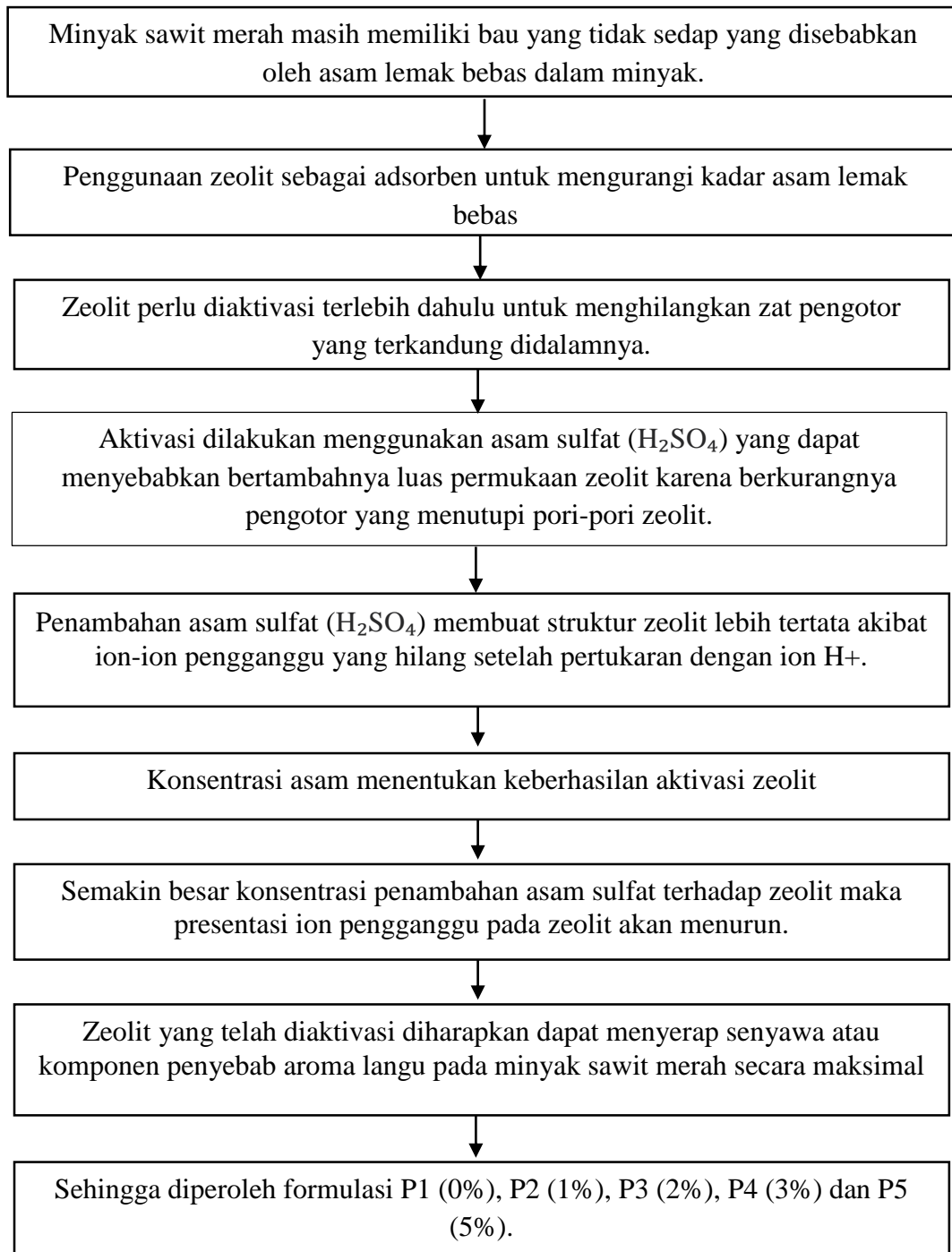
Aktivasi kimia digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan aktivasi fisika, seperti suhu aktivasi yang digunakan relatif rendah dan pori-pori yang terbentuk lebih banyak sehingga luas permukaannya lebih besar (Yusniyyah, 2017). Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dipilih sebagai aktivator karena memiliki sifat *dehydrating agent* dan memiliki lebih banyak situs aktif

dibandingkan dengan aktivator asam pada umumnya. Selain itu, asam sulfat juga dapat membuka dan memperluas pori-pori pada karbon dengan cara menghancurkan kotoran berupa oksida-oksida logam (magnesium, besi, aluminium dan kalsium) yang menutupi pori-pori karbon tersebut (Rustiah, 2016).

Penambahan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) membuat struktur zeolit lebih tertata akibat ion-ion pengganggu yang hilang setelah pertukaran dengan ion  $H^+$ . Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penyerapan (Yusniyyah, 2017). Menurut Oktafany *et al.*, (2016) terdapat beberapa faktor yang menentukan keberhasilan aktivasi zeolit menggunakan  $H_2SO_4$ , salah satunya adalah konsentrasi asamnya. Konsentrasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan rusaknya struktur zeolit.

Pada penelitian Yusniyyah (2017) yang melakukan aktivasi zeolit alam menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan variasi konsentrasi  $H_2SO_4$  yaitu sebanyak 1, 3, 5 dan 7 M. Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan yaitu penggunaan konsentrasi aktivator asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 7M memiliki jumlah ion  $H^+$  yang lebih banyak sehingga lebih efektif dalam proses pertukaran dengan ion-ion pengganggu. Penurunan logam Fe akibat penambahan asam sulfat dengan konsentrasi tinggi tidak mempengaruhi kerangka atau struktur zeolit. Presentasi ion pengotor Cr, Fe, Zn, Mn dan Eu sebelum dan sesudah diaktivasi mengalami penurunan. Presentasi Cr dari 0,072% menjadi 0,061%, Mn dari 2,21% menjadi 0,27%, Fe dari 35,9% menjadi 14,3%, Zn dari 0,70% menjadi 0,27% dan Eu dari 0,5% menjadi 0,1%. Penambahan asam dapat mempengaruhi penurunan ion-ion pengganggu seperti Cr, Fe, Zn, Mn dan Eu pada zeolit. Semakin besar konsentrasi penambahan asam sulfat terhadap zeolit maka presentasi ion pengganggu pada zeolit akan menurun. Lorentius dan Ery (2013) melakukan penelitian terhadap pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) terhadap daya adsorpsi zeolit, dimana pada konsentrasi 2% zeolit mencapai daya serap optimal dan daya adsorpsi

mengalami penurunan mendekati konsentrasi 5%. Hal ini disebabkan karena zeolit mengalami dealuminasi ketika konsentrasi  $H_2SO_4$  mendekati 5% dan selebihnya. Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik kimia dan organoleptik minyak sawit merah dengan analisis sensori, kadar air, asam lemak bebas dan kadar yang dijelaskan pada diagram alir Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran Penelitian.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik kimia dan organoleptik minyak sawit merah.
2. Terdapat konsentrasi terbaik asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik kimia dan organoleptik minyak sawit merah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Crude Palm Oil (CPO)*

Buah kelapa sawit terdiri dari kandungan perikarp (sekitar 80%) yang terdiri dari epikarp dan mesokarp dengan kandungan minyak sebanyak 30%-40% . Sekitar 20% kelapa sawit terdiri dari buah yang memiliki lapisan kulit tipis (endokarp dan endosperm). Minyak yang dihasilkan dari buah kelapa sawit ada dua jenis yaitu *crude palm oil (CPO)* dan *palm kernel oil (PKO)*. Minyak CPO diperoleh dari buah kelapa yaitu sabut dagingnya (mesokarp). Sedangkan minyak inti sawit merupakan minyak yang didapatkan dari inti buah kelapa sawit (endosperm) (Harahap *et al.*, 2020). Perbedaan kedua jenis minyak tersebut yaitu adanya pigmen karotenoid pada CPO yang memberi warna kuning kemerahan pada minyak. Minyak inti buah kelapa sawit tidak mengandung karotenoid, sedangkan kandungan karotenoid pada CPO yaitu  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, karoten dan xantofil. Komponen asam lemak terbesar pada CPO yaitu asam palmitat (39 – 45%) dan asam oleat (37-44%). Asam palmitat termasuk asam lemak yang memiliki titik cair yang tinggi yaitu 64°C sehingga pada suhu ruang CPO dapat berbentuk semi padat. Selain mengandung asam-asam lemak, CPO juga mengandung 1% komponen minor yang terdiri dari karotenoid, fosfolipid, glikolipid, tokoferol, sterol dan gugus hidrokarbon alifatik serta komponen sisanya. Kandungan karotenoid dalam kelapa sawit berkisar antara 600-1000 $\mu$ g/g (Puspitasari, 2008). Komponen mikronutrien pada CPO disajikan pada Tabel 1.



Tabel 1. Komponen Mikronutrien pada CPO.

<b>Mikronutrien</b>	<b>Kandungan (ppm)</b>	<b>Rekomendasi Asupan</b>
$\alpha$ -karoten	235	1,5 mg/hari
$\beta$ -karoten	377	2,5-5,9mg/hari
Vitamin E	810	15mg/hari
Likopen	8,74	3,7-16,15mg/hari
Lutein	<i>Trace</i>	1,3-3mg/hari
Sterol		
$\beta$ -sitosterol	370	
Kampasterol	151	
Stigmasterol	66	
Kolesterol	18	
Ubiquinon 10 (UQ-10)	18-2	

Sumber : Ayustaningwarno (2012).

Proses pengolahan CPO menjadi minyak goreng komersial umumnya melalui beberapa tahap yaitu ekstraksi, pemurnian dan fraksinasi. Ekstraksi merupakan cara untuk mendapatkan minyak atau lemak dari bahan yang diekstrak. Ekstraksi yang dilakukan antara lain perebusan, perontokan, pelumatan, pengepresan dan ekstraksi pelarut. Proses selanjutnya yaitu pemurnian meliputi pemisahan gum (*degumming*), pemisahan asam lemak bebas (netralisasi), pemucatan (*bleaching*) dan penghilangan bau (deodorisasi). Pada tahap pemurnian menghasilkan *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO). Tahap terakhir yaitu fraksinasi untuk memisahkan fraksi padat (stearin) dan cair (olein) dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO (Puspitasari, 2008).

Minyak goreng dari minyak sawit merupakan fraksi *Refined Bleached Deodorized Palm Olein* (RBDolein) hasil fraksinasi satu tahap dari *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) dan minyak ini disebut juga sebagai olein normal dengan bilangan iod minimum 56. Sedangkan minyak goreng hasil fraksinasi dua tahap dari RBDPO disebut olein super dengan bilangan iod minimum 60.

Umumnya, produk yang dijadikan sebagai minyak goreng curah adalah olein normal sedangkan minyak goreng *branded* adalah olein super. Rerata konsumsi minyak goreng di Indonesia adalah sebesar 23 gram per hari (Hasibuan dan Siahaan, 2014).

## 2.2 Minyak Sawit Merah

Minyak sawit merah adalah minyak sawit yang diperoleh tanpa melalui proses pemucatan (*bleaching*) dengan tujuan mempertahankan kandungan karotenoidnya. Minyak sawit merah (MSM) diperoleh dari pemurnian minyak sawit mentah. Minyak sawit merah (MSM) memiliki warna oranye-merah tua, dan diekstrak dari mesocarp buah pohon kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). Warna oranye tua-merah ini disebabkan oleh kandungan karotenoid nya terutama betakaroten yang tinggi. Warna khas dari MSM adalah karena banyaknya karotenoid (500-700 mg/L) yang meliputi  $\alpha$ -,  $\beta$ - dan  $\gamma$ -karoten dengan perbandingan 2: 1 dalam mendukung  $\beta$ -karoten (375 mg/g) (Marliyati *et al.*, 2021).

MSM juga mengandung berbagai vitamin antioksidan, seperti sumber vitamin A (karoten) yang berpengaruh positif terhadap kesehatan. Kandungan vitamin A dalam MSM dapat mengoptimalkan fungsi kekebalan tubuh, mempengaruhi pertumbuhan dan diferensiasi limfosit B. Selain itu, antioksidan alami yang dimiliki MSM dapat menangkap radikal bebas dan berperan dalam melindungi sel dari proses kerusakan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa MSM terbukti memiliki kandungan beta karoten yang sangat tinggi bahkan lebih tinggi dari wortel, tomat, pepaya, dan daun bayam. Hasil penelitian yang cukup beragam menunjukkan bahwa kandungan beta karoten pada MSM adalah 23,7 mg/100g dan 22 mg/100 g (Marliyati *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan Andarwulan *et al.*, (2003) menambahkan bahwa MSM tidak disarankan digunakan sebagai minyak goreng, sebab karotenoid yang terdapat didalamnya akan rusak pada suhu tinggi. Penggunaan minyak ini lebih disarankan sebagai minyak makan yaitu untuk menumis sayur, daging dan bumbu. MSM pula baik digunakan dalam pembuatan *salad oil* (minyak salad), serta dapat digunakan sebagai bahan fortifikan makanan untuk produk pangan berbasis minyak atau lemak, seperti margarin dan selai kacang. Secara umum, proses produksi MSM prinsipnya sama dengan proses produksi minyak sawit asli komersial (minyak goreng), yaitu pemisahan gum (*degumming*), netralisasi

(*deasidifikasi*), pemucatan (*bleaching*), dan deodorisasi. Satu hal yang membedakan adalah pada proses produksi MSM tidak ada tahapan *bleaching* (pemucatan) sehingga minyak masih tetap berwarna merah. MSM mempunyai aktivitas provitamin A dan vitamin E yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak sawit biasa.

### **2.3 Karotenoid**

Minyak sawit secara alami memiliki kandungan senyawa karotenoid yang sangat berlimpah, namun senyawa karotenoid ini mengalami kerusakan dan bahkan hilang pada proses pemurnian dan pengolahan menjadi minyak goreng. Warna minyak goreng yang diproduksi oleh pabrik rafinasi dan fraksinasi adalah kuning pucat. Warna pucat tersebut disebabkan oleh karoten dirusak dan dihilangkan hingga hanya tinggal 1-3 ppm (Hasibuan dan Siahaan, 2014). Karotenoid merupakan suatu kelompok pigmen berwarna orange, merah, atau kuning yang merupakan suatu zat alamiah yang sangat penting dan mempunyai sifat larut dalam lemak atau pelarut organik tetapi tidak larut dalam air. Senyawa ini dapat ditemukan dalam tanaman serta buah-buahan, tetapi tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia (Harahap *et al.*, 2020).

Beta karoten termasuk dalam salah satu produk dari karotenoid. Beta karoten merupakan provitamin A yang dapat diubah di dalam tubuh menjadi vitamin A yang aktif setelah mengalami metabolisme. Beta karoten mempunyai aktivitas vitamin A yang sangat tinggi. Vitamin A ini sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia terutama dalam kesehatan mata dan penangkapan radikal bebas (Harahap *et al.*, 2020). RPO (*red palm oil*) memiliki aktivitas vitamin A yang berkali-kali lipat lebih tinggi dibanding dari sumber lain. Angka kecukupan vitamin A dinyatakan dalam RE (Retinol Ekuivalen). Aktivitas vitamin A pada RPO dibandingkan dengan sumber lainnya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Retinol Ekuivalen (RE) pada RPO dibandingkan dari Sumber Lain.

Sumber	$\mu\text{g RE/g}$
RPO	30000
Wortel	2000
Sayur berdaun	685
Aprikot	250
Tomat	100
Pisang	30
Jeruk	8

Sumber : Ayustaningwarno (2012).

Asupan vitamin A yang sesuai dengan angka kecukupan gizi (AKG) yaitu sebesar 500  $\mu\text{g RE}$  dapat menjaga dan memelihara puncak kepadatan tulang (Ramayulis et al., 2011). Penggunaan 4sdm minyak sawit merah yang digunakan untuk memasak makanan pada suhu yang tidak terlalu tinggi, dapat meningkatkan kadar retinol dari 1.14 menjadi 1.17. Suplementasi minyak sawit merah dengan cara meminum 8 ml sehari selama 24 minggu dapat mengurangi resiko anemia pada wanita hamil (Ayustaningwarno, 2012).

## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu pengikatan molekul dari suatu fluida baik dalam wujud cair ataupun gas ke permukaan benda padat. Bahan padat yang mempunyai kemampuan mengikat (menjerap) molekul tertentu disebut adsorben, sedangkan zat yang dijerap disebut adsorbat (Fajriani *et al.*, 2022). Adsorben yang digunakan yaitu menggunakan bahan yang mempunyai pori-pori sehingga proses adsorpsi akan terjadi pada pori-pori dalam partikel tersebut. Jenis adsorben yang umum digunakan dalam adsorpsi yaitu karbon aktif atau zeolit. Penjerapan oleh adsorben terjadi karena perbedaan berat molekul atau polaritas yang akan menyebabkan sebagian molekul akan melekat lebih erat pada permukaan adsorben (Saragih, 2008).

Proses adsorpsi biasanya dilakukan dengan cara mengontakkan larutan/gas dengan padatan, sehingga komponen larutan/gas dijerap pada permukaan padatan

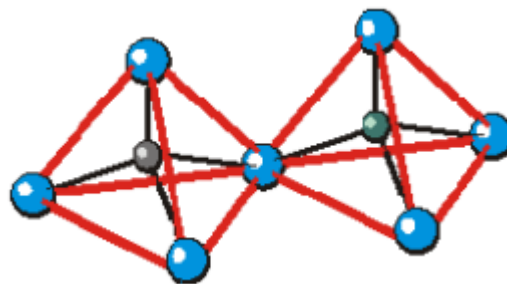
Proses adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan suatu fasa (gas atau cair) pada permukaan adsorben yang berbentuk padatan. Hal ini terjadi sebab terdapat ketidakseimbangan gaya-gaya molekul pada zat padat, yang cenderung menarik molekul lain yang bersentuhan pada permukaannya. Jumlah pori dan luas permukaan yang meningkat dapat menyebabkan ketidakseimbangan gaya-gaya molekul pada adsorben serta meningkatkan kemampuan adsorpsi. Maka dari itu, adsorben biasanya dilakukan proses aktivasi agar dapat meningkatkan kemampuannya dalam menyerap molekul. Peningkatan kapasitas adsorpsi adsorben yang teraktivasi, dimungkinkan karena meningkatnya luas permukaan. Proses aktivasi dapat membersihkan pengotor, baik pengotor organik maupun mineral, sehingga meningkatkan luas permukaan, maka molekul yang teradsorpsi akan semakin meningkat. Daya serap dari adsorben akan semakin kuat seiring dengan tingginya konsentrasi bahan pengaktivasi yang digunakan. Proses yang terjadi yaitu pengikatan senyawa-senyawa pengotor dan keluar melalui pori-pori adsorben yang mengakibatkan luas permukaan adsorben semakin luas sehingga daya serapnya dapat meningkat (Fajriani *et al.*, 2022).

## 2.5 Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tetrahedral. Ion-ion logam tersebut dapat diganti dengan kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible (Fajriani *et al.*, 2022). Zeolit memiliki pori-pori yang tertutup molekul air dan kation yang bisa ditukarkan. Kation-kation pada struktur zeolit terdiri dari Na, K dan Ca (kontribusi berat jenis besar) atau Ba, Sr, Mg (kontribusi berat jenis kecil). Kation-kation tersebut memiliki kristalinitas yang kurang baik, dimanapun keberadaannya dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Oleh karena itu, zeolit perlu diaktivasi untuk menghilangkan senyawa pengotor tersebut agar daya serap zeolit dapat maksimal (Susilo *et al.*, 2017).

Terdapat unit-unit pembentuk struktur zeolit yaitu yang pertama unit pembentuk primer  $(\text{SiO}_4)^{-4}$  dan  $(\text{AlO}_4)^{-5}$ . Kedua yaitu unit pembentuk sekunder yaitu

gabungan unit-unit pembentuk primer. Sifat umum dari zeolit yaitu memiliki kristal yang sedikit lunak dengan berat jenis bervariasi antara 2,0 – 2,4. Air kristal dari zeolit mudah dilepaskan dengan pemanasan, mudah melakukan pertukaran ion-ion dari alkalinnya dengan ion-ion elemen lainnya. Zeolit tidak stabil terhadap asam. Pada umumnya zeolit baik dioperasikan pada pH yang tidak kurang dari 4. Pengoperasian zeolit pada  $\text{pH} > 6$  akan memberikan hasil yang optimum. Kadar air pada zeolit umumnya cukup tinggi, kisaran antara 10-20 % berat. Air ini akan mengisi lubang kristal, ada yang terikat kuat dengan kerangka alumino silikat dan ada yang tidak. Air yang tidak terikat kuat dapat dibuang dengan mudah melalui pemanasan sampai  $35^{\circ}\text{C}$  yang akan membentuk rongga-rongga dalam zeolit sehingga memungkinkan terjadinya adsorpsi reversibel. Affinitas *layer* ke kation interlayer zeolit sangat kuat, sehingga air tidak dapat masuk ke *interlayer*, menghidrasi kation *interlayer* dan mengikat bagian hidrofilik (Puspaningrum, 2007).



Gambar 2. Tetrahedra Alumina dan Silika Pada Struktur Zeolit  
Sumber : Puspaningrum (2007).

Pada umumnya, zeolit didapatkan dari alam masih mengandung banyak zat pengotor dan masih berbentuk batuan yang dapat mengurangi kegunaan dari zeolit itu. Proses adsorpsi dibutuhkan sebagai perlakuan awal dan pengaktifan zeolit alam untuk meningkatkan nilai tambah dan pemanfaatannya (Fajriani *et al.*, 2022). Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi. Zeolit alam harus dibuat menjadi butiran-butiran agar luas

permukaan serapannya lebih besar kemudian dibersihkan dari senyawa pengotornya (Lestari, 2010).

## **2.6 Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )**

Asam sulfat dengan rumus kimia ( $H_2SO_4$ ) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat dan larut dalam air pada semua perbandingan. Ciri-ciri asam sulfat antara lain cair, bening, tidak berbau. Asam sulfat anhidrat adalah cairan yang bersifat polar. Asam sulfat memiliki tetapan dielektrik 100. Asam sulfat memiliki titik didih  $337^{\circ}C$  ( $610\text{ K}$ ), titik lebur  $100^{\circ}C$  ( $283^{\circ}\text{ K}$ ) dan massa molar  $98,08\text{ g/mol}$ . Asam sulfat juga memiliki tekanan uap  $<10\text{ Pa}$  pada suhu  $20^{\circ}C$  (diabaikan), keasaman 1,98 pada suhu kamar dan viskositas  $26,7\text{ cP}$  ( $200^{\circ}C$ ) (Aura dan Zainul, 2019)

Reaksi hidrasi asam sulfat sangat eksotermik. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah dari asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya. Asam sulfat mudah larut dalam air dingin. Sulfat larut dalam air dengan pembebasan banyak panas. Larut dalam etil alkohol. asam sulfat berbau, namun memiliki bau tersedak ketika panas dan memiliki rasa asam. Asam sulfat juga digunakan sebagai agen sulfonasi, sebagai dehydrator dan oksidator (Aura dan Zainul, 2019)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri, Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Februari-Mei 2023.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah CPO yang diperoleh dari PTPN VII Bekri, zeolit, larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 98%, larutan NaOH, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 85% , etanol, n-heksana dan aquades.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan porselein, desikator, neraca analitik, penjepit, labu kjeldahl, erlenmeyer, pipet, gelas beker, gelas ukur, gelas piala, hot plate, *magnetic stirrer*, bunsen, spektrofotometer dan kertas saring.

#### 3.3 Metode Penelitian

Percobaan dilakukan untuk menentukan konsentrasi terbaik  $H_2SO_4$  pada aktivasi zeolit untuk pemurnian minyak sawit merah. Percobaan dilakukan secara non faktorial menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan menggunakan zeolit teraktivasi  $H_2SO_4$  sebanyak 6 gram dengan 3 kali pengulangan. Konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai aktivator zeolit yang digunakan yaitu P1 (0%), P2 (1%), P3 (2%), P4 (3%) dan P5 (4%) dalam 500 ml larutan asam sulfat. Kesamaan ragam dengan uji Barlett dan kemenambahan data diuji dengan



uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Perbedaan antara perlakuan dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Perlakuan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai aktivator pada zeolit pada proses adsorpsi minyak sawit merah disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai aktivator

No.	Perlakuan	Konsentrasi
1	P1	0%
2	P2	1%
3	P3	2%
4	P4	3%
5	P5	4%

Keterangan:

P1= Perlakuan 1 dengan zeolit tanpa aktivator

P2= Perlakuan 2 dengan zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%

P3= Perlakuan 3 dengan zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%

P4= Perlakuan 4 dengan zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%

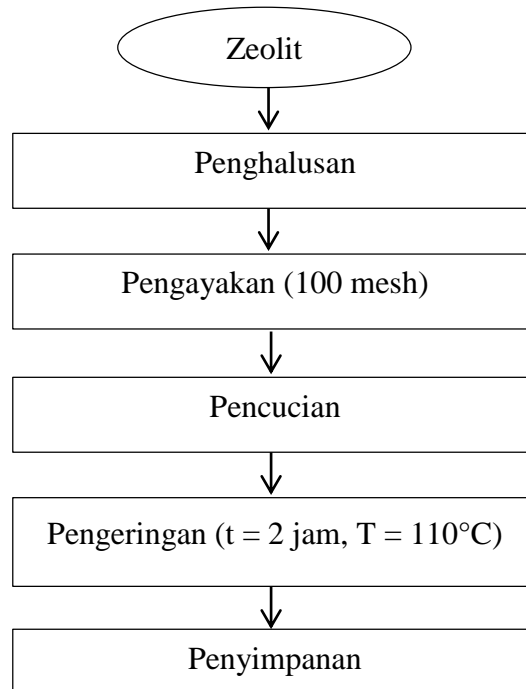
P5= Perlakuan 5 dengan zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4%

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yang meliputi pembuatan minyak sawit merah, pengaktifan zeolit dan pemurnian minyak sawit merah.

#### 3.4.1 Preparasi Sampel Zeolit

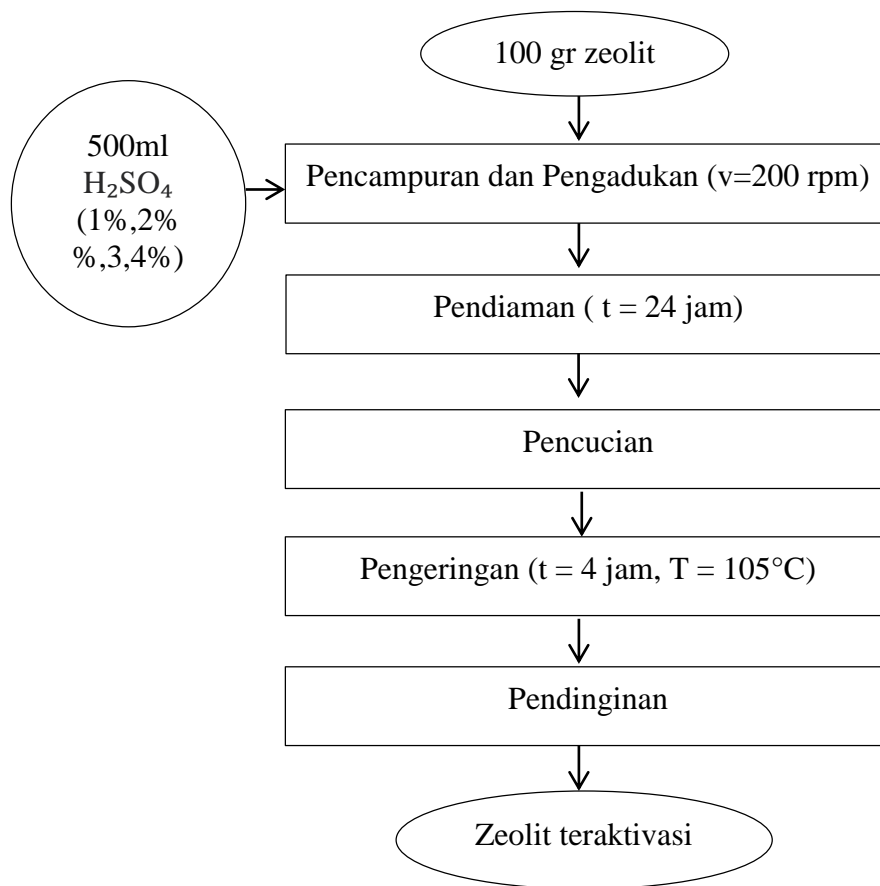
Proses preparasi zeolit dilakukan dengan metode (Rismiarti *et al.*, 2017) melalui beberapa tahap. Zeolit ditumbuk halus menggunakan mortar kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Selanjutnya dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam dan disimpan dalam desikator untuk proses selanjutnya. Proses preparasi zeolit disajikan pada diagram alir Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Preparasi Zeolit  
Sumber : Rismiarti *et al.*, (2016)

### 3.4.2 Aktivasi Zeolit

Proses aktivasi zeolit dilakukan dengan metode (Tarmidzi *et al.*, 2019) melalui beberapa proses. Proses tersebut dimulai dengan 100 gram zeolit dicampurkan ke dalam 500 ml larutan  $H_2SO_4$  sesuai dengan variasi konsentrasi yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4 %. Kemudian, larutan diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Setelah diaktivasi, zeolit dinetralkan dengan menggunakan akuades. Setelah itu, zeolit dikeringkan pada suhu  $105^\circ C$  di dalam oven selama 3 jam dan didinginkan di dalam desikator. Proses aktivasi zeolit disajikan pada diagram alir Gambar 4 berikut.

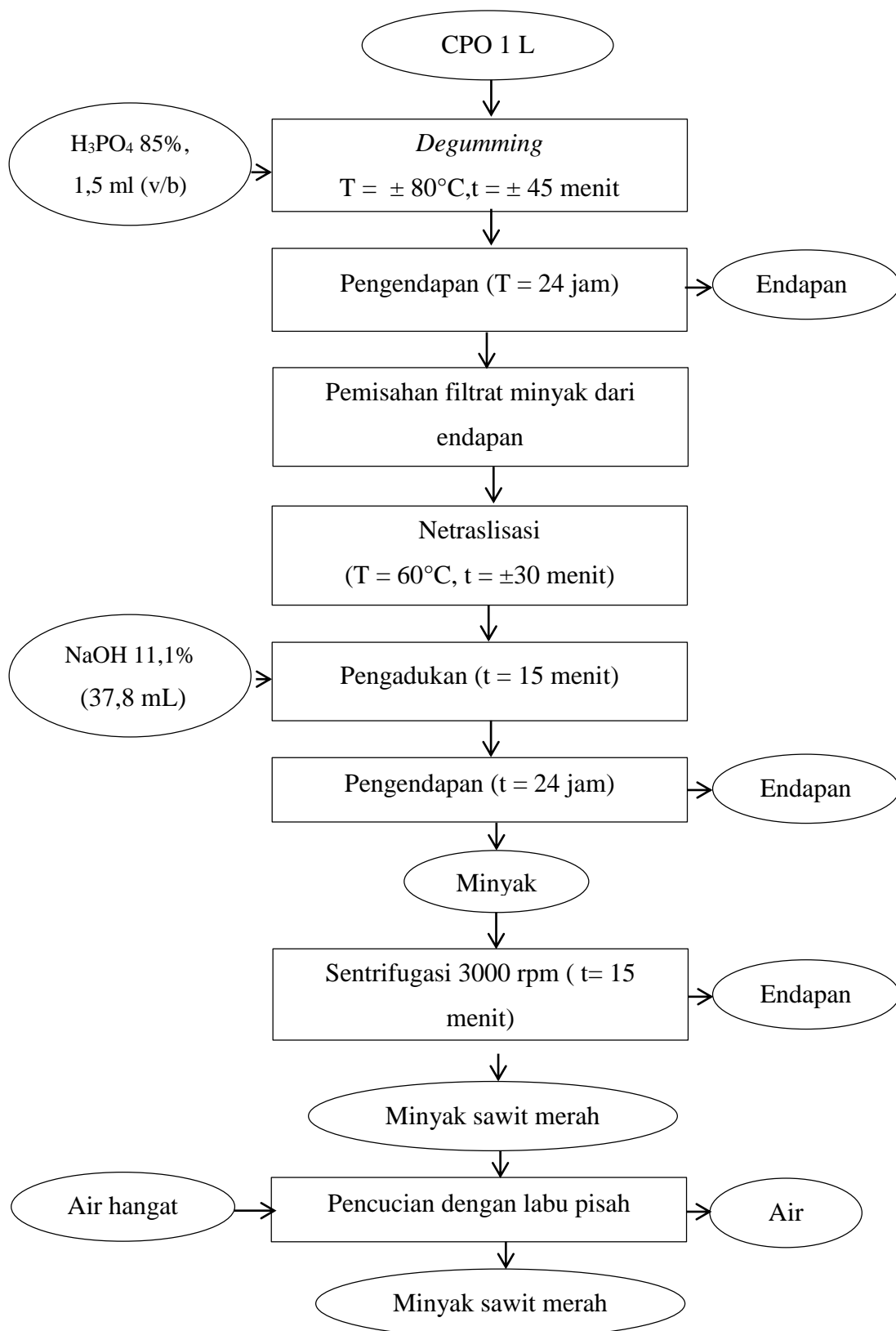


Gambar 4. Diagram alir proses aktivasi zeolit  
Sumber : Tarmidzi *et al.*, (2019)

### 3.4.3 Pembuatan Minyak Sawit Merah

Minyak sawit merah dibuat dengan metode (Puspitasari, 2008) melalui beberapa proses. Proses tersebut mulai dengan menimbang minyak sawit kadar (CPO) sebanyak 1 liter. Kemudian, dilakukan degumming untuk menghilangkan kotoran, getah, dan lendir yang terdapat pada minyak, ditambahkan asam pospat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 85 % sebanyak 1,5ml, selanjutnya dipanaskan hingga mencapai suhu  $80^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 45 menit. Setelah itu, CPO diendapkan selama 24 jam dengan suhu ruang untuk pemisahan fase asam pospat dengan CPO. Setelah 24 jam, dipisahkan antara minyak sawit merah dengan endapan. Filtrat minyak sawit merah dipisahkan dari endapan dan dihitung rendemennya. Selanjutnya, dilakukan proses netralisasi filtrat minyak sawit dengan cara memanaskan CPO hingga mencapai  $60^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 30 menit disertai penambahan NaOH 11,1% dengan jumlah 37,8 mL bersamaan dengan pengadukan dengan menggunakan

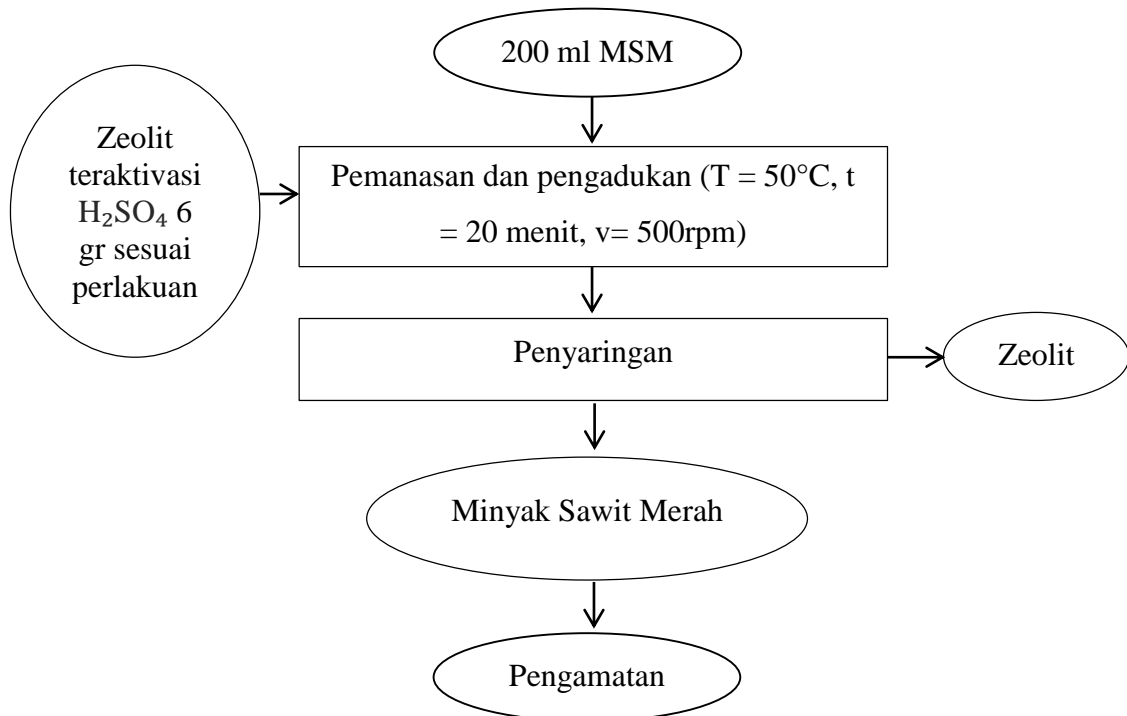
stirrer selama 15 menit. Kemudian, dilakukan pendiaman selama 24 jam yang bertujuan untuk menyempurnakan reaksi penyabunan. Sabun yang terbentuk kemudian dilakukan pemisahan dengan corong pisah. Untuk menghilangkan sisa sabun, minyak dilakukan sentrifius dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Filtrate diambil dan dipisahkan dari sisa endapan sabun. Selanjutnya, filtrat dicuci dengan air hangat dan dipisahkan dengan labu pisah. Filtrat kemudian dihilangkan bau langu dengan penambahan adsorben berupa zeolit teraktivasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Proses pembuatan minyak sawit merah disajikan pada diagram alir Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Pembuatan Minyak Sawit Merah  
Sumber : Puspitasari (2008)

### 3.4.4 Proses Adsorpsi Dengan Zeolit Teraktivasi

Proses adsorpsi aroma langu ini menggunakan metode pada penelitian Tanjaya *et al.*, (2007) dimana proses pemurnian CPO menggunakan bentonit. Minyak sawit merah sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam gelas beker. Kemudian, dipanaskan pada suhu 50°C. Kemudian ditambahkan zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 6 gram dengan masing masing konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% sambil diaduk dengan kecepatan 500rpm menggunakan *magnetic stirer* selama 20 menit. Kemudian, sampel disaring menggunakan vakum. Lalu filtrat MSM yang diperoleh akan diuji analisis karakteristik kimianya seperti kadar air, kadar asam lemak bebas, kadar karoten dan uji sensori berupa warna dan aroma . Proses penghilangan aroma langu disajikan pada diagram alir Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolit Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
Sumber : Tanjaya *et al.*, (2007).

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan pada produk MSM dilakukan dengan dua tahap yaitu pengujian organoleptik dan pengujian kimia. Pengujian organoleptik dilakukan dengan cara memberikan penilaian terhadap aroma dan warna dari MSM. Selanjutnya, dilakukan pengujian kimia yang meliputi uji kadar air, kadar asam lemak bebas dan kadar karoten

#### 3.5.1 Analisis Kadar Asam Lemak Bebas

Penentuan kadar asam lemak bebas dilakukan sesuai dengan metode yang telah dilakukan oleh Ulfindrayani dan A'yani (2018). Sampel minyak sawit merah ditimbang sebanyak 2,82 gram dan diletakkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian sampel dilarutkan dalam etanol sebanyak 50 mL pada suhu 50°C. Sampel yang telah larut sempurna ditambahkan 3 tetes phenolphthalein sebagai indikator. Selanjutnya, sampel tersebut dititrasi dengan larutan NaOH 0,013 N. Kadar asam lemak bebas (%) yang terdapat pada sampel minyak sawit merah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

% Asam Lemak Bebas

$$(\text{ALB}) = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{Normalitas NaOH} \times \text{BM ALB}}{\text{gram sampel} \times 1000} \times 100\%$$

#### 3.5.2 Analisis Kadar Air

Uji kadar air dalam sampel minyak sawit merah dilakukan dengan metode gravimetri oleh Ulfindrayani dan A'yani (2018). Analisis kadar air yang dilakukan yaitu cawan porselen yang telah dibersihkan akan dilakukan pengeringan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit, lalu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang (A). Sampel minyak sawit merah ditimbang sebanyak 2 gram dan diletakkan di dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya. Kemudian, cawan porselen yang telah berisi sampel minyak sawit merah di panaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu timbang beratnya (B). Setelah proses

pemanasan, cawan porselen yang berisi sampel, dikeringkan kembali selama 30 menit dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Selanjutnya ditimbang kembali untuk mengetahui berat air yang berkurang selama proses pemanasan(C). Kadar air (%) dari sampel minyak sawit merah yang dianalisa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B-C \times 100\%}{B-A}$$

Keterangan : A : berat cawan kosong (g)

B : berat cawan + sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

### 3.5.3 Analisis Kadar Karoten

Kadar karoten ditentukan dengan mengadopsi prosedur MPOB Test Method p.2.6. (2004) dalam Harahap *et al.*, (2020). Sampel ditimbang sebanyak 0,1 gram ke dalam labu takar 25 mL dan ditambahkan n-heksana sampai tanda batas. Kemudian dihomogenkan hingga CPO larut sempurna. Absorbansi dari campuran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 466 nm Kadar karoten (ppm) dari sampel minyak sawit merah yang dianalisa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar karoten} = \frac{A \times 383 \times 25}{W \times 100}$$

Keterangan :

A : Absorbansi (ppm)

W : Berat Sampel (gram)



#### **3.5.4 Uji Sensori pada Minyak Sawit Merah**

Uji sensori merupakan uji yang dilakukan dengan menggunakan indera manusia sebagai alat utama pengukuran (Dewita *et al.*, 2020) Uji sensori dilakukan dengan uji skoring meliputi pengujian atribut, yaitu warna dan bau. Sedangkan uji hedonik memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui penerimaan panelis secara keseluruhan terhadap minyak sawit merah . Penilaian dari sifat sensori untuk pengujian skoring dan hedonik dengan menggunakan 20 panelis. Panelis diminta untuk memberikan penilaian terhadap parameter minyak sawit merah dengan skor kesukaan dan kesan pada setiap panelis.

Tabel 4. Kuisisioner Uji Skoring Minyak Sawit Merah

### Kuesioner Uji Skoring

Nama : Produk : Minyak Sawit Merah  
 Tanggal :

Dihadapan Anda disajikan 8 sampel minyak sawit merah. Anda diminta untuk memberikan nilai terhadap aroma dan warna berupa skor 1,2,3,4 dan 5. Brikan penilaian Anda pada table penilaian berikut :

Parameter	Kode							
	Kontrol	CPO	Salmira	122	213	366	483	512
Aroma								
Warna								

Keterangan untuk penilaian :

#### Aroma

Sangat tidak langu : 5  
 Tidak langu : 4  
 Agak langu : 3  
 Langu : 2  
 Sangat langu : 1

#### Warna

Merah : 5  
 Merah keorenan : 4  
 Oren : 3  
 Oren kekuningan : 2  
 Kuning : 1

Tabel 5. Kuisisioner Uji Hedonik Minyak Sawit Merah

<b>Kuisisioner Uji Hedonik</b>																				
Nama :																				
	Produk : Minyak Sawit Merah																			
Tanggal :																				
<p>Dihadapan Anda disajikan 8 sampel minyak sawit merah. Saudara/i diminta untuk mengevaluasi sampelsatu per satu dan nyatakan tingkat kesukaan (hedonik) terhadap penerimaan keseluruhan sampel dengan menggunakan skala hedonik yang paling tepat dengan memberi nilai berdasarkan parameter berikut :</p>																				
Parameter	Kode																			
	Kontrol	CPO	Salmira	122	213	366	483	512												
Aroma																				
Warna																				
<p><b>Keterangan</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Nilai</th> <th>Keterangan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Sangat Suka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Suka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Kurang Suka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Tidak Suka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Sangat Tidak Suka</td> </tr> </tbody> </table>									Nilai	Keterangan	5	Sangat Suka	4	Suka	3	Kurang Suka	2	Tidak Suka	1	Sangat Tidak Suka
Nilai	Keterangan																			
5	Sangat Suka																			
4	Suka																			
3	Kurang Suka																			
2	Tidak Suka																			
1	Sangat Tidak Suka																			
Alasan Menyukai :					Alasan Tidak Menyukai :															

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap minyak sawit merah, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai aktivator pada zeolit terhadap berpengaruh nyata terhadap analisis ragam kadar air dan analisis ragam aroma minyak sawit merah. Namun, tidak berpengaruh nyata terhadap hasil analisis ragam kadar asam lemak bebas, analisis ragam kadar karoten dan analisis ragam warna minyak sawit merah.
2. Konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai aktivator pada zeolit yang terbaik adalah pada perlakuan P5 (4%) yang menghasilkan minyak sawit merah dengan kadar air sebesar 0,07%, kadar asam lemak 0,08%, kadar karoten sebesar 437 ppm, skoring aroma dengan bobot penilaian skoring sebesar 4,40 yang artinya tidak langu dan hedonik aroma sebesar 4,60 yang artinya disukai, skoring warna minyak sawit merah dengan bobot penilaian skoring sebesar 4,73 yang berarti merah keorenan dan hedonik sebesar 4,43 yang berarti suka.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan dan pengolahan zeolit alam yang digunakan untuk adsorpsi pada minyak sawit merah.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai cara mendapatkan rendemen minyak yang lebih banyak pada proses pengolahan minyak sawit merah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, S. Z. 2013. Pengaruh Jenis Aktivasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit pada Ion Kromium (VI). *Jurnal Chemica*. 9(2) : 20-25.
- Andarwulan, N, Dede R. A., Wulandari N., Purwiyatno H., Ria R. T., Arief R. A., Ria C. N., Susan T., dan Maria F. E. 2014. Aplikasi Margarin Minyak Sawit Merah pada Produk Pound Cake dan Roti Manis. Prosiding Seminar Hasil Hasil PPPM IPB 2014. Bogor. 15 hlm.
- Astuti, W., Junaedi, A., Suryani, E., dan Ismail, R. 2006. Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit (CPO) Menggunakan Zeolit Alam Lampung. *Prosiding Seminar Nasional 2006 Iptek Solusi Kemandirian Bangsa*. 7 hlm.
- Astuti, W., Amin, A dan Aprimal. 2006. Pemucatan Minyak Kelapa Sawit (CPO) dengan cara Adsorpsi Menggunakan Zeolit Alam Lampung. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 5 (2) : 1-5.
- Aura, S. M., dan Zainul, R. 2019. Karakterisasi dan Interaksi Molekular Asam Sulfat. Padang. FMIPA, *State University Of Padang*. 34 hlm.
- Ayustaningwarno, F. 2012. Proses Pengolahan Dan Aplikasi Minyak Sawit Merah Pada Industri Pangan. *Journal Vitasphere*. 2(1) : 1-11.
- Budiyanto, Syafnil, dan Meliah. 2007. Pengaruh Suhu dan Waktu Deodorisasi Terhadap Kandungan Asam Lemak Bebas dan Tingkat Kesukaan Pada Bau Minyak Sawit Merah (*Red Palm Oil*). *Prosiding pada Seminar Nasional BKS-PTN wilayah Indonesia Barat*. Fakultas Pertanian. Pekanbaru. Riau. 8 hlm.
- Cheng, L., Fenter, P., Nagy, K. L., Schlegel, M. L., dan Sturchio, N. C. 2001. Molecular-Scale Density Oscillations In Water Adjacent To A Mica Surface. *Physical review letters*. 87(15) : 156103 – 156109.

- Chu, B. S., Ichikawa, S., Kanafusa, S., dan Nakajima, M. 2007. Preparation Of Protein-Stabilized B-Carotene Nanodispersions By Emulsification–Evaporation Method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 84(1) : 1053-1062.
- Dahlia, N., Rahmalia, W., dan Usman, T. 2019. Adsorpsi Asam Lemak Bebas Pada Crude Palm Oil Menggunakan Zeolit Teraktivasi  $K_2CO_3$ . *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. 2(3) : 112-120.
- Ferlyana, J. 2014. Pengaruh Tingkat Pemberian Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) terhadap Mutu CPO (*Crude Palm Oil*) yang Dihasilkan Melalui Proses Pemurnian Degumming. *Skripsi*. Universitas Andalas. Padang. 61 hlm.
- Harahap, I. S., Wahyuningsih, P., dan Amri, Y. 2020. Analisa Kandungan Beta Karoten Pada CPO (Crude Palm Oil) di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. 2(1) : 9-13.
- Hasibuan, H. A., dan Ijah, I. 2018. Peningkatan Kesukaan Minyak Sawit Merah Dengan Penambahan Minyak Nabati Atau Flavor Dan Stabilitasnya Dalam Penggorengan Berulang. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 26(1) : 1-9.
- Hasibuan, H., dan Kurniawan, R. 2022. Sifat Fisikokimia dan Sensori Produk Cokelat Dengan Penambahan Minyak Sawit Merah. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 17(1) : 31-40.
- Hasibuan, H. A., dan Siahaan, D. 2014. Review Standar Minyak Goreng Sawit Diperkaya Karoten Terkait Fortifikasi Vitamin A Sebagai Revisi SNI 031-3741-2002. *Jurnal Standardisasi*. 16(1) : 65-76.
- Hidayati, S., Zuidar, A.S., Sugiharto, R dan Neri E.S. 2017. Pemanfaatan Minyak Sawit Merah untuk Produksi Mayonaise. *Prosiding Semnas BKS PTN Wilayah Barat*. 1176-1185.
- Kartika, A. C., dan Cani, F. F. 2021. Evaluasi Kemampuan HCl dan  $H_2SO_4$  Sebagai Aktivator Adsorben Bubuk Kulit Batang Sagu (*Metroxylon Sagu*). *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*. 11(2): 111-120.
- Lestari, D. Y. 2010. Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara. In *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. 30(1) : 1-6.

- Lourentius, S., dan Retnoningtyas, E. S. 2013. Reparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Malang sebagai Adsorben pada Adsorpsi Air dalam Pemurnian Bioetanol Membentuk *Fuel Grade Ethanol* (FGE). *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*. 76 – 81.
- Marliyati, S. A., dan Harianti, R. 2021. Physicochemical And Functional Characteristics Of Red Palm Oil. *Jurnal Gizi Masyarakat Indonesia (The Journal of Indonesian Community Nutrition)*. 10(1) : 83-94.
- Mas'ud, F, Muchtadi, T.R., Hariyadi, P dan Haryati, T. 2008. Optimasi Proses Deasidifikasi Minyak Sawit untuk Meminimalkan Kerusakan Karotenoid dalam Pemurnian Minyak Sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq). *Forum Pascasarjana*. 31(1) : 25-36.
- Najamuddin, U., Sirajuddin, S., dan Bahar, B. Pemanfaatan Minyak Sawit Merah Dalam Pembuatan Biskuit Kaya Beta Karoten. *Jurnal Media Gizi Masyarakat Indonesia*. 1(2) : 117-121.
- Nuraini, I., HP, D. S. H., Hardyanti, I. S., dan Wibowo, E. A. P. 2016. Analisis Keefektivan Zeolit pada Proses Adsorpsi Pemurnian Minyak Jelantah. *Prosiding Seminar Nasional XI Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 7 hlm.
- Oktafany, E., dan Nora Idiawati, H. 2016. Pengaruh Destilasi Berulang Dan Pemurnian Menggunakan Zeolit Teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Terhadap Komposisi Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(4) : 62-67
- Oktarianti, V., Dewi, E., dan Junaidi, R. 2022. Pemurnian Minyak Sawit Merah Menggunakan Filter Bentonit dan Membran Keramik. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*. 2(10) : 407-412.
- Paparella, A., Shaltiel-Harpaza, L., dan Ibdah, M. 2021.  $\beta$ -Ionone: Its Occurrence And Biological Function And Metabolic Engineering. *Plants*. 10(4) : 1-12.
- Puspaningrum, S. 2007. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Peningkatan Mutu Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 75 hlm.
- Puspitasari, D.A. 2008. Optimasi Proses Produksi dan Karakteristik Produk serta Pendugaan Umur Simpan Minyak Sawit Kaya Karotenoid. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 102 hlm.

- Ramayulis, R., Pramantara, I. D., dan Pangastuti, R. 2011. Asupan Vitamin, Mineral, Rasio Asupan Kalsium dan Fosfor dan Hubungannya Dengan Kepadatan Mineral Tulang Kalkaneus Wanita. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*. 7(3) : 115-122.
- Rismiarti, Z., Yuniati, Y., dan Alfanaar, R. (2016). Penerapan Metode Sonikasi terhadap Adsorpsi Fe (III) pada Zeolit Alam Teraktivasi. *ALCHEMY : Journal of Chemistry*. 5(2) : 63-68.
- Royana, I., Yulianti, E. dan Mahmudah, R. A.. 2016. Pemanfaatan Biosorben Batang Jagung Teraktivasi Asam Nitrat Dan Asam Sulfat Untuk Penurunan Angka Peroksida–Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *ALCHEMY : Journal of Chemistry*. 5(1) : 9-18.
- Rustiah, W. O. 2016. Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pada Karbon Aktif Ampas Teh Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb). *Jurnal Medika: Media Ilmiah Analisis Kesehatan*. 1(2) : 46-52.
- Saragih, S. A. 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta. 58 hlm.
- Silalahi, R. L. R., Sari, D. P., dan Dewi, I. A. 2017. Pengujian *Free Fatty Acid* (FFA) dan *Colour* Untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 6(1) : 41-50.
- Susilo, B., Nurirenia, D. F., dan Sumarlan, S. H. 2018. Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Distilasi Dan Adsorpsi Dengan Penambahan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pada Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 5(1) : 19-26.
- Sumarna, D. 2014. Studi Metode Pengolahan Minyak Sawit Merah (Red Palm Oil) dari Crude Palm Oil (CPO). In *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Samarinda. 5 hlm.
- Tanjaya, A., Indraswati, N., & Ismadji, S. 2007. Optimasi Kondisi Operasi Pembuatan Bleaching Earth dari Bentonit Pacitan. In *National Conference: Design and Application of Technology*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya. 5 hlm.



- Tarmidzi, F. M., Putri, M. A. S., Andriani, A. N., dan Alviany, R. 2021. Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Natrium Klorida pada Karbon Aktif Batang Semu Pisang untuk Adsorpsi Fe. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*. 5(1) : 17-21.
- Ulfindrayani, I. F., dan A'yuni, Q. 2018. Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Kadar Air Pada Minyak Goreng Yang Digunakan Oleh Pedagang Gorengan di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya. *Journal Pharmasci (Journal of Pharmacy and Science)*. 3(2) : 17-22.
- Yusyniyah, S. I. 2017. Adsorpsi Logam Cu, Fe, Dan Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia UIN MALIKI Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Dengan Variasi Konsentrasi. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 96 hlm.