

# PERANCANGAN REAKTOR KONTINYU UNTUK REAKSI SAPONIFIKASI MENGGUNAKAN MINYAK KELAPA SAWIT

Faishal Arif Murtadho, Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
1741420041@student.polinema.ac.id,[ade.sonya@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Produksi kelapa sawit di Indonesia pertahunnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri dan masyarakat sehari-hari. Hal ini merupakan peluang untuk pengembangan kelapa sawit menjadi aneka produk yang bermanfaat. Produk bermanfaat yang dihasilkan oleh kelapa sawit seperti minyak goreng, sabun mandi cair, parfum dsb. Salah satu produk yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh dan kulit adalah sabun mandi cair yang terbuat dari kelapa sawit yang direaksikan dengan KOH dengan menggunakan reaktor tangki berpengaduk secara kontinyu. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang reaktor untuk mereaksikan minyak kelapa sawit dan KOH melalui reaksi saponifikasi. Perancangan dilakukan dengan menentukan jenis reaktor berpengaduk yang akan dipakai kemudian melakukan perhitungan dan penentuan diameter reaktor berpengaduk, jenis material, tutup atas dan bawah, *stress* maksimum yang terjadi tiap komponen. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa dimensi yang sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan adalah reaktor berdiameter 0.6508 m dan tingginya 1.224 m. Kemudian panjang pengaduk 1.005 m dengan tutup atas tipe *standard dished* dan tutup bawah tipe *conical* serta untuk jenis materialnya menggunakan SA-240 Grade C type 347.

**Kata kunci:** minyak kelapa sawit, saponifikasi, reaktor

## ABSTRACT

Annual palm oil production in Indonesia is used to meet industrial and community needs. In addition, oil palm is very useful for humans in everyday life. This is an opportunity for the development of oil palm into a variety of useful products, such as the production of palm oil made from the extraction of fresh coconut meat. Palm oil has benefits for the health of the body and skin. This has the potential to make a product in the form of liquid bath soap where palm oil is reacted with KOH using a continuous stirred reactor. The purpose of this study was to design a reactor to react palm oil and KOH using a saponification reaction. The design is carried out by determining the type of stirred reactor that will be used and then calculating and determining the diameter of the stirred reactor, the type of material, the top and bottom caps, the maximum stress that occurs for each component. The results of the study indicate that the dimensions according to the required specifications are reactors with a diameter of 0.6508 m and a height of 1.224 m. Then the stirrer length is 1,005 m with the standard dished type top cover and conical type bottom cover and for the type of material using SA-240 Grade C type 347.

**Keywords:** coconut palm oil, saponification, reactor

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki letak geografis strategis. Hampir dari ujung timur sampai dengan ujung barat setiap pulau di Indonesia memiliki lokasi Industri yang banyak ditempati. Salah satunya terletak di Pulau Jawa bagian barat, yang disebut dengan kota Industri yaitu Cilegon. Letak kota Cilegon yang sangat strategis karena dekat dengan laut

dan tidak begitu jauh dengan bahan baku yang digunakan. Terdapat 2 negara yang mendominasi produksi kelapa sawit terbesar didunia.

Indonesia dan Malaysia mendominasi produksi minyak sawit didunia. Kedua negara ini menghasilkan sekitar 85-90% dari total produksi minyak sawit dunia. Akan tetapi produksi sawit Indonesia lebih tinggi dibandingkan Malaysia disebabkan oleh luas lahan sawit Indonesia yang jauh lebih luas dibandingkan Malaysia. Oleh karna itu Indonesia adalah produsen dan eksportir minyak sawit yang terbesar. Dalam jangka panjang, permintaan dunia akan minyak sawit menunjukkan kecenderungan meningkat sejalan dengan jumlah populasi dunia, sehingga meningkatkan konsumsi produk-produk dengan bahan baku minyak sawit. Salah satu produk yang menggunakan bahan baku minyak kelapa adalah sabun mandi cair.

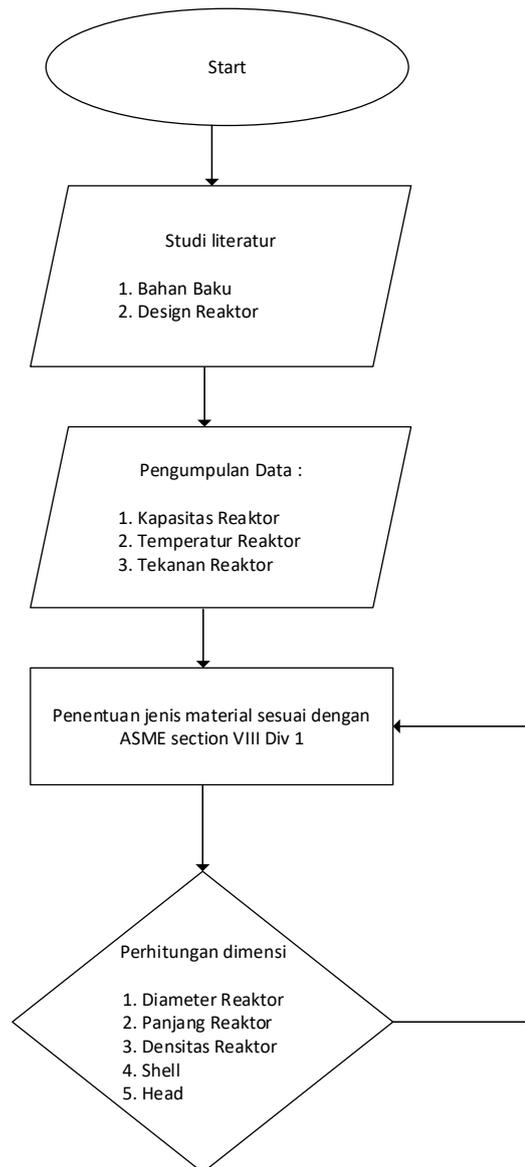
Sabun merupakan campuran dari senyawa natrium dengan asam lemak yang digunakan sebagai bahan pembersih tubuh, berbentuk padat, busa, dengan atau tanpa zat tambahan lain serta tidak menimbulkan iritasi pada kulit [1]. Pada pembuatan sabun cair terjadi reaksi saponifikasi. Saponifikasi merupakan proses yang bertujuan untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak untuk direaksikan dengan basa sehingga terbentuk sabun. Bahan baku pembuatan sabun yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kelapa sawit (*Palm Oil*).

Minyak kelapa sawit merupakan minyak yang mengandung asam palmitat ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) yang cukup tinggi, yaitu sebesar 44,3% [2]. Fungsi dari asam palmitat ini dalam pembuatan sabun adalah untuk kekerasan sabun dan menghasilkan busa yang stabil. Konsumen beranggapan bahwa sabun dengan busa yang melimpah mempunyai kemampuan membersihkan kotoran dengan baik [3]. Reaksi penyabunan merupakan reaksi hidrolisis lemak/minyak dengan menggunakan basa kuat seperti NaOH atau KOH sehingga menghasilkan gliserol dan garam asam lemak atau sabun. Untuk menghasilkan sabun yang keras digunakan NaOH, sedangkan untuk menghasilkan sabun yang lunak atau sabun cair digunakan KOH. Perbedaan antara sabun keras dan lunak jika dilihat dari kelarutannya dalam air yaitu sabun keras bersifat kurang larut dalam air jika dibandingkan dengan sabun lunak. Reaksi penyabunan disebut juga reaksi saponifikasi.

## 2. METODOLOGI PENENTUAN DESAIN REAKTOR

Pada penentuan desain reaktor dilakukan beberapa studi literatur terlebih dahulu untuk membandingkan bahan konstruksi yang cocok dengan bahan yang akan direaksikan didalam reaktor. Setelah menentukan bahan yang akan digunakan untuk memproduksi sabun cair, akan dilanjutkan dengan pengumpulan data seperti penentuan kapasitas produksi reaktor, penentuan suhu reaksi dan penentuan tekanan saat reaksi didalam reaktor. Pengumpulan data adalah langkah yang penting dikarenakan akan menentukan jenis material yang sesuai dengan reaksi yang akan terjadi didalam reaktor [4]. Setelah menentukan jenis material yang akan digunakan untuk reaktor akan dilakukan perhitungan dimensi yang berguna untuk mempermudah reaksi yang terjadi dan memprediksikan kebutuhan volume yang digunakan saat reaksi terjadi.

Adapun skema langkah-langkah penentuan reaktor seperti yang sudah dijelaskan diatas dan akan dilakukan peneliti guna memenuhi tujuan penelitian seperti terlihat pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 2.1. Data Perancangan

Sebelum melakukan perancangan ada beberapa kriteria perancangan yang dijadikan acuan dalam mendesain reaktor, sebagai berikut :

1. Jenis Bejana : SA-240 Grade C type 347
2. Kapasitas Produksi : 1000 ton/tahun
3. Tekanan Desain : 1 atm
4. Temperatur Desain : 70 °C
5. Jenis material yang digunakan
  - tutup atas : *Standard Dished*
  - tutup bawah : *Conical*

## 2.2. Penentuan Dimensi Reaktor

Perhitungan dimensi reaktor meliputi dimensi umum dan dimensi tiap-tiap komponen. Dimensi secara umum meliputi diameter silinder, tebal silinder dan panjang reaktor. Sedangkan dimensi setiap komponen meliputi perhitungan pengaduk dari reaktor, jaket pendingin pada reaktor dan menentukan impeller yang digunakan. Perhitungan yang harus diperhatikan selanjutnya adalah perhitungan dan penentuan tutup atas dan bawah dari reaktor serta tebal dari tutup atas dan bawah.

## 2.3. Penentuan Diameter reaktor

Pada penentuan dimensi reaktor terdiri dari volume reaktor, diameter silinder dan tebal silinder. Pada perhitungan volume reaktor terbagi menjadi 2 bagian yang itu volume *liquid* dan volume ruang kosong yang berada didalam reaktor. Penjelasan perhitungan menggunakan rumus pada persamaan 1 :

$$V_T = V1 + V2 + V3 \quad (1)$$

$$V1 = \frac{\pi d^3}{24 \times \tan \frac{1}{2} \alpha} \quad (2)$$

$$V2 = \frac{\pi d^2 \times L_s}{4} \quad (3)$$

$$V3 = 0.0847 d^3 \quad (4)$$

Dimana :

- Vt : Volume Tangki
- V1 : Volume tutup atas tangki
- V2 : Volume badan tangki
- V3 : Volume tutup bawah tangki
- Ls : Panjang silinder

Pada persamaan 1 menghitung kira-kira diameter awal tangki menggunakan data laju alir bahan baku yang akan dimasukkan kedalam reaktor. Setelah menghitung menggunakan data laju alir bahan baku. Setelah mendapatkan diameter awal akan dilanjutkan untuk menghitung tebal silinder menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_s = \frac{p_i \times d_i}{2 \times (f \times E - 0.6 \times p_i)} + C \quad (5)$$

Dimana :

- Ts : Tebal Silinder
- Pi : Tekanan didalam tangki
- Di : Diameter Inside
- F : allowable stress
- E : Joint Efficiency
- C : Faktor Korosi

Pada persamaan 5 menghitung tebal silinder menggunakan diameter yang sudah didapatkan pada persamaan 1. Pada perhitungan tebal silinder berfungsi untuk mendapatkan diameter inside yang cocok dengan bahan konstruksi yang sesuai dengan referensi dan dilanjutkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 6 untuk

menghitung diameter outside yang sesuai dengan referensi dan persamaan 7 akan menghitung diameter inside.

$$do = di + 2ts \quad (6)$$

Dimana :

Do : Diameter outside

Di : Diameter inside mula – mula

Ts : Tebal silinder

Pada persamaan 6 hasil dari perhitungan diameter outside akan dibandingkan dengan Tabel 5.7 pada referensi [6]. Kemudian mengambil data yang mendekati dengan hasil perhitungan diameter outside.

$$di = do - 2ts \quad (7)$$

Dimana :

Do : Diameter outside referensi

Di : Diameter inside

Ts : Tebal silinder

Untuk persamaan 7 digunakan pada perhitungan diameter inside. Setelah mendapatkan diameter inside perhitungan persamaan 1 dihitung Kembali menggunakan diameter inside terbaru.

#### 2.4. Penentuan Tutup Atas

Pada perencanaan tutup atas reaktor dengan menggunakan tipe yang umum digunakan yaitu standard dishead dengan melalui perhitungan tebal tutup atas menggunakan rumus sebagai berikut :

$$tha = \frac{0.885 \times \pi \times r}{2 (f \times E - 0.1 \times \pi)} + C \quad (8)$$

Dimana:

tha : tebal tutup atas

f : allowable stress

E : *Joint Efficiency*

r : *radius of dish*

Pi : tekanan didalam reaktor

C : faktor korosi

Jadi, Tebal tutup atas yang didesain pada reaktor tangki berpengaduk dengan menggunakan standard dishead. Kemudian, untuk tinggi tutup atas ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_a = 0.169d \quad (9)$$

Dimana:

ha : tinggi tutup atas

#### 2.5. Penentuan Tutup Bawah

Pada perencanaan bagian bawah reaktor menggunakan tipe conical dengan jenis material yang sama dan penentuan ketebalan komponen menggunakan persamaan berikut:

$$thb = \frac{\pi \times r}{4 (f \times E - 0.6 \times \pi) \times \cos^{1/2} \alpha} + C \quad (10)$$

Dimana:

thb : tebal tutup bawah

Kemudian, untuk tinggi tutup bawah ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_b = \frac{d}{2 \times \tan \frac{1}{2} \alpha} \quad (11)$$

Dimana:

D : diameter tangki

hb : tinggi tutup bawah

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Penentuan Jenis Reaktor yang Digunakan

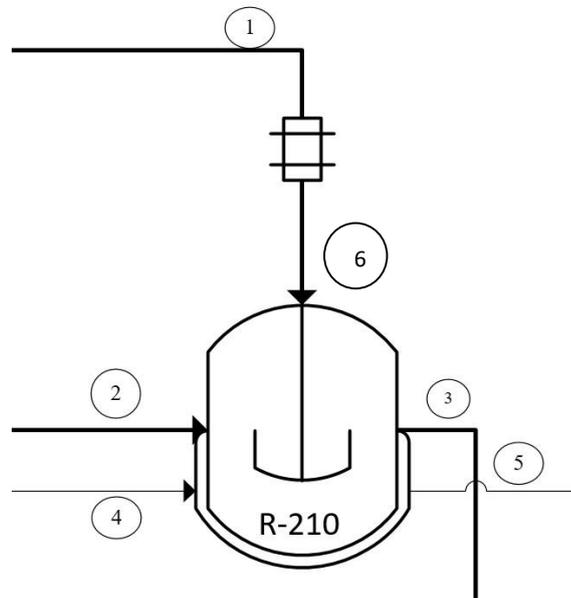
Dari hasil penentuan bahan yang digunakan untuk reaksi, ditentukanlah reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki berpengaduk aliran kontinyu (CSTR). Reaktor tangki berpengaduk aliran kontinyu atau CSTR terdiri dari tangki yang dilengkapi dengan motor pengaduk. Beberapa reaktor dapat dipasang secara seri maupun paralel. Reaktor *stirred tank* dianggap sebagai bentuk dasar CSTR, sebagai model dalam skala besar dari labu di laboratorium. Reaktor *stirred tank* digunakan untuk reaksi homogen (*liquid-liquid*), reaksi heterogen (*liquid-gas*) dan reaksi yang melibatkan padatan tersuspensi yang dibantu dengan adanya pengadukan. Kebanyakan aplikasi dari tangki berpengaduk digunakan pada operasi kontinyu. Pengadukan sempurna penting agar dapat meningkatkan kinerja sebagai reaktor.

Dalam CSTR, aliran reaktan dan aliran produk akan terus mengalir. Selama proses, bahan baku dimasukkan terus menerus demikian juga dengan produk reaksi akan dikeluarkan secara terus menerus atau kontinyu. Dalam pengoperasian CSTR diperlukan pengadukan mekanik atau hidrolis untuk mencapai komposisi dan suhu yang seragam. Deskripsi reaktor ideal untuk reaktor tangki berpengaduk akan dicapai dengan kondisi pengaduk menghasilkan campuran reaksi teraduk secara sempurna atau *well mixing*. Pengadukan sempurna diperlukan untuk memberikan tingkat homogenitas yang tinggi sehingga komposisi dan temperatur di seluruh titik seragam, dengan asumsi tidak ada perubahan densitas (perubahan densitas diabaikan) karena tidak ada perubahan volume.

Bahan Konstruksi yang digunakan pada pembuatan reaktor adalah Jenis material SA-240 Grade C type 347 [5], Material ini lebih baik digunakan untuk bahan baku *liquid*. Pada reaksi saponifikasi trigliserida sangat penting memperhatikan suhu reaksi yang sedang terjadi, hal ini harus memperhatikan material yang digunakan pada konstruksi reaktor yang digunakan.

Pada penentuan dimensi reaktor, ditentukan juga untuk pengaduk yang digunakan pada reaktor yaitu jenis material *impeller SA 240 Grade M type 316* berjenis *flat six blade turbine with disk* [6]. Pengaduk ini berfungsi untuk membantu homogenisasi reaksi saponifikasi didalam reaktor dan membantu menjaga tekstur sabun didalam reaktor. Reaksi saponifikasi ini bersifat eksotermis, yaitu adanya pelepasan panas saat reaksi berlangsung sehingga dibutuhkan jaket pendingin untuk membantu mengatur suhu reaksi saponifikasi.

Pada gambar 2 adalah sketsa reaktor yang digunakan pada pembuatan sabun cair berbahan baku kelapa sawit.

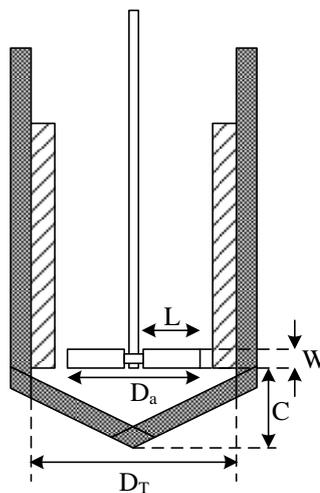


**Gambar 2.** Sketsa Reaktor CSTR

Dimana :

- 1 : Aliran KOH masuk kedalam reaktor
- 2 : Aliran Minyak Kelapa Sawit masuk kedalam reaktor
- 3 : Aliran produk reaktor
- 4 : Aliran air pendingin
- 5 : Air kondensat dari air pendingin
- 6 : Impeller flat six turbine
- R-210 : Reaktor CSTR

Pada Gambar 3 adalah sketsa gambar dibagian dalam reaktor yang akan dirancang



**Gambar 3.** Sketsa Bagian dalam reaktor

Dimana :

- Da : Diameter dalam impeller  
Dt : Diameter dalam Silinder  
C : Tinggi Impeller dari dasar tangki  
L : Panjang Impeller  
W : Lebar daun Impeller

### 3.2. Perhitungan Dimensi Reaktor

Hasil perhitungan dimensi reaktor yang sudah di hitung pada penentuan dimensi reaktor didapatkan volume reaktor sebesar 347.201 liter, dengan diameter inside reaktor 25.63 dan tebal silinder 3/16 in. Setelah mendapatkan diameter silinder, perhitungan selanjutnya adalah perhitungan tinggi tutup atas, tinggi silinder dan tinggi tutup bawah. Perhitungan tersebut akan menghasilkan hasil tinggi keseluruhan. Untuk hasil dari perhitungan tutup atas adalah sebesar 4.3306 in, hasil dari perhitungan tutup bawah adalah sebesar 7.9105 in dan hasil dari perhitungan tinggi keseluruhan didapatkan hasil sebesar 48.116 inch. Setelah menghitung dimensi reaktor yang dibutuhkan, selanjutnya adalah penentuan jenis bahan bejana dilihat dari bahan baku yang digunakan. Pada penentuan *type* bahan konstruksi adalah jenis SA-240 *Grade C type* 347. Kemudian, pada perhitungan panjang *impeller* didapatkan hasil sebesar 8.542 in, diketahui bahwa plat yang digunakan pada pengaduk adalah jenis plat *six blade turbine with disk* dengan berbahan konstruksi *impeller* dari SA 240 *Grade M type* 316 [6], serta bahan yang digunakan untuk konstruksi poros pengaduk adalah *Hot Rolled steel* SAE 1040. Penentuan jenis *impeller* dilihat dari bahan baku yang akan digunakan.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan perancangan reaktor berdasarkan data yang sudah dihitung terlebih dahulu pada perhitungan perancangan alat, menunjukkan hasil tinggi tangki sebesar 48.1156 in. Hasil tersebut sudah termasuk hasil perhitungan tinggi tutup atas sebesar 4.331 in, perhitungan tinggi tutup bawah sebesar 7.911 in dan perhitungan tebal tutup atas dan bawah sebesar 3/16 in. Setelah dilakukannya perhitungan, Langkah selanjutnya adalah seleksi proses. Pada pembuatan sabun cair dari CPO menggunakan metode saponifikasi trigliserida dikarenakan lebih profitable. Metode saponifikasi dipilih karena memiliki suhu operasi serta tekanan yang relatif rendah, hanya membutuhkan satu reaktor saja. Reaksi yang berlangsung memiliki konversi yang tinggi yaitu sebesar 99,95% , dan tidak memerlukan katalis seperti proses saponifikasi metil ester. Untuk desain reaktor yang digunakan adalah Reaktor CSTR.

## REFERENSI

- [1] Badan Standarisasi Nasional, 1994, *Standar Mutu Sabun Mandi*, SNI 06-3532-1994, Dewan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [2] Departemen Perindustrian, 2007, *Gambaran Sekilas Minyak Kelapa Sawit*, Jakarta.
- [3] Izhar, H., Sumiati, dan Moeljadi P., 2009, *Analisis Sikap Konsumen terhadap Atribut Sabun Mandi*, Universitas Brawijaya, Malang.

- [4] Agustianni, M.N., dan Sindhuwati, C., 2020, *Studi Kasus Pengaruh Perbandingan Mol Propanol Terhadap Pembentukan Propil Asetat Pada Reaktor Ekuilibrium Dan Reaktor Gibbs*, *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, Vol 6, No. 2, Agustus 2020, 291-296.
- [5] ASME Committee, 2004, *ASME Boiler and Pressure Vessel Code*, 2004 The American Society of Mechanical Engineers Three Park Avenue, New York.
- [6] Brownell, L. E., and Young, E. H., 1959, *Process Equipment Design (Vessel Design)*, First Edition, Published by Mohinder Singt Sejwal For Wiley Eastern Limited