

**PRARANCANGAN PABRIK SABUN
MANDI DARI *CRUDE PALM OIL (CPO)* DAN NaOH DENGAN
PROSES SAPONIFIKASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta**

**Disusun Oleh :
Maria Susana Refwalu
22160296D**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK SABUN
MANDI DARI *CRUDE PALM OIL (CPO)* DAN NaOH DENGAN PROSES
SAPONIFIKASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Di Susun Oleh :
Maria Susana Refwalu
22160305D


Telah Di Setujui Oleh Dosen Pembimbing :
Pada Tanggal : 16 Januari 2023

Pembimbing I




Dewi Astuti Herawati, S.T., M.T.
NIS. 01199601032053

Pembimbing II



Argoto Mahayana, S.T., M.T.
NIS. 01199906201069

Mengetahui,
Ketua program studi



Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng.
NIS.01201407261183

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK SABUN
MANDI DARI *CRUDE PALM OIL (CPO)* DAN NaOH DENGAN PROSES
SAPONIFIKASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Di Susun Oleh :

Maria Susana Refwalu

22160296D

Telah Dipertahankan Oleh Tim Penguji :

Pada Tanggal : 16 Januari 2023

Nama

Tanda Tangan

Penguji I : Ir. Sumardiyono, M.T.



Penguji II : Dr. Supriyono, S.T., M.



Pembimbing I : Dewi Astuti Herawati, S.T., M.T.



Pembimbing II : Argoto Mahayana, S.T., M.T.



Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Suseno, M., Si.
NIS.01199408011044

Ketua Program Studi

Gregorius Prima Indra B., S.T., M.Eng.
NIS.01201407261183

MOTTO

✚"Siapa anda besok dimulai apa yang anda lakukan hari ini"

PERSEMBAHAN

- ✚ Puji syukur ku persembahkan pada ALLAH, atas berkat dan rahmatNya detak jantung, denyut nadi, nafas dan putaran roda kehidupan yang telah diberikan-Nyahinga saat ini.
- ✚ Dosen-dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak pelajaran, ilmu, pengalaman, dan kesediaan waktu untuk membimbing saya hingga lulus.
- ✚ Saudara-saudara dan keluarga besar terutama ibu yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga TA ini dapat terselesaikan sesuai dengan keinginan. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2016 yang selalu memberikan semangat sehingga TA dapat terselesaikan sesuai harapan.
- ✚ Almamaterku.

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan bahwa Skripsi ini yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK SABUN MANDI DARI *CRUDE PALM OIL (CPO)* DAN NaOH DENGAN PROSES SAPONIFIKASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

” adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila Skripsi ini merupakan jiplakan dari penelitian/karya ilmiah/skripsi orang lain, maka saya siap menerima sanksi, baik secara akademis maupun hukum.

Surakarta, 8 September 2023



Maria S Refwalu
NIM 22160296D

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah PRARANCANGAN PABRIK SABUN MANDI DARI *CRUDE PALM OIL (CPO)* DAN NaOH DENGAN PROSES SAPONIFIKASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Dr.Suseno,M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. Gregorius Prima Indra Budianto,S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.T. selaku pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Argoto Mahayana, S.T., M.T., selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Ir. Sumardiyono M.T. dan Dr. Supriyono, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selamakuliah.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| MOTTO iv | |
| PERSEMBAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| INTISARI xvi | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik | 2 |
| 1.2.1 Proyeksi kebutuhan sabun di Indonesia | 2 |
| 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku | 4 |
| 1.2.3 Penentuan Kapasitas Produksi..... | 5 |
| 1.3 Lokasi Pabrik | 6 |
| 1.3.1 Bahan Baku | 6 |
| 1.3.2 Tersedia pemasaran produk..... | 6 |
| 1.3.3 Tersedia Fasilitas Transportasi | 6 |
| 1.3.4 Tersedia Utilitas | 7 |
| 1.3.5 Tersedia Tenaga Kerja..... | 7 |
| 1.3.6 Kemasyarakatan | 7 |
| 1.4 Pemelihan Proses | 7 |
| 1.4.1 Macam – macam Proses | 7 |
| 1.4.2 Proses Yang Dipilih..... | 9 |
| 1.4.3 Tinjauan proses secara umum | 10 |
| 1.4.4 Fungsi dan karekteristik bahan baku dan produk..... | 11 |
| 1.4.5 Proses pembuatan yang dipilih..... | 19 |
| BAB II SPESIFIKASI BAHAN..... | 24 |
| 2.1 Spesifikasi Bahan Baku..... | 24 |
| 2.1.1 CPO (Crude Palm Oil) | 24 |
| 2.1.2 NaOH..... | 24 |
| 2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung | 24 |

| | | | |
|---------|-------|---|----|
| | 2.2.1 | Air (H ₂ O)..... | 24 |
| | 2.2.2 | Natrium Klorida (NaCl) | 25 |
| | 2.2.3 | EDTA (Etilen Diamin Tetra Asetat) | 25 |
| | 2.2.4 | Parfum (Minyak Nilam) | 25 |
| | 2.2.5 | Filler (Natrium Sulfat)..... | 25 |
| | 2.3 | Spesifikasi Produk..... | 25 |
| | 2.3.1 | Sabun (C ₁₅ H ₃₁ COONa) | 25 |
| | 2.3.2 | Gliserol (C ₃ H ₅ (OH) ₃) | 26 |
| BAB III | | DESKRIPSI PROSES | 27 |
| | 3.1 | Tahapan Proses..... | 27 |
| | 3.1.1 | Tahapan proses umpan | 27 |
| | 3.1.2 | Tahap reaksi saponifikasi trigliserida..... | 27 |
| | 3.1.3 | Tahap pemisahan | 27 |
| | 3.1.4 | Tahap pencampuran | 27 |
| | 3.1.5 | Tahap <i>finishing</i> | 28 |
| | 3.2 | Diagram Kualitatif | 29 |
| | 3.3 | Diagram Kuantitatif | 30 |
| BAB IV | | NERACA MASSA DAN NERACA PANAS..... | 31 |
| | 4.1 | Langkah-langkah Pembuatan Neraca Massa | 31 |
| | 4.2 | Penyelesaian neraca massa..... | 31 |
| | 4.3 | Hasil Perhitungan Neraca Massa | 32 |
| | 4.3.1 | Kapasitas Produksi Tiap Jam | 32 |
| | 4.3.2 | Neraca massa <i>mixer</i> 01 (M-110) | 32 |
| | 4.3.3 | Neraca massa reactor (R-210) | 32 |
| | 4.3.4 | Neraca massa <i>mixer</i> (M – 310)..... | 33 |
| | 4.3.5 | Neraca massa Decanter (H-320)..... | 33 |
| | 4.3.6 | Neraca massa <i>mixer</i> (M – 410)..... | 34 |
| | 4.3.7 | Neraca massa Evaporator (B-510) | 34 |
| | 4.3.8 | Neraca massa BSFM - 610..... | 35 |
| | 4.4 | Hasil perhitungan neraca panas..... | 35 |
| | 4.4.1 | Neraca panas <i>mixer</i> 01 | 35 |
| | 4.4.2 | Neraca panas reaktor | 36 |
| | 4.4.3 | Neraca panas <i>mixer</i> 02 | 36 |
| | 4.4.4 | Neraca panas <i>Decanter</i> | 36 |
| | 4.4.5 | Neraca panas <i>mixer</i> 03 | 37 |
| | 4.4.6 | Neraca panas <i>Evaporator</i> | 37 |
| | 4.4.7 | Neraca panas BSFM..... | 37 |
| | 4.4.8 | Neraca panas <i>heater</i> 01 | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| | 4.4.9 Neraca panas <i>heater</i> 02 | 38 |
| | 4.4.10 Neraca panas <i>cooler</i> 01 | 38 |
| | 4.4.11 Neraca panas <i>cooler</i> 02 | 38 |
| BAB V | SPESIFIKASI ALAT | 39 |
| | 5.1 Tangki penyimpan CPO | 39 |
| | 5.2 Tangki penyimpan parfum | 39 |
| | 5.3 Tangki penyimpan produk samping | 39 |
| | 5.4 Gudang penyimpan NaOH | 40 |
| | 5.5 Gudang penyimpan NaCl | 40 |
| | 5.6 Gudang penyimpan EDTA | 40 |
| | 5.7 Gudang penyimpanan Na_2SO_4 | 41 |
| | 5.8 Gudang penyimpan produk | 41 |
| | 5.9 Mixer 01 | 41 |
| | 5.10 Reaktor | 42 |
| | 5.11 Mixer 02 | 42 |
| | 5.12 Decanter | 43 |
| | 5.13 Mixer 03 | 43 |
| | 5.14 Evaporator | 44 |
| | 5.15 BSFM | 44 |
| | 5.16 <i>Heater</i> 01 | 45 |
| | 5.17 <i>Heater</i> 02 | 45 |
| | 5.18 <i>Cooler</i> 01 | 45 |
| | 5.19 <i>Cooler</i> 02 | 46 |
| | 5.20 <i>Hopper</i> 01 | 46 |
| | 5.21 <i>Hopper</i> 02 | 47 |
| | 5.22 <i>Hopper</i> 03 | 47 |
| | 5.23 <i>Hopper</i> 04 | 47 |
| | 5.24 Bucket Elevator 01 | 48 |
| | 5.25 Bucket elevator 02 | 48 |
| | 5.26 Belt conveyor 03 | 49 |
| | 5.27 Belt conveyor 04 | 49 |
| | 5.28 Belt conveyor 01 | 50 |
| | 5.29 Pompa 01 | 50 |
| | 5.30 Pompa 02 | 51 |
| | 5.31 Pompa 03 | 51 |
| | 5.32 Pompa 04 | 51 |
| | 5.33 Pompa 05 | 52 |
| | 5.34 Pompa 06 | 52 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.35 | Pompa 07..... | 53 |
| 5.36 | Pompa 08..... | 53 |
| 5.37 | Pompa 09..... | 53 |
| 5.38 | Pompa 10..... | 54 |
| BAB VI | UTILITAS DAN LABORATORIUM | 55 |
| 6.1 | Unit Pendukung Proses (UTILITAS)..... | 55 |
| 6.1.1 | Unit pengadaan dan pengolahan air | 55 |
| 6.1.2 | Unit Sanitasi | 59 |
| 6.1.3 | Unit pengadaan steam | 59 |
| 6.2 | Unit Pengadaan Listrik..... | 61 |
| 6.3 | Unit Pengadaan Bahan Bakar..... | 63 |
| 6.4 | Unit Penyediaan Udara Tekan | 63 |
| 6.5 | Unit Pengolahan Limbah..... | 63 |
| 6.6 | Air sanitasi | 64 |
| 6.7 | Laboratorium..... | 64 |
| 6.8 | Kesehatan dan Keselamatan Kerja..... | 66 |
| 6.9 | Alat – Alat Utilitas | 67 |
| 6.9.1 | Bak Penampung Sementara..... | 67 |
| 6.9.2 | Kation Exchanger | 67 |
| 6.9.3 | Anion Exchanger | 67 |
| 6.9.4 | Tangki Demineralisasi..... | 67 |
| 6.9.5 | Daerator | 68 |
| 6.9.6 | Boiler | 68 |
| 6.9.7 | Tangki Penyimpanan N ₂ H ₂ | 68 |
| 6.9.8 | Tangki Karbon Aktif | 68 |
| 6.9.9 | Tangki Kaporit | 69 |
| 6.9.10 | Tangki Air Bersih..... | 69 |
| 6.9.11 | Tangki Larutan HCl | 69 |
| 6.9.12 | Tangki Larutan NaOH..... | 69 |
| 6.9.13 | Tangki Air Pendingin 1 | 70 |
| 6.9.14 | Tangki Air Pendingin 2..... | 70 |
| 6.9.15 | Bak Refrigerator..... | 70 |
| 6.9.16 | Pompa Utilitas 1 | 70 |
| 6.9.17 | Pompa Utilitas 2..... | 71 |
| 6.9.18 | Pompa Utilitas 3..... | 71 |
| 6.9.19 | Pompa Utilitas 4..... | 71 |
| 6.9.20 | Pompa Utilitas 5..... | 71 |
| 6.9.21 | Pompa Utilitas 6..... | 71 |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| | 6.9.22 Pompa Utilitas 7..... | 72 |
| | 6.9.23 Pompa Utilitas 8..... | 72 |
| | 6.9.24 Pompa Utilitas 9..... | 72 |
| | 6.9.25 Pompa Utilitas 10..... | 72 |
| | 6.9.26 Pompa Utilitas 11..... | 73 |
| | 6.9.27 Pompa Utilitas 12..... | 73 |
| BAB VII | ORGANISASI DAN TATA LETAK..... | 74 |
| 7.1 | Bentuk Perusahaan..... | 74 |
| 7.2 | Struktur Organisasi..... | 75 |
| | 7.2.1 Struktuk Organisasi..... | 76 |
| | 7.2.2 Pemegang saham..... | 77 |
| | 7.2.3 Dewan komisaris..... | 77 |
| | 7.2.4 Direktur..... | 77 |
| | 7.2.5 Staf ahli dan litbang..... | 78 |
| | 7.2.6 Kepala bagian..... | 78 |
| | 7.2.7 Karyawan..... | 79 |
| 7.3 | Sistem Kepegawaian Dan Sitem Gaji..... | 80 |
| | 7.3.1 Sistem kepegawaian..... | 80 |
| | 7.3.2 Penggolongan jabatan..... | 80 |
| | 7.3.3 Sistem gaji..... | 81 |
| | 7.3.3 Pembagian jam kerja karyawan..... | 82 |
| 7.4 | Kesejahteraan Karyawan..... | 84 |
| 7.5 | Manajemen Produksi..... | 85 |
| | 7.5.1 Perencanaan produksi..... | 85 |
| | 7.5.2 Pengendalian proses..... | 86 |
| 7.6 | Tata Letak (Lay Out) Pabrik..... | 87 |
| 7.7 | Tata Letak Alat..... | 91 |
| | 7.7.1 Ekonomi..... | 91 |
| | 7.7.2 Aliran bahan baku dan produk..... | 91 |
| | 7.7.3 Kebutuhan proses..... | 91 |
| | 7.7.4 Operasi..... | 91 |
| | 7.7.5 Perawatan..... | 91 |
| | 7.7.6 Keamanan..... | 91 |
| | 7.7.7 Perluasan dan pengembangan pabrik..... | 92 |
| | 7.7.8 Lalu lintas manusia..... | 92 |
| | 7.7.9 Aliran udara dan cahaya..... | 92 |
| BAB VIII | EVALUASI EKONOMI..... | 94 |
| 8.1 | Harga Alat..... | 94 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 8.2 | Perhitungan Biaya | 96 |
| 8.2.1 | Investasi Modal (<i>Capital Investment</i>). | 97 |
| 8.2.2 | Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>). | 97 |
| 8.2.3 | Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>). | 97 |
| 8.2.4 | Analisis Kelayakan..... | 97 |
| 8.3 | Total Fixed Capital Investment..... | 98 |
| 8.4 | Working Capital..... | 99 |
| 8.5 | Harga bahan baku | 99 |
| 8.6 | Manufacturing Cost..... | 99 |
| 8.7 | General Expenses | 100 |
| 8.8 | Analisis Ekonomi | 100 |
| 8.8.1 | Return On Investment (ROI)..... | 100 |
| 8.8.2 | Pay Out Time (POT) | 101 |
| 8.8.3 | Break Even Point (BEP)..... | 101 |
| 8.8.4 | Shut Down Point (SDP) | 102 |
| 8.8.5 | Discounted Cash Flow (DCF) | 102 |
| 8.8.6 | Produk Sabun | 103 |
| BAB IX | KESIMPULAN | 106 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 107 |
| | LAMPIRAN | 112 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1.1 Pertumbuhan Impor sabun padat tahun 2012-2018..... | 2 |
| Gambar 1.2 Pertumbuhan ekspor sabun padat tahun 2012-2018..... | 3 |
| Gambar 1.3 Kapasitas produksi sabun padat Indonesia 2012-2018 | 5 |
| Gambar 4.1 Neraca Massa mixer-110..... | 32 |
| Gambar 4.2 Neraca massa reaktor | 32 |
| Gambar 4.3 Neraca massa mixer 02 (M-310)..... | 33 |
| Gambar 4.4 Neraca Massa Decanter | 33 |
| Gambar 4.5 Neraca massa <i>mixer</i> 03 (M-410) | 34 |
| Gambar 4.6 Neraca massa Spray dryer | 34 |
| Gambar 4.7 Neraca massa BSFM - 610..... | 35 |
| Gambar 7.1 Struktur Organisasi Perusahaan | 76 |
| Gambar 7.2. <i>Lay out pabrik</i> | 90 |
| Gambar 7.3. Tata letak alat | 93 |
| Gambar 8.1 Grafik BEP dan SDP | 102 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|-------------|--|
| Tabel 1.1 | Data impor sabun 2012-20182 |
| Tabel 1.2 | Data ekspor sabun padat tahun 2012-20183 |
| Tabel 1.3 | Daftar Pabrik Produsen Sabun Padat di Indonesia.....3 |
| Tabel 1.4 | Harga (ΔH_f°) dan (ΔG°) masing-masing komponen21 |
| Tabel 4.1 | Neraca massa disekitar mixer – 110.....32 |
| Tabel 4.2 | Neraca massa disekitar reaktor.....33 |
| Tabel 4.3 | Neraca massa disekitar mixer – 02.....33 |
| Tabel 4.4 | Neraca Massa Decanter34 |
| Tabel 4.5 | Neraca massa disekitar <i>mixer</i> – 0334 |
| Tabel 4.6 | Neraca massa disekitar Spray dryer34 |
| Tabel 4.7 | Neraca massa disekitar BSFM - 610.....35 |
| Tabel 4.8 | Neraca panas disekitar <i>mixer</i> 01.....35 |
| Tabel 4.9 | Neraca panas disekitar reaktor36 |
| Tabel 4.10 | Neraca panas disekitar <i>mixer</i> 02.....36 |
| Tabel 4.11 | Neraca massa disekitar <i>Decanter</i> (H).....36 |
| Tabel 4.12 | Neraca massa disekitar <i>mixer</i> 03.....37 |
| Tabel 4.13 | Neraca panas disekitar <i>Evaporator</i>37 |
| Tabel 4.14 | Neraca panas disekitarBSFM37 |
| Tabel 4.15 | Neraca panas disekitar <i>heater</i> 0138 |
| Tabel 4.16 | Neraca panas disekitar <i>heater</i> 0238 |
| Tabel 4.17 | Neraca panas disekitar <i>cooler</i> 0138 |
| Tabel 4.18 | Neraca panas disekitar <i>cooler</i> 0238 |
| Tabel 6.1. | Kebutuhan air proses56 |
| Tabel 6. 2. | Kebutuhan air pendingin57 |
| Tabel 6. 4. | Kebutuhan air umpan boiler59 |
| Tabel 6.5. | Konsumsi listrik untuk keperluan proses61 |
| Tabel 6.6. | Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas.....62 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabel 7.1 | Penggolongan jabatan | 80 |
| Tabel 7.2 | Daftar gaji karyawan | 81 |
| Tabel 7.3 | Pembagian sift karyawan | 84 |
| Tabel 7.4 | Luas bangunan pabrik | 89 |
| Tabel 8.1 | <i>Cost index chemical plant</i> | 95 |
| Tabel 8.2 | Harga alat pada tahun 2025 | 96 |
| Tabel 8.3 | Total <i>fixed capital investment</i> | 98 |
| Tabel 8.4 | <i>Working capital</i> | 99 |
| Tabel 8.5 | <i>Manufacturing cost</i> | 99 |
| Tabel 8.6 | <i>General expenses</i> | 100 |
| Tabel 8.7 | <i>Fixed cost</i> | 101 |
| Tabel 8.8 | <i>Variable cost</i> | 101 |
| Tabel 8.9 | <i>Regulated cost</i> | 102 |

INTISARI

Pabrik Sabun Mandi dari Crude Palm Oil (CPO) dan NaOH dengan kapasitas 20.000 Ton/tahun direncanakan didirikan pada tahun 2025 di daerah Kawasan Industri Dumai, Kelurahan Pelintung, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai, Provinsi Riau. Bahan baku Crude Palm Oil (CPO) yang digunakan didapat dari PT Lahan Tani Sakti, dan Natrium Hidroksida (NaOH) didapat dari PT. Soda Sumatera. Proses yang digunakan pada proses ini adalah proses saponifikasi yang menggunakan Reaktor RATB. Reaktor RATB berlangsung pada keadaan eksotermis yang dilengkapi dengan jaket pendingin, reaksi berjalan secara *irreversible*, beroperasi pada suhu 90⁰C serta tekanan 1 atm. Pabrik ini dikategorikan pabrik beresiko rendah sebab tekanan yang digunakan rendah.

Reaksi saponifikasi dimulai dengan mereaksikan Crude Palm Oil (CPO) dan NaOH di reaktor. Produk keluar berbentuk cair setelah itu diubah fasenya menjadi fase padat didalam evaporator. Produk sabun yang dihasilkan 31.656 pcs. Unit pendukung proses terdiri dari penyediaan air pendingin 1.085,1814 kg/jam, penyediaan air proses 737,3343 , penyediaan steam 3449,4392 , pembangkit listrik 173,3366 KW , dan penyediaan bahan bakar sebesar 0.057 m³/jam. Kebutuhan air didapat dari PT Dumai Tirta Persada serta terdapat generator untuk cadangan apabila PLN mengalami pemadaman.

Hasil analisis ekonomi pabrik sabun padat diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 31.617.711.769,44 per tahun, keuntungan setelah pajak sebesar Rp 22.132.398.238,60 . *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 19.85% dan setelah pajak 13.9% . *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3 tahun 4 bulan 8 hari dan sesudah pajak sebesar 4 tahun 2 bulan 4 hari. *Break Event Point* (BEP) sebesar 44,89%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23.92%. Dari data analisis kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak didirikan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu usaha yang dilakukan Indonesia sebagai negara berkembang untuk jangka panjang yaitu dengan menitik-beratkan pada kemajuan industri. Dengan sumber daya alam yang melimpah, mendukung era industrialisasi untuk produksi berbagai kebutuhan hidup yang diperlukan masyarakat Indonesia. Indonesia salah satu negara terbesar penghasil minyak sawit dan juga salah satu negara pengekspor minyak sawit terbesar di dunia. Hal ini dapat membantu meningkatkan perkembangan di sektor perekonomian dan juga sektor sosial negara Indonesia. Pertumbuhan kelapa sawit terus meningkat dari tahun ke tahun.

Sabun mandi merupakan kebutuhan pokok manusia. Sabun mandi dapat membersihkan kotoran, melindungi manusia dari kuman, bakteri dan virus yang dapat mengganggu Kesehatan manusia. Sabun berfungsi untuk mengemulsi kotoran-kotoran berwujud minyak ataupun zat pengotor lainnya. Sabun juga merupakan salah satu produk kimia yang paling dibutuhkan di dunia termasuk Indonesia.

Sabun dibuat dengan proses saponifikasi lemak minyak dengan larutan alkali membebaskan gliserol. Saponifikasi minyak kelapa sawit dengan NaOH merupakan salah satu metode untuk membuat sabun.

Beberapa industri sabun menggunakan *Crude Palm Oil (CPO)* sebagai bahan baku pembuatan sabun. CPO yang dihasilkan dari perkebunan sawit diolah kemudian menjadi asam lemak, selanjutnya asam lemak dihidrogenasi atau difraksinasi untuk menghasilkan asam lemak yang murni. Proses fraksinasi merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan komponen utama kandungan yang satu dengan komponen kandungan lainnya

Pendirian pabrik sabun sangat memberi keuntungan dan juga pasar sabun di Indonesia juga terbuka mengingat kebutuhan sabun di Indonesia cukup tinggi, dan sabun yang dikonsumsi merupakan hasil impor.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pabrik sabun didasarkan pada beberapa hal yaitu

1. Ketersediaan bahan baku
2. Kapasitas produksi
3. Pemasaran produk

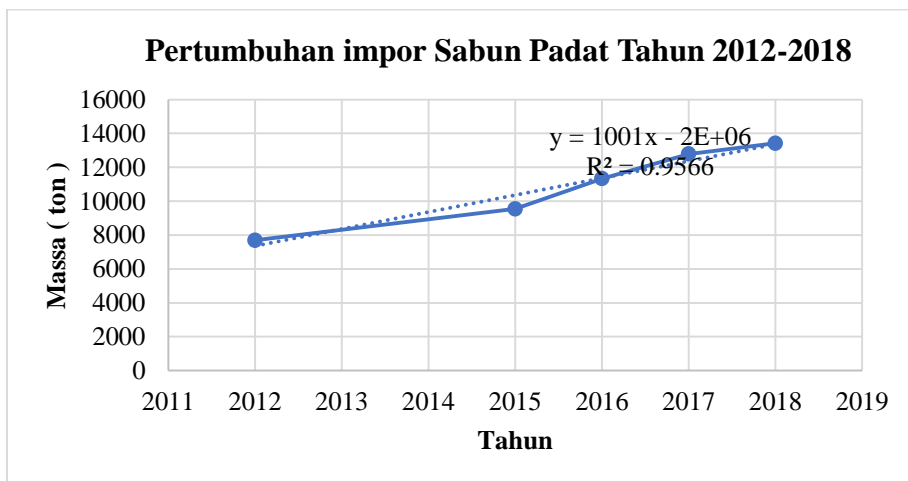
1.2.1 Proyeksi kebutuhan sabun di Indonesia

Perkembangan impor sabun di Indonesia dari tahun 2012-2018 sebagai berikut :

Tabel 1.1 Data impor sabun 2012-2018

| DATA IMPOR SABUN 2012-2018 | |
|----------------------------|--------------|
| Tahun | Massa (ton) |
| 2012 | 7693 |
| 2013 | 12448 |
| 2014 | 7449 |
| 2015 | 9542 |
| 2016 | 11332 |
| 2017 | 12758 |
| 2018 | 13421 |

Sumber : UN Data (tahun 2020)



Gambar 1.1 Pertumbuhan Impor sabun padat tahun 2012-2018

Kebutuhan impor sabun padat di Indonesia pada tahun 2025 dapat di perkirakan dengan menggunakan pendekatan regresi linier :

$$y = 1001x - 2E+06$$

y = Jumlah kebutuhan import sabun padat (Ton/Tahun)

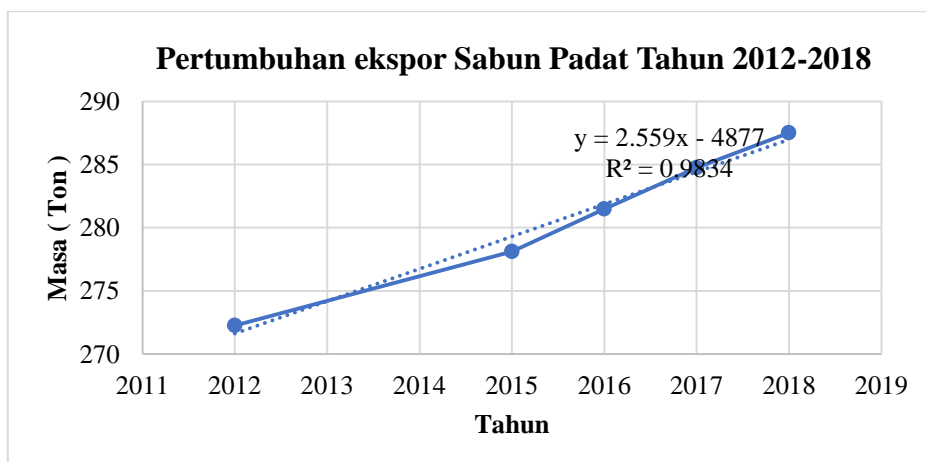
x = Tahun

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan impor pada tahun 2025 adalah sebesar 27.025 Ton/Tahun

Tabel 1.2 Data ekspor sabun padat tahun 2012-2018

| DATA EKSPOR SABUN 2012-2018 | | |
|-----------------------------|---------------|--|
| Tahun | Massa (ton) | |
| 2012 | 272.263 | |
| 2013 | 328.162 | |
| 2014 | 323.089 | |
| 2015 | 278.120 | |
| 2016 | 281.483 | |
| 2017 | 284.751 | |
| 2018 | 287.510 | |

Sumber : UN Data (tahun 2020)



Gambar 1.2 Pertumbuhan ekspor sabun padat tahun 2012-2018

Gambar 1.3 menunjukkan persamaan $y=2.559x-4877$, sumbu y merupakan jumlah ekspor tahun x. Persamaan di atas dapat digunakan untuk memperkirakan ekspor sabun padat tahun 2025. Perkiraan ekspor pada tahun 2025 sebesar 304,975 Ton/Tahun.

Tabel 1.3 Daftar Pabrik Produsen Sabun Padat di Indonesia

| Nama Pabrik | Produksi (ton/tahun) |
|----------------------|----------------------|
| PT. Lion Wings | 28.000 |
| PT. Unilever | 226.600 |
| PT. Procter & Gamble | 33.000 |
| PT. KAO | 187.000 |
| PT. PZ Cussons | 41.000 |
| PT. Multi Indonesia | 45.000 |



| | |
|--------------------------|----------------|
| PT. Filma Utama Soap | 8.600 |
| PT. Gemilang Indah Alami | 5.000 |
| PT. Mega Surya Mas | 10.000 |
| TOTAL | 584.200 |

Sumber : BPS (industry manufaktur 2019)

Kebutuhan konsumsi sabun padat di Indonesia pada tahun 2025 dapat diperkirakan sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan konsumsi 2025} &= \text{produksi pabrik yang sudah ada} + \text{impor 2025} - \text{ekspor 2025} \\
 &= (584.200 + 27.025 - 304.975) \\
 &\quad \text{Ton/Tahun} \\
 &= 306.250 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

A. *Crude Palm Oil* (CPO)

Indonesia termasuk negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Beberapa propinsi di Indonesia memiliki perkebunan sawit yaitu propinsi Riau, Sumatra utara, Kalimantan Tengah, Sumatra Selatan dan Kalimantan Barat, propinsi tersebut memiliki perkebunan sawit yang paling luas.

Tanaman kelapa sawit adalah tanaman berkeping satu yang termasuk dalam family *Palmae*. Minyak sawit merupakan minyak makan yang diperdagangkan dengan standar mutu dan keamanan pangan diatur oleh CODEX Alimentarius Commission.

Kelapa sawit menghasilkan dua jenis minyak utama yaitu CPO, dan CPKO (*Crude Palm Kernel Oil*). Minyak yang diperoleh dari daging buah disebut minyak kelapa sawit kasar (CPO), sedangkan minyak yang diperoleh dari biji buah disebut dengan minyak inti sawit (CPKO).

Minyak yang diproduksi dari buah kelapa sawit telah terbukti mempunyai karakteristik unik dan unggul dibandingkan dengan minyak dari tanaman lainnya. Minyak kelapa sawit menghasilkan sabun mandi yang padat dan bertekstur halus, melembabkan kulit.

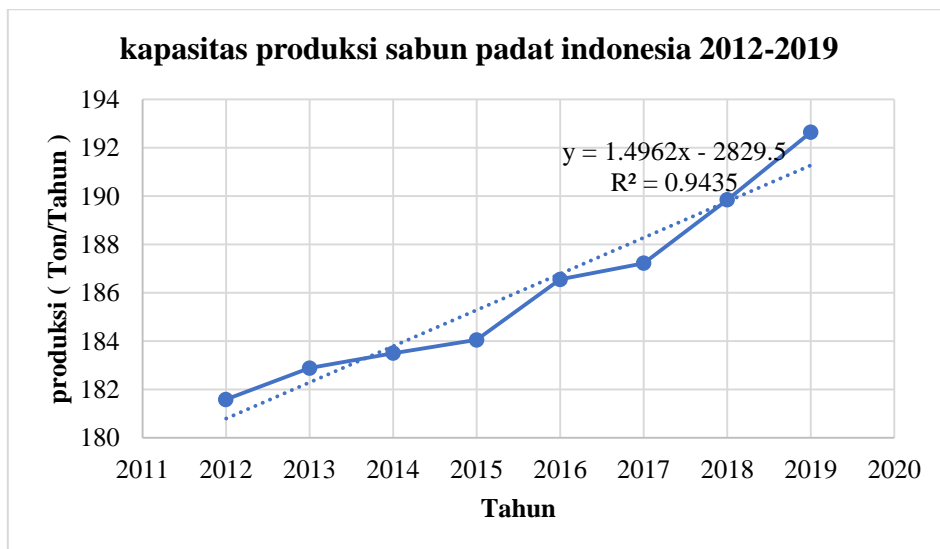
B. NaOH

NaOH digunakan untuk membuat sabun padat. NaOH merupakan alkali yang digunakan untuk pembuatan sabun padat dan sabun cuci. Kelebihan alkali dapat disebabkan karena penambahan alkali yang berlebih pada proses pembuatan sabun. Alkali bebas yang melebihi dari standar dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Alkali yang digunakan juga harus bebas dari kontaminasi dari logam berat karena dapat mempengaruhi kode dan struktur sabun serta dapat menurunkan resistansi terhadap oksidasi.

1.2.3 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas pabrik sabun padat yang sudah ada di Indonesia dapat di lihat pada

Tabel berikut :



Gambar 1.3 kapasitas produksi sabun padat Indonesia 2012-2018

Jumlah produksi sabun padat pada tahun 2025 di Indonesia dapat diketahui dari hasil perhitungan $y = 1.4962x - 2829.5$ adalah sebesar 200.305 Ton/Tahun.

Kebutuhan sabun padat tahun 2025 dapat dihitung dengan asumsi tidak ada penambahan pabrik ataupun peningkatan kapasitas lama. Dengan perkiraan tidak ada pabrik baru yang berdiri, maka produksi sabun padat di dalam negeri akan tetap.

Dari banyaknya uraian diatas, maka dalam menentukan peluang pabrik yang akan berdiri tahun 2025 dapat diperkirakan sebagai berikut :

Kebutuhan sabun mandi padat tahun 2025

= kebutuhan konsumsi – Produksi di Indonesia

= (306.250 - 200.305) Ton/Tahun

= 105.945 Ton/Tahun

Berdasarkan hasil diatas, terlihat pada tahun 2025 yaitu rencana bedirinya pabrik baru, peluang pasar dalam negeri adalah 105.945 Ton/Tahun. Oleh karena itu, dengan beberapa pertimbangan didirikan pabrik sabun padat 10% dari total kebutuhan sabun padat 2025 dengan kapasitas 20.000 Ton/tahun.

1.3 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik yang tepat akan berpengaruh dalam penentuan kelangsungan produksi dan juga untuk efisiensi dari segi komersial. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dan ekonomis dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sumber bahan baku, pemasaran, transportasi, utilitas, tenaga kerja dan sebagainya. Lokasi pabrik yang akan didirikan di daerah Kawasan industri Dumai, Kelurahan Pelintung, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai, Provinsi Riau. Faktor utama dipilihnya lokasi tersebut ialah sebagai berikut :

1.3.1 Bahan Baku

Bahan baku utama sabun adalah CPO yang dapat diperoleh dari PT Salim Ifo Mas Pratama yang berada di daerah Kawasan Industri Riau yaitu P.T Gunung Mas Raya, P.T Lahan Tani Sakti.

NaOH dapat diperoleh dari Industri soda yang berada di pulau Sumatera yaitu P.T Soda Sumatera

1.3.2 Tersedia pemasaran produk

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam suatu industri. Berhasil atau tidaknya pemasaran merupakan penentuan keuntungan yang didapatkan dari industri tersebut

1.3.3 Tersedia Fasilitas Transportasi

Transportasi sangat perlu diperhatikan, sehingga dapat memperlancar Suplai bahan baku dan penyaluran produk yang

biayanya terjamin serta dalam waktu singkat bahan baku atau produk dapat secepat mungkin tersalurkan.

1.3.4 Tersedia Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik unit utilitas merupakan sarana kelancaran untuk proses produksi. Unit utilitas terbagi atas air, listrik dan bahan bakar. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi,

1.3.5 Tersedia Tenaga Kerja

Banyak tenaga kerja kasar maupun tenaga tenaga ahli cukup tersedia dengan jumlah yang cukup. Sehingga kebutuhan tenaga kerja dapat terpenuhi.

1.3.6 Kemasyarakatan

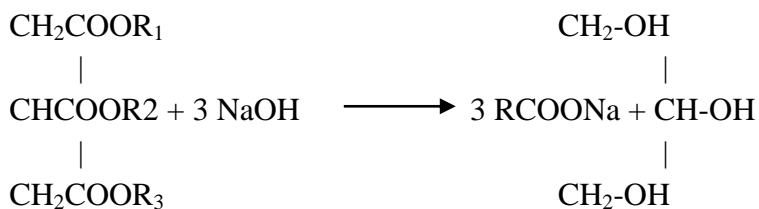
Dukungan masyarakat sangat penting dalam pendirian pabrik sabun karena dapat menjamin tersedianya lapangan kerja bagi masyarakat. Pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat sekitarnya

1.4 Pemeliharaan Proses

1.4.1 Macam – macam Proses

A. Proses Saponifikasi Trigliserida

Proses ini merupakan proses yang paling tua diantara proses – proses yang lain, karena, bahan baku untuk proses ini sangat mudah diperoleh. Dahulu proses ini digunakan untuk lemak hewan sekarang telah digunakan untuk minyak nabati. Proses saponifikasi trigliserida sekarang menggunakan system kontinyu sebagai ganti proses saponifikasi trigliserida system *batch*. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah :



Trigliserida Alkali

Sabun

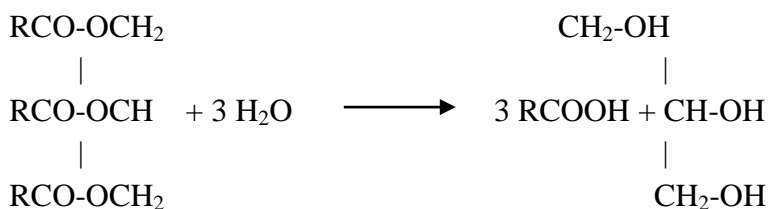
Gliserol

Proses saponifikasi trigliserida ini adalah mereaksikan trigliserida dengan basa alkali (NaOH, KOH atau NH₄OH) pada kondisi operasi suhu 90°C dan tekanan 1 atm untuk

membentuk sabun dengan produk samping yaitu gliserol. Proses saponifikasi trigliserida berhasil mengkonversi trigliserida menjadi sabun sebesar 99,5%. (Spitz, 2009)

B. Proses Netralisasi Asam Lemak

Proses ini menggunakan dua langkah proses yang berbeda, pertama adalah proses hidrolisis dan yang kedua adalah proses netralisasi. Proses hidrolisis adalah proses pembentukan asam lemak dari minyak/lemak dengan bantuan air dengan produk samping yaitu gliserol. Proses hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak pada suhu 260°C dan tekanan 5 bar dengan konversi mencapai 99%, berikut persamaan reaksi (Kirk & Othmer, 2008) :



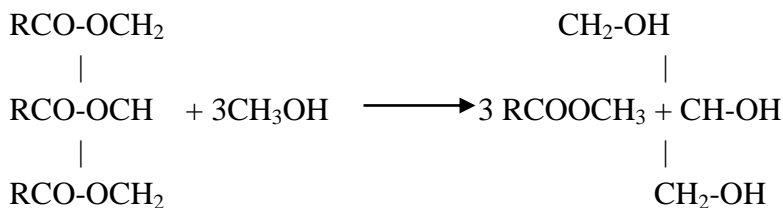
Trigliserida

Asam Lemak

Gliserol

C. Proses Saponifikasi Metil Ester Asam Lemak

Metil ester asam lemak dihasilkan dari reaksi inter-esterifikasi trigliserida dan metanol dengan bantuan katalis tertentu dengan produk samping yaitu gliserol. Katalis yang digunakan pada proses metanolisis trigliserida adalah enzim lipase. (Kent & Riegel, 2007).



Trigliserida

Metil Ester

Gliserol

Reaksi saponifikasi metil ester asam lemak dengan basa NaOH menghasilkan sabun dan metanol (Reaksi 2). Reaksi ini dilangsungkan dalam reaktor alir pipa pada suhu 120°C tekanan 1 atm dengan konversi reaksi yang cukup tinggi.



1.4.2 Proses Yang Dipilih

Proses yang dipilih dalam pra-rancangan ini adalah proses saponifikasi trigliserida dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

1. Suhu operasi tekanan relatif rendah sehingga lebih hemat dalam pemakaian energi dan desain peralatan lebih sederhana.
2. Konversi reaksi saponifikasi trigliserida menjadi sabun sebesar 99,5% sehingga secara ekonomis proses ini sangat layak didirikan dalam skala pabrik.
3. Proses Saponifikasi Trigliserida tidak menggunakan katalis seperti proses saponifikasi metil ester yang menggunakan katalis yaitu enzim lipase.
4. Tidak memerlukan katalis untuk mempercepat reaksi dalam pembentukan sabun.
5. Waktu pengoperasian yang dibutuhkan relatif singkat

Proses saponifikasi adalah suatu proses pembuatan sabun yang berlangsung dengan mereaksikan asam lemak dengan alkali yang menghasilkan gliserol atau air dan sejenis sabun transparan berupa garam karboksilat

Perbandingan ketiga proses

| No | Saponifikasi Trigliserida | Netralisasi Asam Lemak | Saponifikasi metil ester asam lemak |
|----|---|--|---|
| 1 | Tidak diperlukan treatment awal langsung direaksikan dengan senyawa alkali agar dapat membentuk sabun | Memerlukan treatment awal yaitu proses hidrolisis minyak/lemak menggunakan air sehingga menghasilkan asam lemak. | Adanya proses pendahuluan yaitu reaksi inter-esterifikasi |
| 2 | Hanya memerlukan energi pada reaksi pembentukan sabun | Memerlukan energi pada saat proses hidrolisis dan reaksi pembentukan sabun | Tidak ada gliserol |
| 3 | Reaksi penyabunan berjalan dalam waktu cukup singkat, sekitar < 30 menit | Reaksi memerlukan waktu lebih lama | Memerlukan waktu cukup lama |
| 4 | Tidak memerlukan katalis | Memerlukan katalis untuk mempercepat | Menggunakan katalis |

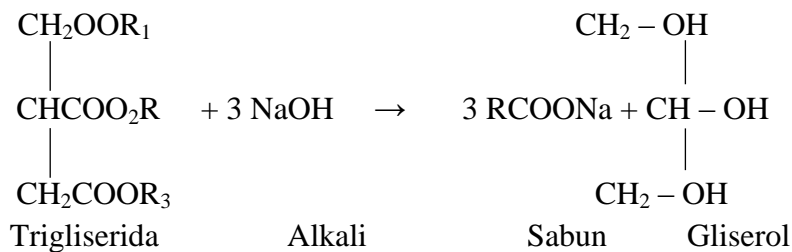


| | | | |
|---|--|--|----------------------------|
| | | proses hidrolisis | |
| 5 | Konversi 99,5 % (spitz,2009) | Konversi 99% (othmer,2008) | Konversi 98% (othmer,2008) |
| 6 | Prosesnya sederhana dan peralatan yang digunakan lebih sedikit | Prosesnya lebih susah dan memerlukan peralatan lebih rumit | Biaya pemeliharaan mahal |

1.4.3 Tinjauan proses secara umum

Sabun termasuk salah satu jenis surfaktan yang terbuat dari minyak atau lemak alami. Surfaktan mempunyai struktur bipolar, bagian kepalabersifat hidrofilik dan bagian ekor bersifat hidrofobik.

Proses saponifikasi adalah proses yang paling umum digunakan pada industri sabun menggunakan lemak atau minyak sebagai bahan baku. Pada proses saponifikasi, lemak atau minyak direaksikan dengan suhu basa atau alkali. Basa yang digunakan adalah NaOH untuk membuat sabun padat, atau KOH untuk membuat sabun cair.



Masing-masing jenis minyak mempunyai angka saponifikasi yang berbeda satu sama lain. Angka saponifikasi menunjukkan seberapa banyak soda yang diperlukan agar minyak yang dipakai akan semakin rumit hitungannya.

Proses saponifikasi dapat dilakukan secara *batch* maupun kontinyu, tetapi sering digunakan secara kontinyu. Pada saponifikasi minyak / lemak dicampur dengan senyawa alkali, dan diberikan panas secara perlahan-lahan agar hasil dari proses saponifikasi tersebut sempurna. Suhu operasi pada reaktor yaitu 90°C pada tekanan 1 atm. Minyak dan senyawa alkali dipanaskan dan diaduk, ketika suhu sudah mencapai suhu efisien, senyawa alkali ditambahkan dengan perlahan-lahan ke dalam reaktor. Ketika sabun mulai terbentuk ditambahkan senyawa alkali mulai

diatur untuk memaksimalkan terbentuknya sabun. Jika penambahan alkali sudah maksimal, sabun dipanaskan secara teratur dan kemudian dianalisis bilangan saponifikasinya. Saponifikasi sempurna jika sebagian kecil sabun berwarna merah muda jika ditambahkan dengan penolphtalein atau pH asam. Sabun kemudian dicampurkan dengan larutan pencuci yaitu air dan larutan NaCl. Ada beberapa cara untuk mengklasifikasikan sabun. Salah satunya adalah penggolongan berdasarkan bentuk fisik dan fungsi.

Tahap yang pertama dari proses saponifikasi tristearin yaitu mereaksikan trigliserida dengan NaOH, sehingga terbentuk sabun dan gliserol. Variable yang mempengaruhi proses saponifikasi yaitu: suhu operasi, pengadukan, dan reaktan.

Selanjutnya sabun yang terbentuk dalam proses saponifikasi dipompakan ke mixer untuk ditambahkan larutan NaCl (*brine*) yang berfungsi untuk mengendap gliserol pada. *Decanter* sebagai pemisah yang bekerja dengan prinsip perbedaan berat jenis. Sabun mandi yang sudah terpisahkan didalam *decanter* dipompa ke *mixer* untuk ditambahkan EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic) yang berfungsi sebagai surfaktan pada sabun, pembersih, dan pemutih yang dapat mengangkat kotoran pada kulit dan natrium sulfat sebagai *filler* (bahan pengisi) dapat dicampur sesuai jumlah spesifikasi mutu yang diinginkan. Selanjutnya sabun di transfer ke evaporator untuk mengupkan kadar air dalam sabun, sabun yang dihasilkan berupa serpihan (*flake*) kemudian dikirim ke tahap unit *finishing*. Pada tahap *finishing* ditambahkan parfum dan pewarna. Mesin untuk pencetakan dan pembentukan sabun batang yaitu Bar Soap Finishing Machine (BSFM).

1.4.4 Fungsi dan karekteristik bahan baku dan produk

A. Bahan Baku Utama

1. *Crude Palm Oil* (CPO)

Minyak kelapa sawit dapat diperoleh dari pemasakan buah kelapa sawit. Minyak sawit berwarna jingga kemerahan karena adanya zat warna karotenoit sehingga jika digunakan sebagai bahan pembuatan sabun harus dipucatkan dahulu. Seperti halnya lemak dan minyak

lainnya, CPO terdiri atas trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dengan 3 molekul asam lemak. CPO yang telah dibleaching digunakan untuk membuat sabun cuci dan sabun mandi. Dalam pembuatan sabun, CPO bereaksi dengan NaOH berdasarkan % TFM (*Total Fatty Matter*) dan SV (*Saponifikasi value*). % TFM merupakan prosentase gabungan dari keseluruhan trigliserida yang ada didalamnya. *Saponifikasi value* adalah total keseluruhan kandungan trigliserida yang dapat tersabunkan apabila direaksikan dengan basa.

a. Sifat Kimia

1. Hidrolisis

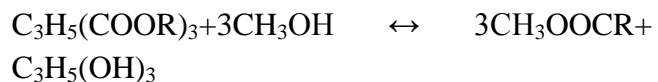
Reaksi hidrolisis antara minyak dan air akan menghasilkan asam lemak dan gliserol, menurut reaksi: $C_3H_5(COOR)_3 + H_2O \leftrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3HOOCR$

2. Esterifikasi

Esterifikasi asam lemak adalah kebalikan dari hidrolisis, dibuat secara lengkap secara kontinyu penyingkiran air dari zona reaksi.

3. Interesterifikasi

Reaksi ini biasa disebut alkoholisis. Ester beralkohol rendah diperoleh dengan mereaksikan alkohol secara langsung dengan lemak untuk menggantikan gliserol, biasanya menggunakan katalis alkali.



4. Saponifikasi

Reaksi ini adalah dasar reaksi yang digunakan pada industri sabun. Jika lemak direaksikan dengan alkali untuk menghasilkan gliserol dan garam atau sabun atau logam alkali maka reaksinya sebagai berikut: $C_3H_5(COOR)_3 + 3NaOH \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3NaOOCR$

b. Sifat Fisika

1. Rumus Molekul :
 $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2]_3\text{C}_3\text{H}_5$
2. Berat Molekul : 786,4486 g/mol
3. % TFM : 99,95 %
4. SV : 214
5. Specific Gravity pada 25°C : 0,866 g/cm³
6. Titik beku pada 760 mmHg : 26°C
7. Titik didih pada 760 mmHg : 291°C
8. Densitas pada 60°C : 0,892 g/ml
9. Temperatur Kristis, Te : 243°C
10. Tekanan Kristis, Pe : 63 atm
11. Panas Reaksi : 89 – 95°C
12. Bilangan Iodin : 16 mg I₂/ 1000
13. Bilangan penyabunan : 250 mg NaOH / g 1
14. Asam Lemak Bebas : 5,0 % (maks)
15. Zat yang tak tersabunkan : 0,8 (maks)

2. Alkali (NaOH)

Jenis alkali yang digunakan dalam proses saponifikasi adalah NaOH, KOH, Na₂CO₃, NH₄OH, dan etanolamin. NaOH (soda kaustik) merupakan alkali yang paling banyak digunakan dalam pembuatan sabun keras dan biasanya digunakan untuk membuat sabun cuci. NaOH banyak digunakan dalam pembuatan sabun padat. Alkali yang digunakan harus bebas dari kontaminasi logam berat karena mempengaruhi kode dan struktur sabun serta dapat menurunkan resistansi terhadap oksidasi.

a. Sifat Kimia

1. Termasuk dalam golongan basa kuat, sangat larut dalam air
2. Bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun dan gliserol
3. Bereaksi dengan CO₂ di udara membentuk Na₂CO₃ dan air
4. Bereaksi dengan asam membentuk garam

5. Bereaksi dengan Al_2O_3 membentuk AlO_2 - yang larut dalam air
6. Bereaksi dengan halida (X) menghasilkan NaOX dan asam halida
7. Bereaksi dengan ester membentuk garam dan senyawa alcohol

b. Sifat Fisika

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Berat molekul | : 40 gr/mol |
| 2. Specific gravity | : 2,13 |
| 3. Titik leleh pada 1 atm | : 318,4 °C |
| 4. Titik didih pada 1 atm | : 1390 °C |
| 5. Temperatur kritis | : 2546 °C |
| 6. Tekanan kritis | : 249,9977 atm |
| 7. Volume kritis | : 0,2 m ³ /kmol |

B. Bahan Baku Pendukung

1. Air (H_2O)

a. Sifat kimia

1. Bereaksi dengan karbon menghasilkan metana, hidrogen, karbon dioksida, monoksida membentuk gas sintetis (dalam proses gasifikasi batubara)
2. Bereaksi dengan kalsium, magnesium, natrium dan logam-logam reaktif lain dengan membebaskan H_2
3. Air bersifat amfoter, yaitu zat yang dapat bereaksi sebagai asam atau basa
4. Bereaksi dengan kalium oksida, sulfur dioksida membentuk basa kalium dan asam sulfat
5. Bereaksi dengan trigliserida (minyak/lemak) menghasilkan asam lemak dan gliserol (reaksi hidrolisis trigliserida)
6. Air dapat berfungsi sebagai media reaksi dan atau katalis, misalnya dalam reaksi substitusi garam-garam padat dan perkaratan permukaan logam logam
7. Dengan anhidrid asam karboksilat membentuk asam karboksilat

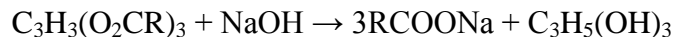
- b. Sifat Fisika
1. Berat molekul : 18 gr/gr-mol
 2. Titik beku pada 1 atm : 0 °C
 3. Titik didih normal 1 atm : 100 °C
 4. Densitas pada 30°C : 995,68 kg/m³
 5. Tegangan permukaan pada 25°C: 71,91 dyne/cm
 6. Indeks refraksi pada 25°C : 1,3325
 7. Viskositas pada 30°C dan 1 atm : 8,949 mP
 8. Koefisien difusi pada 30°C : 2,57 x 10⁻⁵ cm²/dt
 9. Konstanta disosiasi pada 30°C : 10⁻⁴
 10. Panas ionisasi : 55,71 kJ/mol
 11. ΔH_f° : -57,8 kkal/mol,
25 oC
 12. Kompresibiliti isothermal : 45,6 x 10⁻⁶ atm⁻¹
 13. Panas spesifik pada 25°C : 4,197 J/g°C
 14. Berupa zat cair pada suhu kamar
 15. Berbentuk heksagonal
 16. Tidak berbau, berasa, dan tidak berwarna
2. Natrium Clorida (NaCl)
- a. Sifat Kimia
1. Larut dalam air, alkohol dan eter
- b. Sifat Kimia
1. Berat molekul : 58,44 gr/gr-mol
 2. Titik beku pada 1 atm : 800,8 °C
 3. Titik didih pada 1 atm : 1465,05 °C
 4. Specific gravity (25 °C) : 2.163
 5. Temperatur kritis : 3126 °C
 6. Tekanan kritis : 354 atm
 7. Volume kritis : 0,266 m³ /kmol
3. Etilen Diamin Tetra Acetat (EDTA)
- a. Sifat Kimia
1. Larut dalam air
 2. Tidak dapat larut dalam eter dan alkohol
- b. Sifat Fisika
1. Rumus molekul : Na₂SO₄
 2. Berat moleku : 142 gr/mol
 3. Specific gravity, 25°C : 2,7 °C

- | | |
|--------------------|---------------|
| 4. Titik leleh, °C | : 884 °C |
| 5. Warna | : Kuning muda |

C. Produk

1. Sabun

Sabun adalah logam alkali (biasanya garam natrium) dari asam-asam lemak. Sabun mengandung garam C₁₆ dan C₁₈, namun dapat juga mengandung beberapa karboksilat dengan bobot atom lebih rendah. Sabun bisa dikatakan sebagai bahan kimia sintetik yang paling umum. Kemampuan sabun yang dapat melarutkan minyak membuatnya dikagumi karena dapat memberihkan kotoran yang terdapat pada minyak dan tidak dapat dibilas dengan air. Pembuatan sabun tergantung pada reaksi kimia organik, yaitu saponifikasi. Lemak direaksikan dengan alkali untuk menghasilkan sabun dan gliserol. Saponifikasi merupakan reaksi eksterm yang menghasilkan padatan 65 kalori per-kilogram minyak yang disaponifikasi. Struktur gliserol tergantung pada komposisi minyak. Perbandingan dalam pencampuran minyak dengan beberapa gliserol ditentukan oleh kadar asam lemak pada lemak atau minyak tersebut. Persamaan reaksi dari saponifikasi (Fessenden & Fessenden, 1999) dapat dilihat sebagai berikut:



Lemak minyak Alkali Sabun Gliserol Pada rumus kimia di atas, R dapat berupa rantai yang sama maupun berbeda-beda dan biasanya dinyatakan dengan R₁, R₂, dan R₃. Rantai R dapat berasal dari asam laurat, asam palmitat, asam stearat atau asam lainnya yang secara umum didalam minyak tersebut sebagai ester gliserid.

a. Sifat Kimia

1. Memiliki pH sekitar 10
2. Sabun dapat bereaksi dengan air buangan membentuk senyawa garam-garam kalsium dan magnesium yang langsung terendapkan.

3. Sabun memiliki dua bagian, bagian kepala (COONa) yang bersifat polar dan bagian ekor (R-CH₃) yang bersifat nonpolar.
 4. Bagian kepala bersifat hidrofil (suka air) dan bagian ekor bersifat hidrofob (takut air) dapat berinteraksi dengan kotoran yang selanjutnya didispersikan ke dalam air.
- b. Sifat Fisika
1. Rumus kimia : C₁₅H₃₁COONa
 2. Berat molekul : 266 gram/gmol
 3. Specific gravity pada 25°C : 0,9
 4. Titik didih : 352 °C
 5. Titik beku : 53,5°C
 6. Densitas : 0,9124 g/cm³
2. Gliserol
- a. Sifat Kimia
1. Zat cair bening, lebih kental dari air dan rasanya manis
 2. Larut dalam air dan alkohol dengan semua perbandingan
 3. Tidak larut dalam eter, benzena dan kloroform
 4. Senyawa turunan alkohol (polialkohol) dengan tiga gugus OH
- b. Sifat Fisika
1. Rumus kimia : C₃H₅(OH)₃
 2. Berat molekul : 92,09 g/mol
 3. Titik didih : 290 °C
 4. Titik leleh : 17,9 °C
 5. Titik nyala : 160 °C
 6. Temperatur kritis : 451,85 °C
 7. Tekanan kritis : 65,82778 atm
 8. Specific gravity pada 25°C : 1,26
 9. Densitas : 1,261 g/cm³
 10. Proses pembuatan yang dipilih

3. Etilen Diamin Tetra Acetat (EDTA)

EDTA atau $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$ berfungsi sebagai zat anti oksidan untuk memperlambat teroksidasinya rantai alkil tak jenuh.

a. Sifat kimia

1. Membentuk ion kompleks dengan logam - logam golongan transisi
2. Bersifat sebagai antioksidan, mencegah oksidasi berkatiliskan ion logam
3. Dapat mencegah penggumpalan darah
4. Melarutkan kerak logam dengan pembentukan senyawa kompleks yang larut
5. Digunakan sebagai antibasi dalam makanan
6. Larut dalam air

b. Sifat fisika

1. Rumus molekul : $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$
2. Berat molekul : 292 gr/mol
3. Temperatur kritis : 535,85 °C
4. Tekanan kritis : 22,00848 atm
5. Volume kritis : 0,798 m³ /kmol
6. Titik didih pada 1 atm : 388 °C

4. Parfum (*patchouli oil*)

Parfum termasuk bahan pendukung. Keberadaan parfum memegang peranan besar dalam hal keterkaitan akan produk sabun. Jenis parfum untuk sabun dibagi menjadi dua jenis, yaitu parfum umum dan parfum eksklusif.

a. Sifat kimia

1. Larut dalam Alkohol dan Eter
2. Tidak larut dalam air

b. Sifat fisika

1. Rumus molekul : $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$
2. Berat molekul : 222,37 gr/mol
3. *Spesific gravity* pada 25°C : 0,95
4. Titik leleh : 56
5. Titik didih : 288 °C
6. Warna : Kuning muda



5. Filler Inert (*Natrium Sulfat*)

Natrium sulfat berfungsi sebagai bahan isian atau filler yang tidak bereaksi yang berada dalam mixer zat aditif.

a. Sifat kimia

1. Larut dalam air
2. Tidak dapat larut dalam eter dan alcohol

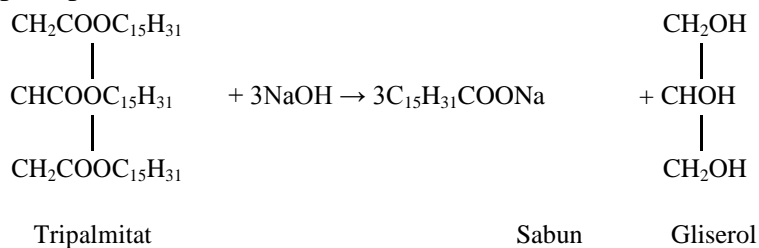
b. Sifat Fisika

1. Rumus molekul : Na_2SO_4
2. Berat moleku : 142 gr/mol
3. Specific gravity, 25°C : 2,7
4. Titik leleh, $^\circ\text{C}$: 884°C
5. Warna : Kuning muda

1.4.5 Proses pembuatan yang dipilih

A. Dasar Reaksi

Pembuatan sabun mandi dengan proses saponifikasi fase cair dari trigliserida yang terkandung dalam CPO dengan soda kaustik (NaOH) dijalankan dengan sistem kontinyu dan menghasilkan produk samping gliserol. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



B. Kondisi Operasi

Dalam proses pembuatan sabun dengan reaksi saponifikasi trigliserida, reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Pada umumnya, variabel-variabel proses utama yang cukup menentukan tingkat keberhasilan reaksi saponifikasi adalah sebagai berikut:

a. Suhu Proses

Proses saponifikasi trigliserida dapat berlangsung pada suhu kamar dan reaksinya berjalan secara cepat sehingga sesuai untuk produksi skala besar. Pada proses skala industri suhu reaksi saponifikasi berada di atas titik lebur

CPO dan di bawah titik didih air dengan tekanan operasi 1 atm, hal ini bertujuan:

1. Memudahkan pencampuran antar reaktan b
2. Transportasi cairan melalui pompa-pompa dan pipa-pipa lebih mudah karena viskositasnya berkurang.
3. Jika suhu berada diatas titik didih air maka tekanan dalam reaktor lebih besar dari 1 atm untuk menghindari penguapan air.

b. Pengadukan

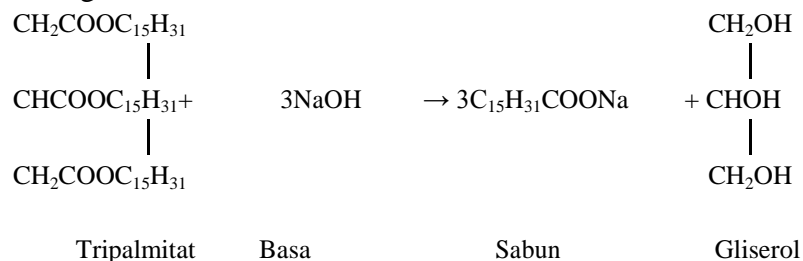
Trigliserida sukar larut dalam air, sedangkan basa seperti NaOH sangat larut dalam air. Sehingga jika dibiarkan akan terbentuk dua lapisan yang terpisah dan reaksi hanya berlangsung pada daerah batas dua permukaan tersebut, akibatnya reaksi menjadi lambat. Untuk menghindari hal ini maka diperlukan pengadukan agar seluruh partikel reaktan dapat terdispersi satu sama lain, dengan demikian laju reaksi dapat meningkat.

c. Perbandingan Reaktan

Perbandingan reaktan pada proses saponifikasi merupakan perbandingan mol reaktan NaOH terhadap CPO sebesar 3:1. Perbandingan reaktan tersebut diambil berdasarkan persamaan stoikiometri reaksi saponifikasi trigliserida. Pada proses ini mol reaktan NaOH diberikan berlebih sebanyak 10%.

C. Mekanisme Reaksi

Pembuatan sabun mandi dengan reaksi saponifikasi fase cair dari trigliserida yang terkandung dalam CPO dan soda kaustik (NaOH) akan menghasilkan produk samping gliserol mempunyai konversi reaksi 99,5% pada suhu 90°C dan tekanan atmosferis (Spitz, 2009). Persamaan reaksinya sebagai berikut :



D. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk menentukan sifat reaksi yaitu secara eksotermis atau endotermis dan untuk menentukan arah reaksi apakah reversible atau irreversible, maka perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) dan energi bebas Gibbs (ΔG°) dari reaktan dan produk. Pada proses pembentukan sabun mandi, harga (ΔH_f°) dan (ΔG°) adalah sebagai berikut:

Tabel 1.4 Harga (ΔH_f°) dan (ΔG°) masing-masing komponen

| Komponen | Harga (ΔH_f°) (kkal/kmol) | Harga (ΔH_G°) (kkal/kmol) | Harga (Cp) (kkal/kmol) |
|----------|---|---|---------------------------|
| CPO | -121,18 | -385,530 | 0,348 |
| NaOH | -101,96 | -90,6 | 0,479 |
| Gliserol | -159,1 | -113,65 | 0,576 |
| Sabun | -185,35 | -246,02 | 0,476 |

(Perry, 2008)

1. Panas reaksi (ΔH_f°)

$$\Delta H_{r^\circ} = \sum \Delta H_{f^\circ} \text{produk} - \sum \Delta H_{f^\circ} \text{reaktan}$$

$$\Delta H_{r^\circ} = (3\sum \Delta H_{f^\circ} \text{Sabun} + \sum \Delta H_{f^\circ} \text{ gliserol}) - (\sum \Delta H_{f^\circ} \text{CPO} + 3\sum \Delta H_{f^\circ} \text{NaOH})$$

$$\Delta H_{r^\circ} = (3(-185,35) + (-159,1)) - ((-121,18) + 3(-101,96))$$

$$\Delta H_{r^\circ} = -288,09 \text{ kkal/kmol}$$

Dari perhitungan diperoleh enthalpy pembentukan standar bernilai negatif, maka reaksi pembentukan sabun bersifat eksotermis.

2. Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_{r^\circ} = -RT \ln K_{298}$$

Dimana :

ΔG_{r° = Energi gibs pada keadaan standar (T=298K, P = 1at m), kkal/kmol

K_{298} = Konstanta kesetimbangan keadaan standar (T = 298 K, P = 1 atm)

T = Suhu standar (298 K)

R = Tetapan gas ideal (1,987 kal/mol.K)

Sehingga nilai K dari reaksi tersebut dapat ditentukan, sebagai berikut:

$$\Delta G_{r^\circ} = \sum \Delta G_{f^\circ} \text{produk} - \sum \Delta G_{f^\circ} \text{reaktan}$$



$$\Delta G_{r^{\circ}} = (3\sum\Delta G_{f^{\circ}}\text{Sabun} + \sum\Delta G_{f^{\circ}}\text{gliserol}) - (\sum\Delta G_{f^{\circ}}\text{CPO} + 3\sum\Delta G_{f^{\circ}}\text{NaOH})$$

$$\Delta G_{r^{\circ}} = (3(-246,02) + (-113,65)) - (-385,530 + 3(-90,6))$$

$$\Delta G_{r^{\circ}} = -194,38 \text{ kkal/kmol}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G_{r^{\circ}}}{RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-(-194,380) \text{ kkal/kmol}}{1,987 \times 10^{-3} \text{ kkal/mol K} \times 298 \text{ K}}$$

$$\ln K_{298} = 328,2891$$

$$K_{298} = 3,7510 \times 10^{142}$$

3. Konstanta kesetimbangan (K) T = 90°C = 363 K

$$\ln\left(\frac{K_{363}}{K_{298}}\right) = \frac{\Delta H_{r^{\circ}}(T_2 - T_1)}{R \cdot T_2 - T_1}$$

Dengan:

K_{298} = Konstanta kesetimbangan pada 298 K

K_{363} = Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi

T_1 = Suhu standar (25°C = 298 K)

T_2 = Suhu operasi (90°C = 363 K)

R = Tetapan Gas Ideal 1,987 kal/mol.K

$\Delta H_{r^{\circ}}$ = Panas reaksi standar pada 298 K

$$\ln \frac{K_{363}}{K_{298}} = \frac{(-288,09) \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} (363 - 298) \text{ K}}{1,987 \times 10^{-3} \frac{\text{kkal}}{\text{mol.K}} \times 363 \text{ K} \times 298 \text{ K}}$$

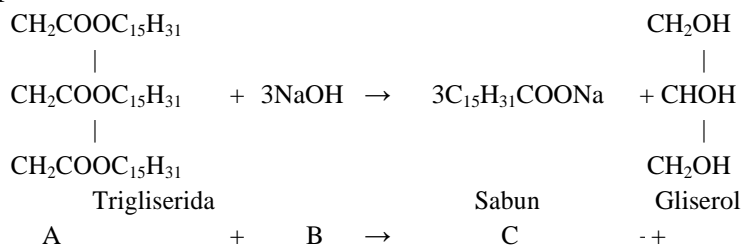
$$\frac{K_{363}}{3,7510 \times 10^{142}} = (6,85 \times 10^{37})$$

$$K_{363} = 25,69 \times 10^{176}$$

Dari perhitungan diatas nilai $K \gg 1$, sehingga pembentukan sabun bersifat *irreversible*.

E. Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan Sabun dari CPO dan NaOH, dengan persamaan reaksi:



Kecepatan reaksi elementer tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$(-r_A) = k (C_A) (C_B)$$

Pada reaksi ini, digunakan NaOH berlebih sebanyak 1,1 kali kebutuhan stoikiometris. Hal ini membuat kecepatan reaksi ke kanan menjadi lebih besar, reaksi tersebut merupakan reaksi orde 2 dengan perbandingan mol NaOH/mol CPO adalah 3,3 : 1 (Spitz, 2009).

Nilai konstanta kecepatan reaksi pada suhu 90°C adalah 0,253 L/mol.det dengan persamaan kecepatan reaksi $(-r_A) = k (C_A) (C_b)$ (Sumantri, 2005)