

**PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT  
MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTIVASI ASAM  
KLORIDA (HCl)**

(Skripsi)

Oleh

**PUTRI AJENG KUSUMA DEWI**

**1914231012**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRACT**

### **UNPLEASANT FLAVOR REDUCING PROCESS ON PALM OIL USING HYDROCHLORIC ACID (HCL) ACTIVATED BY ZEOLITE**

**By**

**PUTRI AJENG KUSUMA DEWI**

Red palm oil is product of palm oil which has high carotenoid with total 600-1000 ppm. Red palm oil has langu scent and has no resistance with nigh temperature, that is needed to reducing the langu scent with an adsorben. Zeolite as an adsorbent has potential to remove the langu scent that is need to be activate hydrochloric acid for maximize the performance of zeolite as an adsorbent this study intends to determine the concentration of hydrochloric acid (HCl) as an activator on zeolite towards on the characteristics of red palm oil. The concentration of hydrochloric acid used was 3.5%, 4%, 4.5%, and 5%. This study was arranged in a randomized layout completed group with three times repetition. Observations were made on the water level, free fatty acids, total carotene, and sensory for aroma then color. The results showed that the concentration of zeolite in the activation of hydrochloric acid (HCl) due to reducing the langu scent in red palm oil was best in treatment of 4.5% hcl with water level of 0.0440%, free fatty acids of 0.0426%, carotene of 365.9866 ppm, aroma score of 3.73 with a slightly unpleasant flavor result, color score of 4.33 with red-orange color result, aroma hedonic score of 3.50 with neutral panelists on aroma preferences, color hedonic score of 4.08 with panelists like on color preferences

keywords : Red palm oil, zeolite, hydrochloric acid, langu scent, adsorbent

## **ABSTRAK**

### **PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTIVASI ASAM KLOORIDA (HCl)**

**Oleh**

**PUTRI AJENG KUSUMA DEWI**

Minyak sawit merah merupakan produk olahan minyak kelapa sawit yang tinggi akan kandungan *karotenoid* total 600-1000 ppm. Minyak sawit merah memiliki aroma langu dan tidak memiliki resistensi terhadap suhu tinggi sehingga diperlukannya pengurangan aroma langu dengan adsorben. Zeolit sebagai adsorben yang berpotensi untuk menghilangkan aroma langu perlu dilakukan aktivasi asam klorida agar memaksimalkan kinerja zeolit sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik minyak sawit merah. Konsentrasi asam klorida yang digunakan, yaitu 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%. Penelitian ini disusun rancangan acak kelompok lengkap dengan tiga kali ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap kadar air, asam lemak bebas, total karoten, dan sensori terhadap aroma serta warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi zeolit dalam aktivasi asam klorida HCl terhadap pengurangan aroma langu pada minyak sawit merah terbaik pada perlakuan HCl 4,5% dengan kadar air sebesar 0,0440%, asam lemak bebas sebesar 0,0426%, karoten sebesar 365,9866 ppm, skor aroma sebesar 3,73 dengan aroma yang dihasilkan agak langu, skor warna sebesar 4,33 dengan warna yang dihasilkan merah keoranyean, skor hedonik aroma sebesar 3,50 dengan panelis netral terhadap kesukaan aroma, skor hedonik warna sebesar 4,08 dengan panelis suka terhadap kesukaan warna.

Kata kunci : Minyak sawit merah, zeolite, asam klorida, aroma langu, adsorben

**PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU PADA MINYAK SAWIT  
MERAH MENGGUNAKAN ZEOLIT YANG TERAKTIVASI ASAM  
KLORIDA (HCl)**

**Oleh**

**Putri Ajeng Kusuma Dewi**

**Skripsi**

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

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

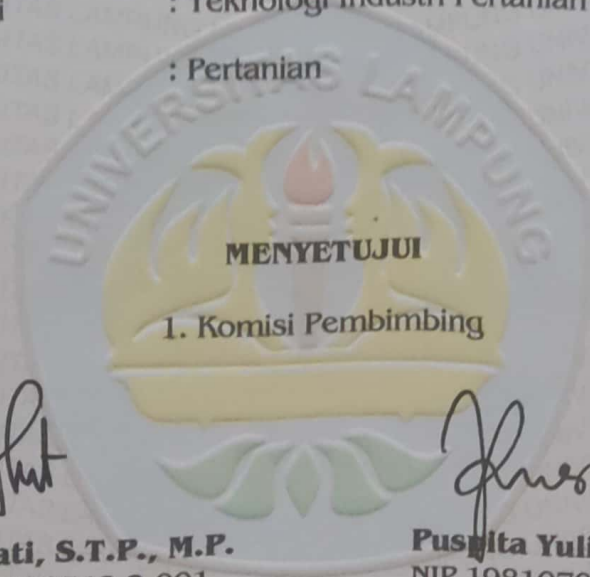
Judul Skripsi : **PROSES PENGURANGAN AROMA LANGU  
PADA MINYAK SAWIT MERAH  
MENGUNAKAN ZEOLIT YANG  
TERAKTIVASI ASAM KLOORIDA (HCl)**

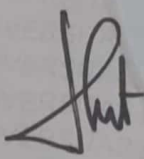
Nama Mahasiswa : **Putri Ajeng Kusuma Dewi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914231012

Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

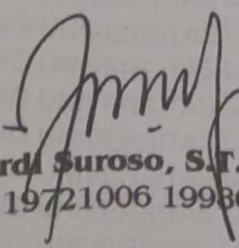
Fakultas : Pertanian



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

  
**Pusyita Yulindari, S.T.P., M.Si.**  
NIP 19810702 201504 2 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

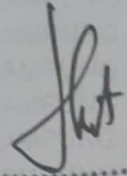
  
**Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.**  
NIP 19721006 199803 1 005

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

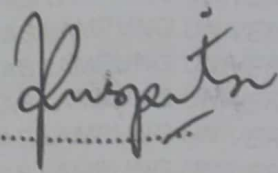
Ketua

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



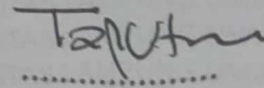
Sekretaris

: Puspita Yulindari, S.T.P., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Tanto P. Utomo, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIR 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Agustus 2023

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Ajeng Kusuma Dewi

NPM : 1914231012

dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dari sumbernya, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Bandar Lampung, Agustus 2023

Pembuat Pernyataan



Putri Ajeng Kusuma Dewi

NPM. 1914231012

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Purworejo, Kecamatan Negeri Katon, Kabupaten Pesawaran pada tanggal 27 Juli 2001 sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Saifur Rohman dan Ibu Herniati. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Purworejo yang selesai pada tahun 2013. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan menengah di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Gading Rejo dan lulus pada tahun 2016, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama (SMA) Negeri 1 Gading Rejo dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai mahasiswa pendidikan S1 di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Paguyuban, Kecamatan Way Lima, Kabupaten Pesawaran selama 40 hari dari bulan Januari hingga Februari Tahun 2022. Selanjutnya Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di CV. Agrindo Suprafood dengan judul Mempelajari Proses Produksi *Nata De Coco* dan *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)* dalam Proses Produksi di CV. Agrindo Suprafood.

Selama menjadi mahasiswa, penulis dipercaya menjadi Asisten Dosen mata kuliah Mesin dan Peralatan Industri pada tahun ajar 2021/2022. Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan yaitu menjadi anggota dalam Departemen Hubungan Luar dan Pengabdian Masyarakat Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian Universitas Lampung pada Tahun 2021 serta pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung bidang Pendidikan dan Penalaran periode 2021/2022.



## SANWACANA

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

*Alhamdulillahillobil'alamin*, puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Proses Pengurangan Aroma Langu Pada Minyak Sawit Merah Menggunakan Zeolit Yang Teraktivasi Asam Klorida (HCl)**”. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, nasehat, serta saran-saran yang membangun untuk penulis. Oleh karena itu, dengan rendah hati penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga nilainya 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 Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Pertama, atas arahan, saran, bantuan, motivasi, serta bimbingan yang telah diberikan selama perkuliahan dan selama proses penelitian hingga penyelesaian skripsi penulis. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang sekiranya kurang berkenan.
5. Ibu Puspita Yuliandari, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, masukan serta dukungan penulis dalam menyelesaikan skripsi. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang sekiranya kurang berkenan.

6. Bapak Dr. Ir. Tanto P. Utomo, M.Si., selaku Dosen Pembahas skripsi atas masukan, arahan dan nasihat yang diberikan dalam penyusunan skripsi.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf, dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.
8. Ayahanda Saifur Rohman dan Ibunda Herniati yang telah menyayangi, mengasihi, memberi dukungan baik material maupun motivasi, nasihat, dan doa yang selalu menyertai penulis selama ini.
9. Kakak penulis Prayoga Aji Pangestu, adik-adik penulis Kazen Dara Sukma dan Aina Hafizatus Zahra serta sepupu penulis Suci Indah Sari dan keluarga besar penulis yang telah memberi dukungan, nasihat, dan doa yang selalu menyertai penulis selama ini.
10. Muhamad Teguh Angga Saputra yang selalu mendampingi, mengarahkan, dan memberikan semangat selama penulisan skripsi ini.
11. Keluarga besar Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian: Bapak Joko, Febri, dan Chindy.
12. Sahabat-sahabatku: Wanda, Nadia, Puan, Anty, Karina, Firlya, Septi, Balkis, Elly, Shela, dan Puspa yang selalu ada dalam kehidupan penulis di kampus baik suka maupun duka, memberikan semangat, selalu menemani, memberi nasihat, dan tempat berkeluh kesah serta membantu perkuliahan dan penelitian penulis.
13. Sahabat-sahabatku semasa sekolah: Gadis, Unggul, Daus, Iwan, Isac, Abdan, dan Damar yang telah memberikan semangat, doa, dan dukungan meskipun dari jarak jauh.
14. TIP 2019 yang kubanggakan, yang memberikan banyak kenangan cerita dan kebersamaan penulis selama di perkuliahan di Universitas Lampung.
15. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat memberikan manfaat bagi penulis serta pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2023

Penulis

**Putri Ajeng Kusuma Dewi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Kerangka Pemikiran .....	3
1.4. Hipotesis .....	4
1.5. Manfaat .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) .....	6
2.2. Minyak Sawit Merah .....	8
2.3. Zeolit.....	9
2.4. Asam Klorida (HCl) .....	10
2.5. Adsorpsi.....	11
2.6. Aktivasi Adsorben .....	12
<b>III. METODOLOGI</b> .....	<b>14</b>
3.1. Waktu dan Tempat.....	14
3.2. Bahan dan Alat .....	14
3.3. Metode Penelitian .....	14
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	15
3.4.1. Preparasi Sampel Zeolit.....	15

	Halaman
3.4.2. Aktivasi Zeolit .....	16
3.4.3. Pembuatan Minyak Sawit Merah .....	17
3.4.4. Proses Penghilangan Aroma Langu dengan Zeolit Teraktivasi .....	19
3.5. Pengamatan .....	20
3.5.1. Analisis Kadar air .....	20
3.5.2. Analisis Asam Lemak Bebas .....	20
3.5.3. Analisis $\beta$ -Karoten .....	21
3.5.4. Uji Organoleptik pada Minyak Sawit Merah .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1. Analisis Kimia .....	23
4.1.1. Asam Lemak Bebas .....	23
4.1.2. Kadar Air .....	24
4.1.3. Karoten .....	26
4.2. Uji Sensori .....	27
4.2.1. Skoring Warna .....	27
4.2.2. Skoring Aroma .....	39
4.2.3. Hedonik Warna .....	30
4.2.4. Hedonik Aroma .....	31
4.3. Perlakuan Terbaik .....	32
<b>V. KESIMPULAN .....</b>	<b>34</b>
5.1. Kesimpulan .....	34
5.2. Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komponen minor <i>Crude Palm Oil</i> CPO .....	7
2. Standar mutu <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) .....	7
3. Kandungan karotenoid yang terdapat pada beberapa bahan pangan ....	9
4. Hasil uji BNT taraf 5% asam lemak bebas terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	23
5. Hasil uji BNT taraf 5% kadar air terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	25
6. Hasil uji BNT taraf 5% karoten terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	26
7. Hasil uji BNT taraf 5% skoring warna terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	28
8. Hasil uji BNT taraf 5% skoring aroma terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	29
9. Hasil uji BNT taraf 5% hedonik warna terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	30
10. Hasil uji BNT taraf 5% hedonik aroma terhadap minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	31
11. Rekapitulasi nilai tengah .....	32
12. Hasil pengukuran asam lemak bebas minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	41
13. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) asam lemak bebas minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	41
14. Uji BNT taraf 5% asam lemak bebas minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	41

Tabel	Halaman
15. Hasil pengukuran kadar air minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) .....	42
16. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) kadar air minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	42
17. Uji BNT taraf 5% kadar air minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) .....	42
18. Hasil pengukuran karoten minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) .....	43
19. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) karoten minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	43
20. Uji BNT taraf 5% karoten minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) .....	43
21. Hasil pengukuran skoring warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	44
22. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) skoring warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	44
23. Uji BNT taraf 5% skoring warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	44
24. Hasil pengukuran skoring aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	45
25. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) skoring aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	45
26. Uji BNT taraf 5% skoring aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	45
27. Hasil pengukuran hedonik warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	46
28. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) hedonik warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	46
29. Uji BNT taraf 5% hedonik warna minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	46

Tabel	Halaman
30. Hasil pengukuran hedonik aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	47
31. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) hedonik aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	47
32. Uji BNT taraf 5% hedonik aroma minyak sawit merah (MSM) dengan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl).....	47
33. Tabel uji Skoring.....	48
34. Tabel uji Hedonik.....	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Minyak sawit merah.....	8
2. Zeolit alam .....	9
3. Diagram alir proses preparasi zeolit.....	15
4. Diagram alir proses aktivasi zeolit.....	16
5. Diagram alir proses pembuatan minyak sawit merah .....	18
6. Diagram alir penghilangan aroma langu pada minyak sawit merah .....	19
7. Zeolit .....	50
8. Pencucian zeolit .....	50
9. Penghalusan zeolit.....	50
10. Pengayakan zeolit.....	50
11. Pengovenan .....	50
12. Pemasukan zeolit ke dalam desikator .....	50
13. Penimbangan zeolit sebanyak 100 gram.....	51
14. Pendiaman t: 24 jam.....	51
15. Pencucian hingga pH netral .....	51
16. Pengovenan .....	51
17. Pemasukan ke dalam desikator .....	51
18. CPO 1 liter .....	52
19. Pemanasan T: 80°C.....	52
20. Penambahan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .....	52
21. Pendiaman t: 24 jam.....	52
22. Penyaringan.....	52
23. Pemanasan T: 60°C lalu penambahan NaOH.....	52
24. Pendiaman t: 24 jam.....	52

Gambar	Halaman
25. Penyaringan.....	52
26. Sentrifus .....	52
27. Pencucian dengan air hangat.....	53
28. Minyak Sawit Merah (MSM).....	53
29. Penimbangan zeolit teraktivasi HCl.....	54
30. Pengukuran MSM 200 ml .....	54
31. Pemanasan MSM T: 50°C.....	54
32. Penambahan zeolit .....	54
33. Pengadukan T: 50°C, t: 15 menit, v: 500 rpm .....	54
34. Penyaringan.....	54
35. Sentrifus .....	54
36. MSM .....	54
37. Penimbangan MSM.....	55
38. Pemanasan etanol 95%.....	55
39. Pengukuran etanol 95% sebanyak 50 mL, Lalu pencampuran ke MSM .....	55
40. Penambahan indikator PP 3 tetes dan penghomogenan.....	55
41. Titrasi .....	55
42. Penimbangan MSM.....	56
43. Penambahan n-Heksana .....	56
44. Penghomogenan .....	56
45. Pemindahan ke kuvet .....	56
46. Pembacaan karoten dengan spektrofotometer.....	56
47. Hasil setelah pembacaan setiap perlakuan .....	56
48. Penimbangan cawan.....	57
49. Pengovenan T: 130°C, t: 30 menit.....	57
50. Desikator t: 20 menit.....	57
51. Penimbangan .....	57
52. Penambahan minyak sebanyak 5 gram .....	57
53. Pengovenan T: 130°C, t: 30 menit.....	57
54. Desikator t: 20 menit.....	57

Gambar	Halaman
55. Penimbangan, lalu pengovenan kembali hingga berat konstan .....	57
56. Pengambilan CPO di Bekri .....	58
57. Sensori.....	58

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sejak tahun 2006 hingga sekarang, Indonesia telah menjadi produsen minyak kelapa sawit nomor satu di dunia. Badan Pusat Statistik (2021) menyatakan, Indonesia telah memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 46,88 juta ton. Volume ekspor CPO di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 26,9 juta ton (Databooks, 2022). Hal tersebut, membuktikan bahwa Indonesia memiliki pasokan minyak sawit yang berlimpah sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi pangan fungsional yang mampu mencegah permasalahan gizi berupa *stunting*. Namun, tingginya produksi minyak kelapa sawit kurang diimbangi dengan pemanfaatan potensi sebagai sumber gizi dan masih terbatas pada pengolahan minyak sawit mentah sedangkan, produk turunan minyak sawit seperti minyak sawit merah memiliki banyak potensi sumber gizi yang dapat untuk mencegah salah satu permasalahan *stunting* belum diperhatikan dengan baik.

Minyak sawit merah merupakan produk olahan minyak kelapa sawit yang tinggi akan kandungan *karotenoid* total 600-1000 ppm dengan *persentase*  $\alpha$ -karoten 36,2%,  $\beta$ -karoten 54,4%, serta  $\gamma$ -karoten 3,3%, *xantofil* 2,2%, dan *likopen* 3,8% (Naibaho, 1990). Akan tetapi, senyawa tersebut tidak memiliki resistensi terhadap suhu tinggi sehingga dalam proses pengolahan minyak sawit merah perlu dilakukan perlakuan secara khusus agar dapat mempertahankan senyawa tersebut. Tahapan proses pengolahan minyak sawit merah yaitu *degumming* dan netralisasi. Pada tahap netralisasi, proses yang dilakukan adalah memisahkan asam lemak bebas dari minyak dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa berupa NaOH sehingga membentuk sabun yang kemudian dilanjutkan dengan proses pencucian. Apabila dalam proses pengeringan yang dilakukan

kurang maksimal, maka air yang terdapat pada minyak akan tertinggal. Kandungan air yang tertinggal pada minyak akan mengalami hidrolisis yang akan membentuk asam lemak bebas sehingga menyebabkan aroma tengik pada minyak sawit merah.

Strategi pemanfaatan *karotenoid* minyak sawit merah yaitu dengan melakukan pengolahan terhadap paparan suhu yang tidak terlalu tinggi dan waktu kontak panas yang tidak terlalu lama. Aplikasi pemanfaatan minyak sawit merah dalam produk olahan pangan seperti *mayones*, *biscuit*, dan mie basah. Regina (2020), telah melakukan pemanfaatan minyak sawit merah menjadi mie basah.

Penggunaan minyak sawit dengan persentase yang tinggi menyebabkan mie basah yang dihasilkan memiliki aroma langu dan tengik sehingga masih kurang digemari. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi aroma langu dan tengik pada proses pengolahan minyak sawit merah tanpa melibatkan suhu tinggi dengan menggunakan adsorben. Adapun, salah satu adsorben yang potensial dan mudah didapatkan di Indonesia adalah zeolit (Akbar *et al.*, 2022).

Zeolit merupakan mineral alam dengan jumlah banyak seperti *clinoptilolit*, *mordenit*, *phillipsit*, *chabazit*, dan *laumontit*. Zeolit memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar. Zeolit dengan luas permukaan yang besar dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yaitu sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau, dan agen pemurni dalam industri makanan. Namun, zeolit terdapat kekurangan yaitu terdapat kandungan zat pengotor seperti Na, K, Ca, Mg, dan Fe (Nurani *et al.*, 2016). Keberadaan zat pengotor pada zeolit dapat menghambat aktivitas dari zeolit, sehingga untuk meningkatkan efektifitas kinerja dan memperbaiki karakteristik zeolit dapat dilakukan dengan aktivasi menggunakan senyawa asam klorida (HCl). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator zeolit dalam menghilangkan aroma tengik pada minyak sawit merah.

## 1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik minyak sawit merah, dan
2. Mengetahui konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator terbaik pada zeolit terhadap karakteristik minyak sawit merah.

## 1.3. Kerangka Pemikiran

Zeolit alam yang telah mengalami proses aktivasi memiliki kapasitas adsorpsi yang meningkat. Peningkatan nilai kapasitas adsorpsi zeolit alam dipengaruhi oleh proses aktivasi yang membersihkan rongga pori zeolit dari molekul air dan oksida-oksida logam yang dianggap sebagai pengotor. Ngapa (2017) menyatakan, rongga-rongga kosong yang terbentuk pada permukaan zeolit dapat memperbesar permukaan aktif sehingga kemampuan adsorpsi menjadi lebih besar. Salah satu alternatif proses aktivasi zeolit secara kimia yaitu dengan penambahan asam berupa asam klorida (HCl). Penambahan larutan asam klorida (HCl) ke dalam zeolit alam untuk melarutkan dan menghilangkan oksida-oksida logam atau zat pengotor yang menutupi permukaan zeolite. Fitriana *et al.* (2019) menyatakan, pengaktifasian dengan asam klorida (HCl) akan melarutkan logam alkali seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Mg}^+$  yang menutup sebagian rongga pori dan pengaktifan dengan  $\text{H}^+$  dalam ruang *interlaminer* sehingga mengakibatkan permukaan bidang kontak lebih besar dan lebih *porous*. Permukaan bidang kontak lebih besar tersebut yang mengakibatkan kemampuan adsorpsi menjadi lebih besar.

Wulan (2017) menyatakan, zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) memiliki daya adsorpsi yang cukup besar. Perlakuan zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) 5 Molar menghasilkan luas permukaan meningkat cukup besar yaitu  $44,054 \text{ m}^2/\text{g}$  dengan volume pori  $0,133 \text{ cc/g}$ . Pada penelitian Ngapa (2017), proses aktivasi HCl terhadap zeolit alam mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi dikarenakan HCl mampu meningkatkan rasio Si/Al dan memperluas volume serta luas permukaan pada zeolit. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, konsentrasi

optimum HCl sebagai aktivator zeolit yaitu 3 Molar dengan hasil 18,385 mg/g. Kemampuan zeolit yang telah teraktivasi dengan HCl tersebut menjadikan salah satu alternatif untuk menghilangkan aroma langu yang dihasilkan minyak sawit merah (MSM).

Minyak sawit merah (MSM) memiliki aroma langu yang kurang disukai. Aroma langu yang timbul dari MSM berasal dari bahan itu sendiri dan terdapat kadar air yang cukup tinggi sehingga terjadi reaksi hidrolisis minyak yang menyebabkan kerusakan MSM. Reaksi hidrolisis pada MSM akan mengubah minyak menjadi asam lemak bebas dan gliserol sehingga menghasilkan rasa dan bau langu pada MSM (Marliyati *et al.*, 2021). Pada penelitian Ifa *et al.* (2018), zeolit teraktivasi HCl mampu menurunkan kadar asam lemak bebas pada CPO. Hasil dari penelitian tersebut konsentrasi zeolit teraktivasi HCl sebanyak 30% mampu menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 0,76% dari kadar asam lemak bebas 6,61% menjadi 5,86%, kadar air 0,11%, dan viskositas 41,05 cP.

Ahmadi (2009) menyatakan, zeolit yang teraktivasi dengan asam klorida (HCl) memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Hal tersebut disebabkan karena normalitas HCl mampu meningkatkan rasio Si/Al mengakibatkan polaritas zeolit menurun sehingga kemampuan adsorpsi asam lemak bebas meningkat. Oleh sebab itu, penambahan konsentrasi HCl sebagai aktivator zeolit yang berbeda akan mempengaruhi karakteristik minyak sawit merah. Konsentrasi HCl yang digunakan pada penelitian ini yaitu 3,5%, 4 %, 4,5%, dan 5%.

#### **1.4. Hipotesis**

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator pada zeolit terhadap karakteristik minyak sawit merah, dan
2. Terdapat konsentrasi asam klorida (HCl) sebagai aktivator terbaik pada zeolite terhadap karakteristik minyak sawit merah.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah pemanfaatan karbon berupa zeolit teraktivasi asam klorida (HCl) diharapkan mampu menghilangkan aroma tengik pada minyak sawit merah. Selain itu, diharapkan mampu meningkatkan nilai fungsional pangan.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

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

Minyak sawit merupakan minyak yang diperoleh dari hasil ekstraksi buah kelapa sawit yang terdiri dari 80% bagian *pericarp* (*epikarp dan mesokarp*) dan 20% bagian biji (*endocarp dan endosperm*). Minyak sawit terdapat 2 (dua) jenis yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO). CPO adalah minyak yang diperoleh dari ekstraksi bagian daging buah kelapa sawit (*mesokarp*), sedangkan *Palm Kernel Oil* (PKO) merupakan minyak yang dihasilkan dari ekstraksi inti buah kelapa sawit. Perbedaan dari 2 (dua) jenis minyak sawit tersebut terletak pada kandungan *karotenoid*, dimana PKO memiliki kandungan *pigmen karotenoid* yang lebih rendah sedangkan CPO memiliki *pigmen* secara alami jingga kemerahan yang menandakan kandungan *beta karoten* yang tinggi (Mahmud, 2019).

*Crude Palm Oil* (CPO) merupakan minyak sawit kasar yang diperoleh dari hasil ekstraksi daging buah kelapa sawit dan belum dilakukan pemurnian sehingga masih memiliki kandungan *karotenoid* yang tinggi. CPO terdapat komponen penyusun seperti *trigliserida* (95,62%), asam lemak bebas (4,00%), air (0,20%), *phosphatida* (0,07%), dan *aldehid* (0,07%). Selain itu, terdapat komponen minor (1%) terdiri dari *karotenoid, tokoferol, tokotrienol, sterol, fosfolipid, glikolipid, squalen, gugus hidroksi alifatik*, serta elemen sisa lainnya (Choo., 1989). CPO memiliki kelebihan dibandingkan dengan minyak nabati lain yaitu CPO memiliki jumlah asam lemak tak jenuh dan asam lemak jenuh yang seimbang, terutama asam palmitat (40-46%) dan asam oleat (39-45%) (Ooi *et al.*, 1996). Kandungan asam palmitat yang tinggi menjadikan minyak sawit lebih tahan terhadap oksidasi penyebab ketengikan, hal tersebut dikarenakan asam lemak

palmitat memiliki titik cair yang tinggi (64°C) sehingga pada suhu ruang minyak sawit berbentuk semi padat (Belitz dan Grosh, 1999). Kandungan komponen minor CPO disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen minor *Crude Palm Oil* (CPO)

<b>Komponen Minor</b>	<b>Konsentrasi (ppm)</b>
Karotenoid	600-700
Tokoferol dan tokotrienol	600-1000
Sterol	326-527
Triterpen alcohol	5-130
Metil sterol	40-80
Fosfolipid	5-130
Squalen	200-500
Alkohol alifatik	100-200
Hidrokarbon alifatik	50

Sumber : Choo, (1989)

CPO dikalangan industri memiliki peran yang cukup penting, baik dibidang pangan maupun non pangan. CPO digunakan sekitar 90% untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri pangan seperti minyak goreng, margarin, *shortening*, makanan ringan, roti, cokelat, es krim, *biscuit* dan lain sebagainya. Sedangkan, sisanya 10 % CPO digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri kimia seperti *fatty alcohol*, *gliserol*, *metil ester* dan *surfaktan* (Maimun *et al.*, 2017). Oleh karena itu, peranan dan kegunaan CPO yang penting maka kualitas mutu CPO harus memenuhi standar mutu minyak sawit. Berikut standar kualitas CPO disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar mutu *Crude Palm Oil* (CPO)

<b>Karakteristik</b>	<b>Persyaratan Mutu</b>
Warna	Jingga kemerahan
Kadar air	Maks. 0,5%
Asam lemak bebas (sebagai asam palmitat)	Maks. 5
Kadar $\beta$ -karoten	500-700 ppm
Kadar tokoferol	700-1000 ppm

Sumber : Standar Nasional (SNI) 01-2901-2006

## 2.2. Minyak Sawit Merah



Gambar 1. Minyak sawit merah

Sumber: Wulandari, (2019)

Minyak sawit merah merupakan olahan minyak sawit mentah yang diproses dengan suhu rendah sehingga mengandung *karotenoid*, *tokoferol*, *tokoterienol*. Kandungan – kandungan tersebut yang memberikan warna merah pada minyak. Minyak sawit merah salah satu sumber provitamin A dan vitamin E yang memiliki peran untuk mencegah penyakit *stunting*, kanker, dan penyakit kronis lainnya (Sinaga dan Donald, 2015). Kandungan yang terdapat pada minyak sawit merah memiliki tingkat sensitif terhadap panas yang tinggi. Oleh sebab itu, baik dalam penggunaan dan pengolahan minyak sawit merah tidak dianjurkan untuk digunakan dalam proses penggorengan melainkan hanya digunakan untuk menumis, pembuatan minyak salad, dan pengolahan lainnya tanpa penggunaan suhu tinggi.

Minyak sawit merah dalam proses pembuatannya secara umum memiliki prinsip yang sama dengan proses produksi minyak goreng. Tahap yang membedakan yaitu pada tahap *bleaching* (pemucatan) dimana pada proses pembuatan minyak sawit merah ditiadakan tahap tersebut sehingga minyak tetap berwarna merah. Kandungan provitamin A dan vitamin E pada minyak sawit merah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak goreng. Hal tersebut yang menjadikan karakter minyak sawit merah sangat baik dalam segi nutrisi (Jatmika dan Guritno, 1997). Basiron dan Weng (2004) menyatakan, kandungan *karoten* yang tidak dihilangkan pada minyak sawit merah dapat dimanfaatkan sebagai pangan

fungsional dan pewarna alami. Penggunaan minyak sawit merah sebagai pangan fungsional disebabkan karena minyak sawit merah memiliki kandungan provitamin A dan vitamin E yang baik untuk nutrisi tubuh. Minyak sawit merah memiliki kandungan *karotenoid* yang lebih tinggi dibandingkan dengan wortel dan bahan pangan lainnya. Berikut terdapat beberapa bahan yang memiliki kandungan *karotenoid* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan *karotenoid* yang terdapat pada beberapa bahan pangan

<b>Jenis tanaman</b>	<b>Kandungan karotenoid (RE/100g)</b>
Minyak sawit merah	30.000
Wortel	2.000
Daun sayur-sayuran	685
Aprikot	250
Tomat	100
Pisang	30
Air Jeruk	8

Sumber : Basiron dan Weng, (2004)

### 2.3. Zeolit



Gambar 2. Zeolit alam

Sumber: Kurniasari, (2011)

Zeolit adalah mineral alam berbentuk kristal aluminosilikat terhidrasi berstruktur  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang memiliki kandungan kation alkali dan alkali tanah dalam bentuk tiga dimensi. Zeolit memiliki keistimewaan berupa struktur kristal yang mudah diatur menjadikan zeolit dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu seperti penggunaan sebagai penukar ion, adsorben, dan katalisator. Selain itu, keberadaan zeolit mudah ditemukan di Indonesia dan memiliki harga yang terjangkau sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan. Zeolit dikalangan industri

diaplikasikan sebagai adsorpsi. Aplikasi zeolit sebagai adsorben dikarenakan zeolit mempunyai struktur pori terbuka dengan luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penyerapan molekul-molekul semakin tinggi (Kurniasari, 2011). Zeolit merupakan padatan anorganik yang memiliki sisi aktif pada permukaan. Wang dan Peng (2010) menyatakan, aplikasi zeolit dalam penggunaan sebagai adsorben telah memenuhi kriteria seperti mudah didapatkan, tidak larut dalam zat cair yang diadsorpsi, luas permukaan besar, dan memiliki muatan yang berlawanan dengan zat cair sehingga daya serapnya besar. Namun, zeolit memiliki kelemahan berupa banyaknya kandungan pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitas kurang baik.

Keberadaan pengotor-pengotor pada kandungan zeolit dapat mengurangi aktivitas dari zeolit, maka dari itu diperlukannya perbaikan karakter zeolit sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya. Salah satu solusi untuk menghilangkan kandungan pengotor tersebut yaitu dengan mengaktivasi zeolit untuk memperluas permukaan dari zeolit serta membuka pori zeolit sehingga dapat mengoptimalkan kinerja zeolit (Solikah dan Utami, 2014). Ukuran butiran zeolit akan mempengaruhi kemampuan penyerapan zeolit. Yamliha *et al.* (2013) menyatakan, semakin besar luas bidang kontak adsorben maka laju adsorpsi semakin besar. Selain itu, proses aktivasi zeolit dapat merubah rasio Si/Al sehingga karakteristik zeolit sesuai dengan bahan yang akan diadsorpsi.

#### **2.4. Asam Klorida (HCl)**

Asam klorida (HCl) merupakan senyawa asam kuat yang sering dimanfaatkan dalam proses analisis kimia karena mampu berdisosiasi dalam air (mudah larut) dan stabil. HCl memiliki sifat korosif sehingga dalam penggunaan dilakukan secara hati-hati. Bahaya penggunaan HCl tergantung pada konsentrasi larutannya, < 5% bersifat iritan lemah, 5 – 10% bersifat iritan kuat, > 10% bersifat korosif (Putriani, 2017). HCl mampu berdisosiasi hanya sekali dalam melepaskan satu  $H^+$  maka dari itu HCl dapat dikatakan sebagai asam monoprotik. Larutan asam klorida pada  $H^+$  akan bersatu dengan molekul air yang akan

membentuk ion hydronium,  $\text{H}_3\text{O}^+$ .  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$  ion lain yang terbentuk adalah ion klorida,  $\text{Cl}^-$  (Saputra, 2015).

Asam klorida (HCl) termasuk reagen pengasaman yang baik karena memiliki kestabilan cukup baik ketika disimpan dengan konsentrasi yang cukup rendah dan dapat mempertahankan konsentrasi tersebut. Asam klorida ialah asam kuat yang paling tidak berbahaya untuk digunakan dibandingkan dengan asam kuat lain. Walaupun asam, HCl mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun. Oleh karena itu, asam klorida banyak dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri seperti industri kimia, makanan, logam, dan pengolahan minyak (Putriani, 2017).

## 2.5. Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses penjerapan suatu adsorbat terhadap permukaan adsorben. Proses adsorpsi terjadi disebabkan adanya gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Midwar *et al.* (2018) menyatakan, terdapat gaya tarik pada proses adsorpsi menjadikan adsorben cenderung akan menarik molekul-molekul yang bersentuhan dengan permukaannya, baik itu fasa gas atau fasa larutan. Oleh sebab itu, konsentrasi molekul pada permukaan adsorben menjadi lebih besar. Adsorben merupakan bahan yang menyerap sedangkan adsorbat merupakan bahan yang terserap.

Aplikasi adsorpsi lebih banyak diterapkan pada industri-industri dikarenakan proses adsorpsi mempunyai beberapa keuntungan yaitu tidak memerlukan biaya tinggi (ekonomis), tidak menimbulkan efek samping yang beracun, dan memiliki kemampuan untuk menghilangkan bahan-bahan organik. Proses adsorpsi dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi kimia merupakan adanya gaya serta reaksi kimia yang terjadi, pada saat adsorpsi terjadi adsorbat tidak hanya di permukaan adsorben saja melainkan masuk ke dalam pori-pori adsorben. Energi adsorpsi kimia sebesar sekitar 100 kJ/mol. Besarnya energi tersebut menyebabkan adsorbat akan sukar dilepaskan kembali (*irreversible*) dan substansi akan banyak teradsorpsi (Udyani, 2010). Adsorpsi

bersifat *irreversible* karena adanya ikatan kimia yang terputus dan terbentuk selama proses terjadi, proses adsorpsi kimia membutuhkan tempat yang spesifik sehingga molekul hanya teradsorpsi pada adsorben.

Proses yang terjadi karena adanya gaya fisika yang didasarkan pada gaya Van Der Waals dapat didefinisikan dengan adsorpsi fisika. Adsorpsi fisika memiliki sifat yang *reversible* dan ikatan yang lemah pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat mengalami pelepasan kembali dengan mudah. Terjadinya proses adsorpsi fisika tidak pada tempat yang spesifik dan molekul yang teradsorpsi menyelimuti seluruh permukaan. Energi adsorpsi fisika lebih rendah dibandingkan dengan adsorpsi kimia yaitu 10 kJ/mol (Masruhin *et al.*, 2018).

## **2.6. Aktivasi Adsorben**

Zat padat yang memiliki kemampuan untuk menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida dapat disebut dengan adsorben. Mayoritas adsorben ialah bahan yang berpori dan memiliki kandungan zat pengotor yang dapat mengganggu kinerja adsorben itu sendiri. Salah satu solusi untuk menghilangkan zat pengotor pada adsorben yaitu dengan proses aktivasi. Aktivasi merupakan proses *pretreatment* untuk meningkatkan kinerja adsorben yang bertujuan membuka serta memperbesar pori-pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, menghilangkan kandungan zat pengotor pada adsorben dan memperluas permukaan adsorben. Proses aktivasi adsorben dapat dilakukan dua metode yaitu fisika dan kimia.

Aktivasi fisika merupakan metode berupa sentuhan fisik dengan bantuan uap, panas, dan gas CO<sub>2</sub> sehingga dapat memutus rantai karbon dari senyawa organik (Sembiring dan Sinaga, 2003). Proses dalam mengaktivasi dengan metode fisika dilakukan dengan berbagai cara antara lain menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Penggunaan gas-gas dalam aktivasi fisika berfungsi sebagai pengembang struktur rongga adsorben sehingga permukaan menjadi luas, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang hidrokarbon-hidrokarbon atau zat-zat pengotor yang terdapat pada adsorben. Metode aktivasi fisika dalam penerapan menggunakan suhu tinggi berkisaran

antara 450°C-700°C, dengan suhu tinggi tersebut dapat meningkatkan luas permukaan dari adsorben (Raharjo, 1997).

Aktivasi kimia merupakan metode dengan penambahan bahan kimia yang berfungsi untuk pemutusan rantai karbon dari senyawa organik (Sembiring dan Sinaga, 2003). Bahan pengaktif yang digunakan dalam mengaktifkan dengan metode kimia biasanya seperti asam klorida (HCl), garam kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ), magnesium klorida ( $\text{MgCl}_2$ ), seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dan natrium klorida (NaCl). Penggunaan bahan pengaktif berfungsi sebagai penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi selanjutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, dan menghilangkan endapan hidrokarbon hasil dari proses karbonisasi (Manocha, 2003).



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2023 di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Laboratorium Uji Sensori, dan Laboratorium Pengelolaan Limbah agroindustri, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *crude palm oil*, zeolit, asam klorida (HCl), *aquades*, NaOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, pelarut heksana (*n-heksana*), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, indikator (PP) dan etanol 95%.

Alat-alat yang diperlukan seperti *erlenmayer*, ayakan, spatula, oven, wadah, neraca analitik, gelas ukur, pipet, kertas saring, *spektrofotometer*, *labu kjeldahl*, kertas label, glass beker, gelas ukur, magnetic stirrer, *desikator*, kuvet, labu ukur, *hot plate*, buret, statif, dan *thermometer*.

#### 3.3. Metode Penelitian

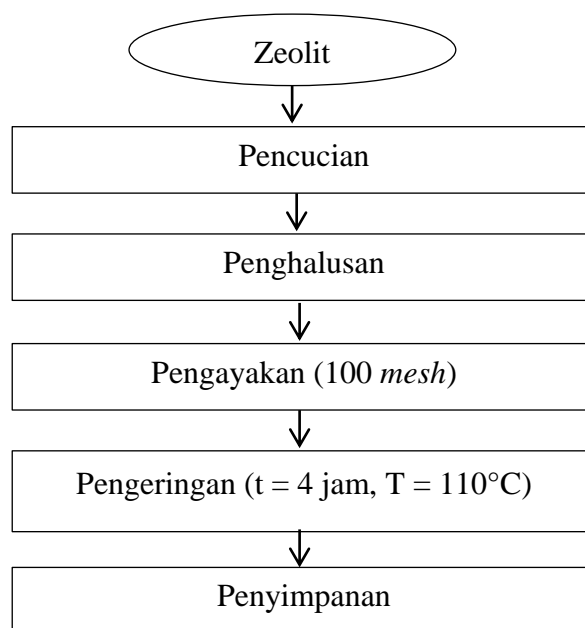
Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan konsentrasi HCl sebagai aktivator zeolit. Penggunaan konsentrasi HCl yaitu P1 (0%), P2 (3,5%), P3 (4%), P4 (4,5%), dan P5 (5%) penggunaan zeolit teraktivasi HCl dalam penghilangan aroma langu pada minyak sawit merah sebanyak 6 g.

Analisis data dengan melakukan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Perbedaan antara perlakuan data melakukan analisis lebih lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Pengamatan meliputi kadar air, asam lemak bebas, karoten dan analisis sensori terhadap warna dan aroma.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Preparasi Sampel Zeolit

Proses preparasi zeolit menggunakan metode (Sulistiowati *et al.*, 2017) melalui beberapa tahap. Tahap pertama, pencucian dengan aquades. Tahap kedua, melakukan penghalusan dan pengayakan zeolit dengan ukuran 100 *mesh*. Tahap ketiga, melakukan pengeringan zeolit di dalam oven selama 4 (empat) jam dengan suhu 110°C. Terakhir yaitu menyimpan di dalam desikator untuk proses selanjutnya. Proses preparasi sampel zeolit dapat dilihat pada Gambar 3.

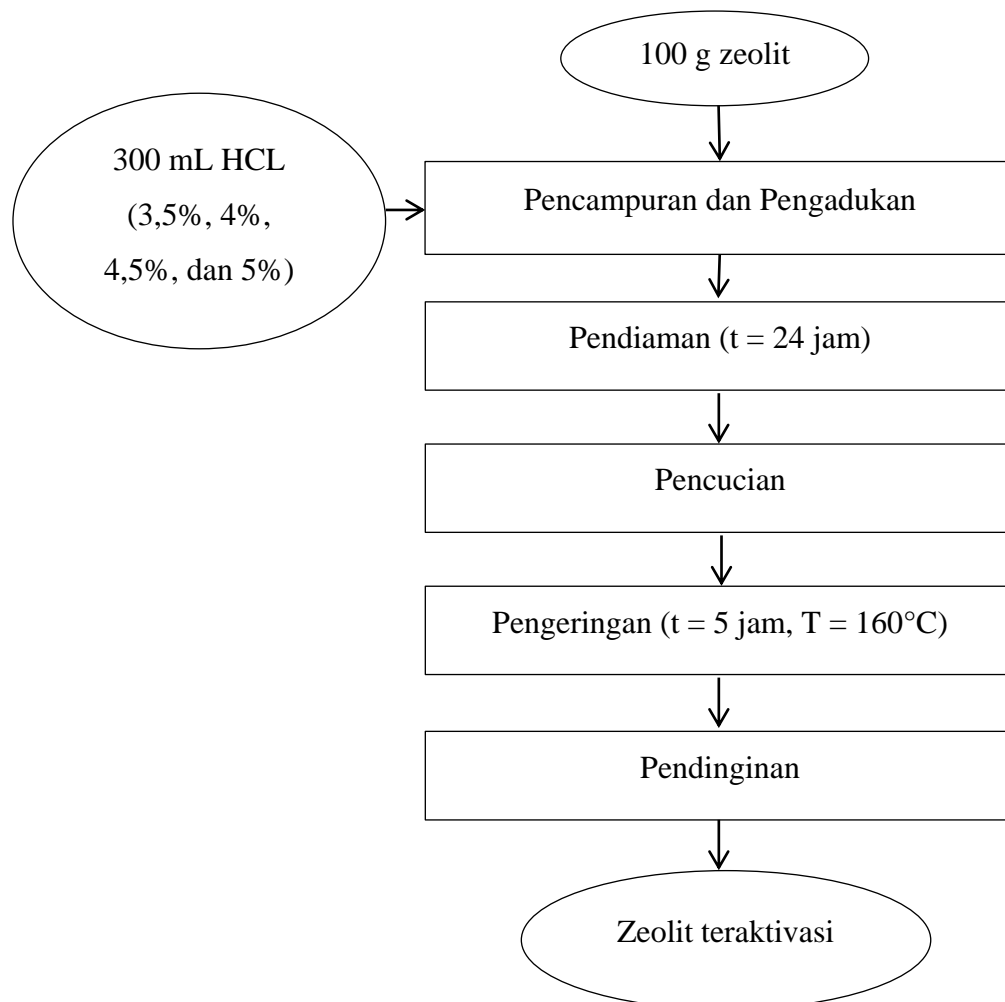


Gambar 3. Diagram alir proses preparasi zeolit

Sumber: Sulistiowati *et al.*, (2017)

### 3.4.2. Aktivasi Zeolit

Proses aktivasi zeolit menggunakan metode (Fitriana *et al.*, 2019) melalui beberapa proses. Tahap pertama, melakukan pencampuran 100 g zeolit ke dalam 300 mL larutan HCl sesuai dengan variabel konsentrasi yaitu 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5% lalu pengadukan. Tahap kedua, melakukan pendiaman selama 24 jam. Tahap ketiga melakukan pencucian zeolit dengan aquades hingga pH netral. Terakhir yaitu mengeringkan zeolit dengan suhu 160°C di dalam oven selama 5 (lima) jam dan pendinginan di dalam desikator. Proses aktivasi zeolit dapat dilihat pada Gambar 4.

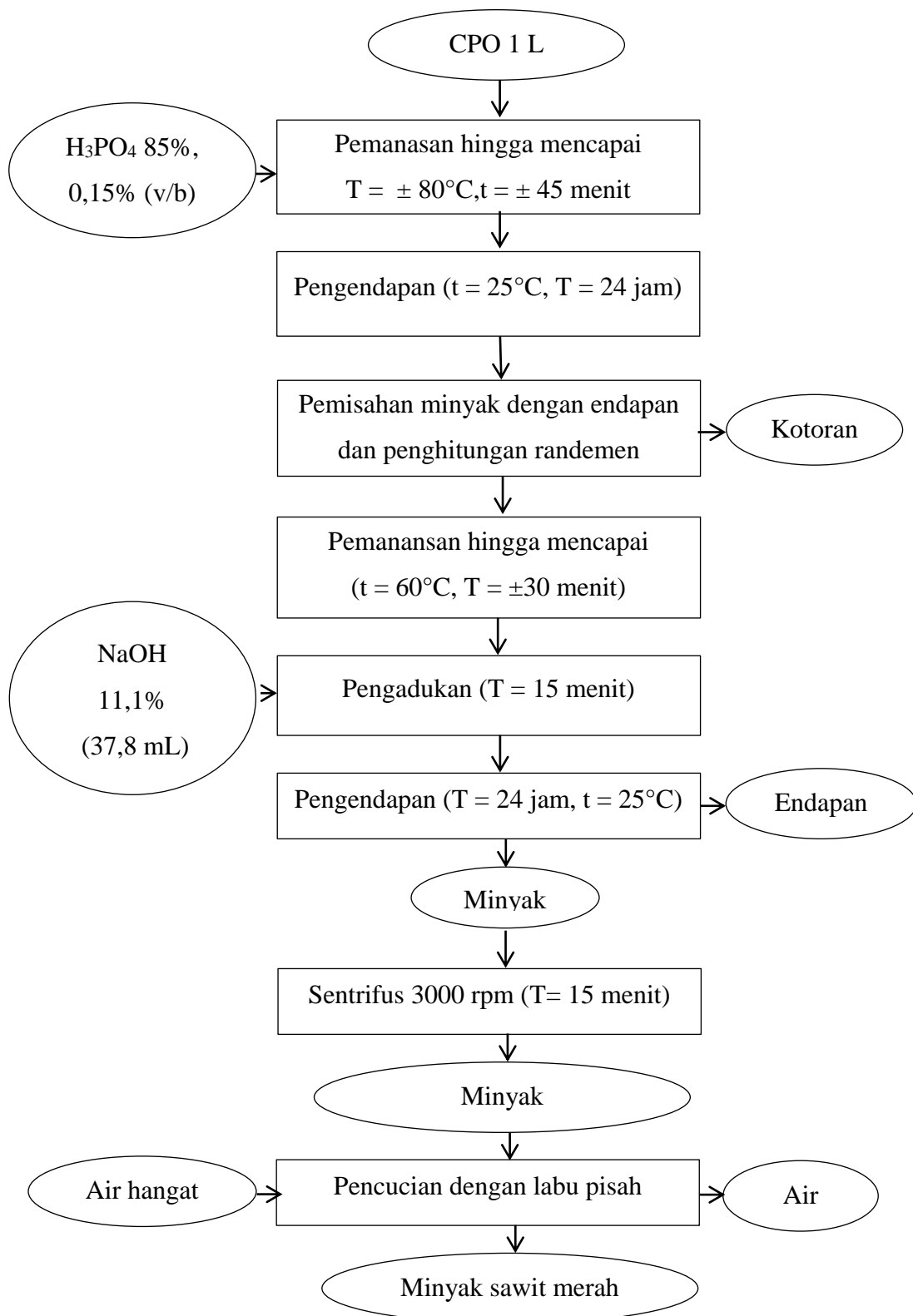


Gambar 4. Diagram alir proses aktivasi zeolit

Sumber: Fitriana *et al.*, (2019)

### 3.4.3. Pembuatan Minyak Sawit Merah

Proses pembuatan minyak sawit merah menggunakan metode (Puspitasari, 2008) melalui beberapa proses. Tahap pertama, menimbang *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 1 liter. Tahap kedua, melakukan *degumming* untuk menghilangkan kotoran, getah, dan lendir yang terdapat pada minyak dengan menambahkan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 85 % sebanyak 1,5 mL. Tahap ketiga, memanaskan CPO hingga mencapai suhu  $80^\circ C$  selama kurang lebih 45 menit. Tahap keempat, melakukan pengendapan CPO selama 24 jam dengan suhu ruang untuk memisahkan fase asam fosfat dengan CPO. Tahap kelima, pemisahan filtrat minyak sawit dari endapan dan menghitung rendemennya. Tahap keenam, melakukan proses netralisasi filtrat minyak sawit dengan cara memanaskan CPO hingga mencapai  $60^\circ C$  selama kurang lebih 30 menit serta penambahan NaOH 11,1% dengan jumlah 37,8 mL yang telah menyesuaikan kadar FFA dalam CPO bersamaan dengan pengadukan dengan menggunakan stirrer selama 15 menit. Tahap ketujuh, pendiaman selama 24 jam yang bertujuan untuk menyempurnakan reaksi penyabunan. Tahap kedelapan, memisahkan sabun yang terbentuk menggunakan corong pisah. Tahap kesembilan, untuk menghilangkan sabun yang masih tersisa pada minyak, melakukan sentrifius dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Tahap kesepuluh, mengambil dan memisahkan filtrat dari sisa endapan sabun. Tahap kesebelas, mencuci filtrat dengan air hangat dan memisahkan dengan labu pisah. Terakhir, penghilangan bau langu pada filtrat dengan penambahan adsorben berupa zeolit teraktivasi asam klorida (HCl). Proses pembuatan minyak sawit merah disajikan pada Gambar 5.

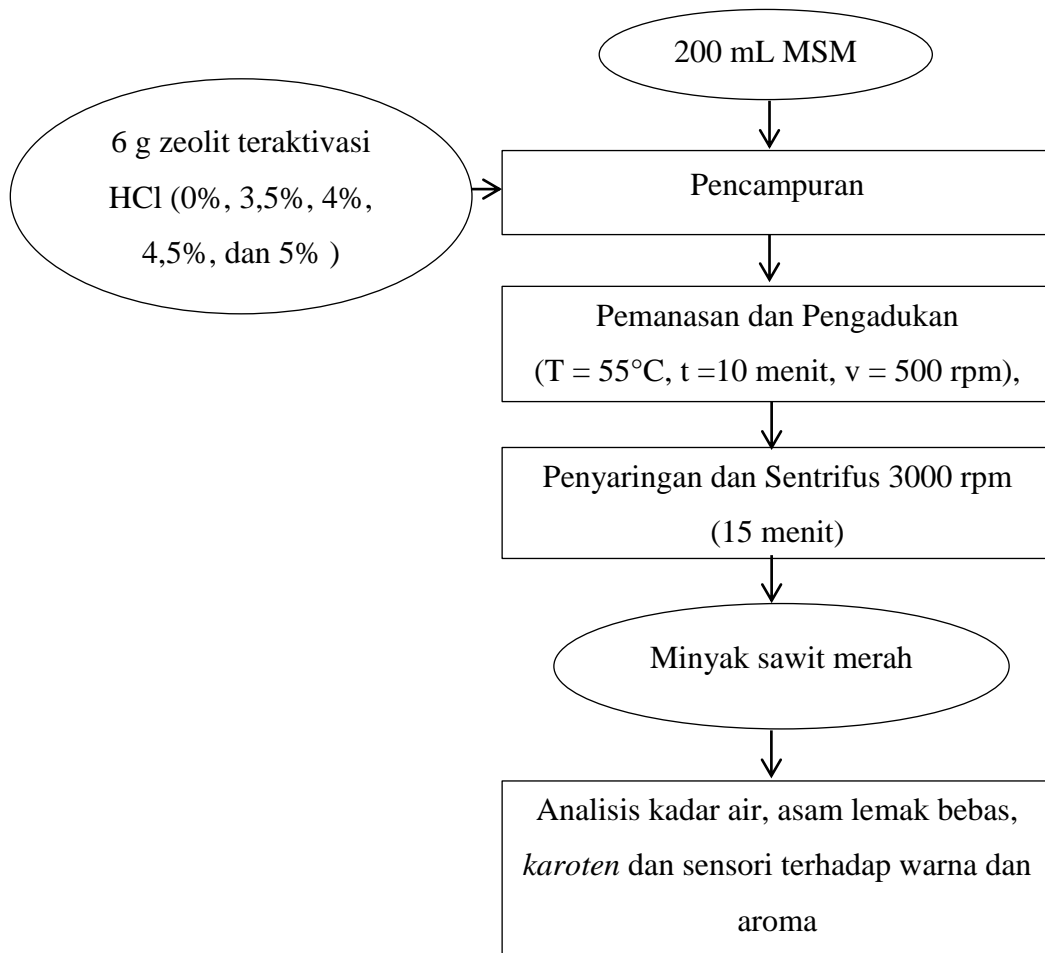


Gambar 5. Diagram alir proses pembuatan minyak sawit merah

Sumber: Puspitasari, (2008)

### 3.4.4. Proses Penghilangan Aroma Langu dengan Zeolit Teraktivasi

Proses penghilangan aroma dengan zeolit teraktivasi HCl menggunakan metode Indarto dan Fakhry (2022). Tahap pertama, penimbangan minyak sawit merah sebanyak 200 mL kemudian memasukan ke dalam *erlenmayer* lalu menambahkan 20 g zeolit teraktivasi HCl. Tahap kedua, memanaskan minyak sawit merah hingga mencapai 55°C sambil melakukan pengadukan dengan kecepatan 500 rpm menggunakan *magnetic stirer* selama 10 menit. Tahap terakhir, penyaringan dengan kertas saring menggunakan pompa vakum kemudian sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit, lalu melakukan analisis kadar air, asam lemak bebas, total karoten, dan uji sensori berupa warna serta aroma. Proses penghilangan aroma langu dengan zeolit teraktivasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penghilangan aroma langu pada minyak sawit merah

Sumber: Indarto dan Mohammad, (2022)

### 3.5. Pengamatan

Melakukan pengamatan terhadap kadar air, asam lemak bebas (SNI, 2019) dan karoten (Puteh *et al.*, 2022), dan analisis sensori terhadap warna dan aroma dengan menggunakan metode skoring dan penerimaan keseluruhan menggunakan metode hedonik (Regina, 2020).

#### 3.5.1. Analisis Kadar Air

Pengujian kadar air pada minyak sawit merah menggunakan metode gravimetri (SNI, 2019). Prosedur analisis kadar air pada tahap pertama dengan membersihkan cawan porselen dan tutupnya kemudian melakukan pengeringan di dalam oven dengan suhu 130°C selama 30 menit, lalu pendinginan di dalam desikator selama 20 menit dan menimbang (A). Tahap kedua, menimbang minyak sawit merah sebanyak 5 (lima) gram lalu, memasukan ke dalam cawan porselen dan tutup yang telah mengetahui beratnya (B). Tahap ketiga, memanaskan cawan yang berisi sampel dalam keadaan terbuka dan meletakkan tutup porselen di samping cawan porselen di dalam oven selama 30 menit dengan suhu 130 °C. Tahap keempat, tutup cawan ketika, lalu mendinginkan di dalam desikator selama 20 menit (C). Terakhir, melakukan pengulangan hingga bobot konstan dan melakukan perhitungan kadar air (%) dengan rumus:

$$\text{Kadar air \%} = \frac{B-C \times 100\%}{B-A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

A : Berat cawan kosong (g)

B : Berat cawan + sampel (g)

C : Berat cawan + sampel kering (g)

#### 3.5.2. Analisis Asam Lemak Bebas

Pengujian kadar asam lemak bebas pada minyak sawit merah menggunakan metode titrasi (SNI, 2019). Prosedur analisis asam lemak bebas pada tahap pertama dengan menimbang sampel minyak sawit merah sebanyak 28 g dan memasukan ke dalam *erlenmeyer* 250 mL. Tahap kedua, melarutkan sampel dengan etanol sebanyak 50 mL pada suhu 50°C. Tahap ketiga, menambahkan 5

(lima) tetes *phenolphthalein* sebagai indikator pada sampel yang telah larut sempurna. Tahap keempat, melakukan titrasi sampel dengan larutan NaOH 0,1N sampai berwarna merah muda konstan. Terakhir, menghitung kadar asam lemak bebas (%) dengan rumus:

$$\text{ALB (\%)} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{Normalitas NaOH} \times 256}{\text{Berat Sampel} \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

256 : Berat molekul asam lemak bebas

### 3.5.3. Analisis Karoten

Prosedur analisis penentuan beta karoten pada minyak sawit merah menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis (Puteh *et al.*, 2022) yaitu melakukan penimbangan sampel sebanyak sebanyak 0,1001 g lalu memasukkan ke dalam labu ukur. Tahap selanjutnya, menambahkan 25 mL *n-heksana* dan menghomogenkan hingga minyak sawit merah tercampur sempurna. Terakhir, mengukur absorbansi sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 446 nm dan menghitung konsentrasi karoten dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Konsentrasi karoten (ppm)} = \frac{\text{Abs} \times 383 \times V}{W \times 100} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

Abs : Absorbansi

W : Berat sampel (g)

V : Volume (mL)

### 3.5.4. Uji Organoleptik pada Minyak Sawit Merah

Uji organoleptik pada minyak sawit merah menggunakan uji skoring yang meliputi pengujian terhadap aroma dan warna, sedangkan penerimaan keseluruhan menggunakan uji hedonik (Regina, 2020). Setiap perlakuan pada persiapan sampel dengan menyiapkan minyak sawit merah sebanyak 25 ml pada wadah. Panelis yang melakukan uji organoleptik sebanyak 20 orang. Format kuesioner penilaian panelis disajikan pada Lampiran 8.



## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yaitu

1. Konsentrasi zeolit dalam aktivasi asam klorida HCl berpengaruh nyata terhadap asam lemak bebas, kadar air, karoten, uji sensori aroma serta warna, dan uji hedonic aroma serta warna
2. Konsentrasi zeolit dalam aktivasi asam klorida HCl terhadap pengurangan aroma langu pada minyak sawit merah terbaik pada perlakuan HCl 4,5% dengan kadar air sebesar 0,0440%, asam lemak bebas sebesar 0,0426%, karoten sebesar 365,9866 ppm, skor aroma sebesar 3,73 dengan aroma yang dihasilkan tidak langu, skor warna sebesar 4,33 dengan warna yang dihasilkan merah keoranyean, skor hedonic aroma sebesar 3,50 dengan panelis suka terhadap kesukaan aroma, skor hedonic warna sebesar 4,08 dengan panelis suka terhadap kesukaan warna.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai uji warna terhadap minyak sawit merah (MSM) teraktivasi HCl menggunakan *colorimeter* agar dapat melihat perbedaan warna secara signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, Y., Erwana, D., dan Mustain. 2022. Pengolahan *Crude Palm Oil* (Cpo) Menjadi Minyak Sawit Merah (MSM) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik dan *Cartridge Filter*. *Jurnal Kinetika*. 13(3):11-19.
- Ahmadi, K.G.S. 2009. Kinerja Zeolit Alam Teraktivasi Pada Penjernihan Minyak Bekas Penggorengan Keripik Tempe. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 10(2):136-143.
- Akbar, T., Andika, H., Erbert F. D., dan Leonardo, E. W. 2022. Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorbent Zeolit dan Bleaching Earth. *Indonesian Journal of Halal*. 4(1):16-24.
- Alimano, M., dan Mindriany, S. 2014. Reduksi Ukuran Adsorbansi Untuk Memperbesar Diameter Pori dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 20(2):173-182.
- Atikah, W. S. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil*. 32(1):17-24.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Produksi *Crude Palm Oil* Tahun 2021. Berita Resmi Statistik. Jakarta. Hal. 7.
- Badan Standar Nasional. 2006. SNI 01-2901-2006. *Syarat mutu CPO (Crude Palm Oil)*. Badan Standar Nasional. Jakarta. Hal. 9.
- Basiron, Y. dan Weng, C. K. 2004. The Oil Palm and Its Sustainability. *Journal of Oil Palm Research*. 16(1):1-10.
- Belitz, H. D. dan Grosch, W. 1999. *Food Chemistry*. Springer. Germany. Hal. 56.
- Budiyanto, Devi, S., Zulman, E., dan Rasie, J. 2010. Perubahan Kandungan  $\beta$ -Karoten, Asam Lemak Bebas, dan Bilangan Peroksida Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. *Agritech*. 30(2):75-79.
- Choo, Y.M. 1989. *Carotenoid from Palm Oil*. PORIM *Palm Oil Development*. No. 22:1-6.

- Dahlia, N., Winda, R., dan Thamrin, U. 2019. Adsorpsi Asam Lemak Bebas Pada Crude Palm Oil Menggunakan Zeolit Teraktivasi  $K_2CO_3$ . *Indo. J. Pure App. Chem.* 2(3):112-120.
- Databooks. 2022. Konsumsi Minyak Sawit Bulan April Tahun 2022. *Databooks.com*. Diakses 16 November 2022.
- Fena, R. 2018. Optimasi Proses Pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan *Regenerasi Spent Bleaching Earth*. (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang. Hal. 47.
- Fitriana, N. dan Rusmini. 2019. Pembuatan Zeolit Alam Teraktivasi HCl dan Karakterisasinya. *UNESA Journal of Chemistry*. 8(1). 17-19.
- Ifa, L., Adil, A., Muhammad, F., dan Nurjanah, N. 2018. Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Adsorben (Zeolit dan Bioarang Sekam Padi). *Journal of Chemical Process Engineering*. 3(2):8-11.
- Indarto, C., dan Mohammad, F. 2022. Efektivitas Jenis Adsorben dalam Pemurnian *Cooking Oil* dari Jagung varietas local Madura. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 16(4):622-629.
- Irvan, Olyvia, P.W., Nurul, A., dan Iriany. 2016. Adsorpsi B-Karoten Yang Terkandung dalam Minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*) Menggunakan Karbon Aktif. *Jurnal Teknik Kimia Usu*. 5(1):52-57.
- Jatmika, A.P., dan Guritno, 1997. Sifat Fisikokimiawi Minyak Goreng Sawit Merah dan Minyak Goreng Biasa. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 5(2): 127-138.
- Kasim, R., Dwi, S., dan Hery, H. 2011. Esterifikasi *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Katalis Zeolit Alam Teraktifasi Asam Pada Proses Pembuatan Biodiesel Melalui Metode Dua Tahap (Esterifikasi-transesterifikasi). *Agrointek*. 5(1):59-66.
- Kurniasari, L. 2011. Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben pada Alat Pengering Bersuhu Rendah. *Reaktor*. 13(3):178-184.
- Kusumastuti. 2004. Kinerja Zeolit dalam Memperbaiki Mutu Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan*. 15(2):141-144.
- Mahmud, S.F. 2019. Proses Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*) menjadi RBDPO (*Refined Bleached and Deodorized Palm Oil*) di PT XYZ Dumai. *Jurnal Universal Teknologi*. 12(1):55-64.

- Maimun, T., Nasrul, A., Fikriatul, A.H., dan Putri, R. 2017. Penghambatan Peningkatan Kadar Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*) Pada Buah Kelapa Sawit dengan Menggunakan Asap Cair. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 9(2):44-49.
- Marliyati, S.A., Rimbawan, dan Rini, H. 2021. Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional Minyak Sawit Merah. *The Journal of Indonesian Community Nutrition*. 10(1):83-94.
- Masruhin, Rismawati, R., dan Syamsuddin, Y. 2018. Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal of Chemical Process Engineering*. 3(1):11-20.
- Midwar, D., Syaifullah, M., Muhammad, F., dan Ida, H. 2018. Karakterisasi Nano Zeolit Teraktivasi  $ZnCl_2$  dan Aplikasinya pada Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit. *Serambi EngineeringI*. 3(2):285-295.
- Manocha, S.M. 2003. Porous Carbons. *Sadhan*. 28(1):335-348.
- Naibaho. 1990. Pemisahan Karoten (Provitamin A) dari Minyak Sawit dengan Metode Adsorpsi. (*Disertasi*). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 63.
- Ngapa, Y.D. 2017. Kajian Pengaruh Asam-Basa Pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya Sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(2):90-96.
- Nizar, A.A.S., Saputra, E.R., dan Ariany, Z. 2018. Pengaruh Perlakuan Kimia Terhadap Karakteristik Zeolit Alam Aktif. *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*. Hal. 99-106.
- Nurani, I., Dyan, S., Ika, S.H., dan Emas, A.P.W. 2016. Analisis Keefektivan Zeolit pada Proses Adsorpsi Pemurnian Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(4):171-180.
- Ooi, C.K., Choo, Y.M., Yap, S.C. dan Ma, A.N. 1996. Refining Red Palm Oil. *Elais*. 1(8):20-28.
- Pratomo, S.W., Widhi, M., dan Triastuti, S. 2017. Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi  $H_3PO_4$  sebagai Adsorben Ion Logam Cd(Ii) dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6(2):162-167.
- Puspitasari, D.A. 2008. Optmiasi Proses Produksi dan Karakteristik Produk serta Pendugaan Umur Simpan Minyak Sawit Kaya Karotenoid. (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 47-51.

- Puteh, A. Q., Anith, A.M.S., Mohd, H.J.R., dan Alwi, S. 2022. *Comparative Study of Carotenoids Content in Ripe and Unripe Oil Palm Fresh Fruit Bunches. International Journal of Integrated Engineering*. 14(9):240-246.
- Putriani. 2017. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida Terhadap Proses Pembuatan Arang Aktif dari Kulit Pisang Kepok. (*Skripsi*). Polteknik Negeri Samarinda. Samarinda. Hal. 34-36.
- Raharjo. 1997. Pembuatan Karbon Aktif dari Serbuk Gergajian Pohon Jati dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif. (*Skripsi*). Universitas Brawijaya. Malang. Hal. 59-61.
- Regina, C.S. 2020. Pengaruh Konsentrasi Minyak Sawit Merah Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Mie Basah Berbasis Tepung Mocaf. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Lampung. Hal. 37.
- Rismawati. 2009. Pengaruh Waktu Deodorisasi terhadap Olein dan Sterin Minyak Sawit Merah serta Aplikasinya sebagai Medium Penggorengan Tempe dan Ubi Jalar Putih. (*Skripsi*). Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 42.
- Saputra, D.P. 2015. Hidrolisis Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*) Menjadi Sirup Glukosa dengan Katalis Asam Klorida. (*Skripsi*). Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. Hal. 51-53.
- Sembiring, M.T., dan Sinaga, T.S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. USU Digital Library. Medan. Hal. 71.
- Sinaga, A.G.S., dan Donald, S. 2015. Pengaruh Kandungan Komponen Minor dari Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Terhadap Aktivitas Antioksidan pada Proses Pemurnian Karotenoid. *Pharm Sci Res*. 2(3):135-142.
- Solikah, S., dan Utami, B. 2014. Perbedaan Penggunaan Adsorben dari Zeolit Alam Teraktivasi dan Zeolit Terimmobilisasi Dithizon untuk Penyerapan Ion Logam Tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ). *Seminar Nasional, Kimia, dan Pendidikan Kimia VI*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Hal. 13-22.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. *Minyak Goreng Sawit*. SNI 7709-2019. Jakarta. Hal.6.
- Sulistiowati, D.D., Ria, P.H., Herti, U., dan Simparmin, B.G. 2017. Kajian Pengaruh Konsentrasi Zeolit Alam Lampung pada Hidrasi Terpentin Menjadi  $\alpha$ -Terpineol. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6 (2): 21-34.
- Wang, S. dan Peng, Y. 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*. 156 11-24.

- Wilson, M., Suparmi, dan Desmelati. 2021. Studi Penerimaan Konsumen Terhadap Makaroni Udang Rebon (*Acetes Erythraeus*). *Jurnal Online Mahasiswa Universitas Riau*.2(1):1-14.
- Wonggo, D. 2010. Penerimaan Konsumen Terhadap Selai Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezzi*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 6(1):51-53.
- Wulan, S.A. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil*. 32(1):17-24.
- Yamliha, A., Dwi, A.B., dan Agung, N.W. 2013. Pengaruh Ukuran Zeolit terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) pada Aliran Bio Gas. *Jurnal Bioproses Komuditas Tropis*. 1(2):67-72.