

## TINJAUAN PENGHILANGAN FOSFATIDA PADA CRUDE PALM OIL MENGUNAKAN METODE AIR DAN ASAM DEGUMMING SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODISEL

*Review Of Phosphatide Removal In Crude Palm Oil Using Water And Acid Degumming Method As  
Raw Material For Biodiesel Production*

**Randy Lesmana Putra<sup>1\*</sup>, Ida Zahrina<sup>1</sup>, Yelmida Aziz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

\*email: randylesmanaputra2@gmail.com

Received: 29 Oktober 2024 | Accepted: 21 November 2024 | Published: 26 November 2024

### ABSTRAK

Salah satu proses pemurnian minyak sawit mentah disebut proses *degumming*, proses ini menghilangkan gum yang terdiri dari beberapa pengotor yang tidak diharapkan untuk proses lebih lanjut. Salah satu pengotor itu ialah fosfatida, fosfatida terdiri dari fosfatida *hydratable* dan *non hydratable*. Penghilangan fosfatida ini lebih banyak dilakukan dengan metode *water degumming*, hanya saja *water degumming* tidak bisa menghilangkan fosfatida *non hydratable*, sehingga untuk proses penghilangan fosfatida *non hydratable* dilakukan dengan penambahan asam. Artikel ini menyajikan informasi terkait produksi biodisel, penghilangan fosfatida melalui metode *water degumming* dan *acid degumming*, serta pengaruh dari efektivitas penyisihan fosfatida terhadap produksi biodisel.

**Kata Kunci** : fosfatida; *degumming*; minyak sawit mentah; biodisel

### ABSTRACT

*One of the crude palm oil refining processes is called the degumming process, this process removes gum which consists of several impurities that are not expected for further processing. One of these impurities is phosphatides, phosphatides consist of hydratable and non-hydratable phosphatides. The removal of phosphatides is mostly done by the water degumming method, only water degumming cannot remove non-hydratable phosphatides, so the process of removing non-hydratable phosphatides is done by adding acid. This article presents information related to biodiesel production, phosphatide removal through the water degumming and acid degumming methods, and the effect of the effectiveness of phosphatide removal on biodiesel production.*

**Keywords:** *phosphatide, degumming, crude palm oil, biodiesel*

## 1. PENDAHULUAN

*Crude Palm Oil* (CPO) sebelum menjadi produk minyak makan ataupun dalam pengolahan biodisel terlebih dahulu melalui proses pemurnian. Proses pemurnian tersebut seperti: *Degumming, Bleaching, Filtration, Deodorization*. *Degumming* merupakan sebuah proses dalam menghilangkan pengotor yang terdapat dalam minyak mentah, pengotor tersebut biasanya disebut gum. *Degumming* adalah proses *pretreatment* penting dalam pemurnian minyak sawit dalam menghilangkan pengotor. Pengotor (*gum* atau getah) terdiri dari fosfatida, protein, hidrokarbon, karbohidrat,

air, logam berat dan resin, asam lemak bebas, tokoferol, pigmen dan senyawa lainnya (Zufarov *et al.*, 2008).

Fosfatida jika tidak dihilangkan menimbulkan banyak masalah dalam penyimpanan dan pengolahan minyak mentah. Seperti umur simpan yang pendek, menurunkan kualitas minyak, serta menurunkan efektivitas produksi. Fosfatida dapat dihilangkan dari minyak selama proses *refinery* melalui tahap *degumming*. Senyawa fosfatida dalam minyak terdiri dari dua macam yaitu fosfatida *hydratable* dan fosfatida *non hydratable*. Fosfatida *hydratable* mudah dipisahkan dengan

penambahan air (*water degumming*) pada suhu rendah sekitar 40°C. Penambahan air ini mengakibatkan fosfolipid akan kehilangan sifat lipofiliknya dan berubah sifat menjadi lipofobik sehingga mudah dipisahkan dari minyak. Fosfatida *non hydratable* harus dikonversi terlebih dahulu menjadi fosfatida *hydratable* dengan penambahan larutan asam (seperti asam sitrat, asam fosfat, dan lain-lain), alkali, dan agen khelat seperti asam etilen diamin tetra asetat, Proses ini disebut dengan *acid degumming* (Sharma *et al.*, 2019). Artikel review ini akan membahas mengenai produksi biodiesel, penghilangan fosfatida melalui metode *water degumming* dan *acid degumming*, serta pengaruh dari efektivitas penyisihan fosfatida terhadap produksi biodiesel

## 2. METODE PENELITIAN

Penulisan artikel ini berdasarkan kajian literatur dari sebuah penelitian ataupun artikel review dalam tinjauan ilmu sains dan teknologi terhadap proses pemurnian minyak sawit mentah. Artikel-artikel tersebut didapatkan dari basis data elsevier dan google scholar ataupun berbagai sumber lainnya yang menyajikan publikasi ilmiah dengan kredibilitas tingkat nasional ataupun internasional. Pencarian dan penulisan dilakukan melalui kebenaran ilmiah, ilmu sains, segala aspek yang berhubungan dengan penghilangan fosfatida, serta tidak membatasi pencarian pada periode waktu tertentu guna memperkaya data demi mencapai artikel

ilmiah yang dapat menambah wawasan luas bagi siapapun yang membacanya.

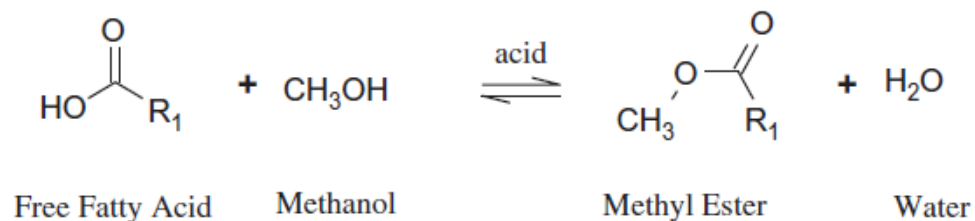
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai monoalkyl ester dari asam lemak rantai panjang yang berasal dari minyak alam dan lemak tumbuhan dan hewan, merupakan salah satu alternatif bahan bakar fosil. Biodiesel telah menarik perhatian luas di dunia karena sifatnya yang terbarukan, dapat terurai secara hayati, tidak beracun, dan ramah lingkungan (Krishnaprabu, 2019). Minyak mentah yang pada awalnya banyak mengandung pengotor (gum) maka dihilangkan dahulu melalui proses *degumming*, sehingga nantinya tidak menimbulkan masalah besar dalam efektivitas produksi biodiesel.

Biodiesel atau yang secara kimia dikenal sebagai fatty acid methyl ester (FAME) dapat berasal dari reaksi kimia bahan baku baik minyak nabati atau lemak hewani dan alkohol dengan adanya katalis. Esterifikasi asam lemak bebas dan trigliserida transesterifikasi adalah dua reaksi utama untuk mengubah sumber lipid menjadi biodiesel (Abdullah *et al.*, 2017).

Esterifikasi adalah metode produksi biodiesel menggunakan asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol, dengan bantuan katalis menghasilkan methyl ester dan air sebagai produk sampingan (Lokman *et al.*, 2015). Reaksi Esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



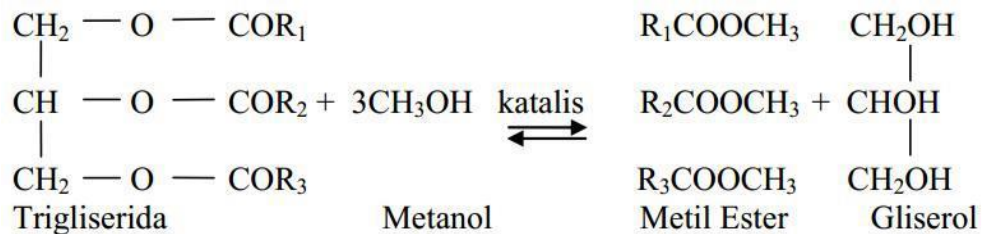
Gambar 1. Reaksi Esterifikasi (Lokman *et al.*, 2015)

Transesterifikasi adalah metode produksi biodiesel berdasarkan reaksi kimia antara

trigliserida dan alkohol dengan adanya katalis untuk menghasilkan metilester.

Proses transesterifikasi terdiri dari urutan tiga reaksi reversibel berurutan, yang meliputi konversi trigliserida menjadi digliserida, diikuti dengan konversi digliserida menjadi

monogliserida. diubah menjadi gliserol dan menghasilkan satu molekul ester di setiap langkah. Reaksi Transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi Trans-esterifikasi (Abdullah et al., 2017)

Beberapa aspek, termasuk jenis katalis (basa atau asam), rasio molar alcohol/minyak nabati, suhu, kemurnian reaktan (terutama kandungan air), dan kandungan asam lemak bebas, memiliki pengaruh terhadap jalannya transesterifikasi. Rasio molar alkohol / minyak nabati adalah salah satu dari faktor utama yang mempengaruhi transesterifikasi. Alkohol yang berlebihan mendukung pembentukan produk. Di sisi lain, jumlah alkohol yang berlebihan membuat pemulihan gliserol sulit. Rasio molar alkohol yang tinggi terhadap nabati minyak mengganggu pemisahan gliserin, karena terjadi peningkatan kelarutan. Ketika gliserin tetap dalam larutan, membantu mendorong kesetimbangan kembali ke kiri, menurunkan hasil ester. Jadi, rasio alkohol / minyak yang ideal harus dibangun secara empiris, dengan mempertimbangkan setiap proses individu. pada proses transesterifikasi yang berbeda (Kaushik et al., 2008).

### 3.2 Fosfatida *Hydratable* dan Fosfatida *Non Hydratable*

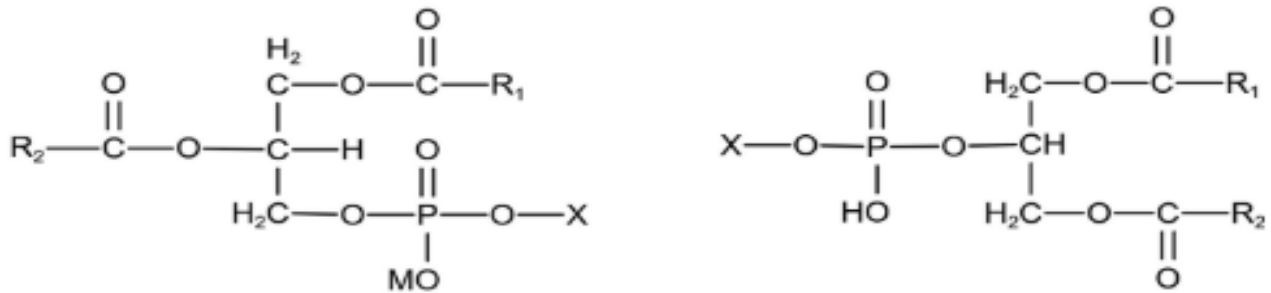
Stabilitas dan kualitas akhir minyak sawit yang dapat dimakan dan produk sampingannya ditentukan oleh keberadaan residu senyawa minor tertentu seperti fosfolipid, dan komposisinya memberikan informasi yang baik tentang kondisi pemrosesan dan penyimpanan minyak yang tepat. Fosfatida yang terdapat didalam minyak mentah terdiri dari fosfatida *hydratable* dan fosfatida *non hydratable*. Pengelompokan fosfatida didasarkan pada sifat

dan karakteristik yang dimilikinya. Fosfatida *hydratable* dapat dengan mudah dihilangkan menggunakan air, namun untuk fosfatida *non hydratable* perlu melakukan reaksi lebih lanjut agar merubah bentuk molekul fosfatida tersebut. Fosfatida *hydratable* meliputi *Phosphatidyl Choline* (PC) and *Phosphatidyl Ethanolamine* (PE), senyawa tersebut sangat hidrofilik. Fosfatida tersebut dapat mengendap jika bersentuhan dengan air, tetapi laju hidrasinya berbeda. Fosfatida *non hydratable* terutama meliputi *phosphatidic acid* (PA), *lysophosphatidic acid* (LPA), *lysophosphatidyl serine* (PS), *lysophosphatidyl ethanolamine* (LPE) and *calcium and magnesium salts of lysophosphatidic acid*. Fosfatida yang dapat dihidrasi dan fosfatida yang tidak dapat dihidrasi terutama memiliki perbedaan dalam gugus fungsional. Fosfatida yang dapat dihidrasi mengandung lebih banyak gugus polar, seperti kolin, etanolamin, serin, dan inositol. Namun fosfatida *non hydratable* mengandung lebih sedikit gugus polar, memiliki sifat hidrofobik yang jelas, dan lebih sulit diikat dengan air dalam proses *degumming*. Fosfatida *non hydratable* merupakan kelompok senyawa dengan struktur ester fosfat dalam lingkungan non-air, dan strukturnya terdiri dari tiga bagian utama: kerangka gliserol, gugus fosfat, dan rantai asam lemak. Gugus hidroksil pada atom karbon kedua dan ketiga kerangka gliserol diesterifikasi menjadi gugus fungsional terfosforilasi yang selanjutnya dapat

mengesterifikasi gugus hidroksil dari berbagai gugus alkohol termasuk etanolamin, inositol, kolin, dan serin. Ekor asam lemak dari fosfolipid bersifat nonpolar dan sebagian besar terdiri dari dua rantai asam lemak yang

dihubungkan ke kerangka gliserol melalui ikatan ester (Pan et al., 2024).

Rumus umum struktur fosfolipid yang tidak dapat dihidrasi ditunjukkan pada Gambar 3.

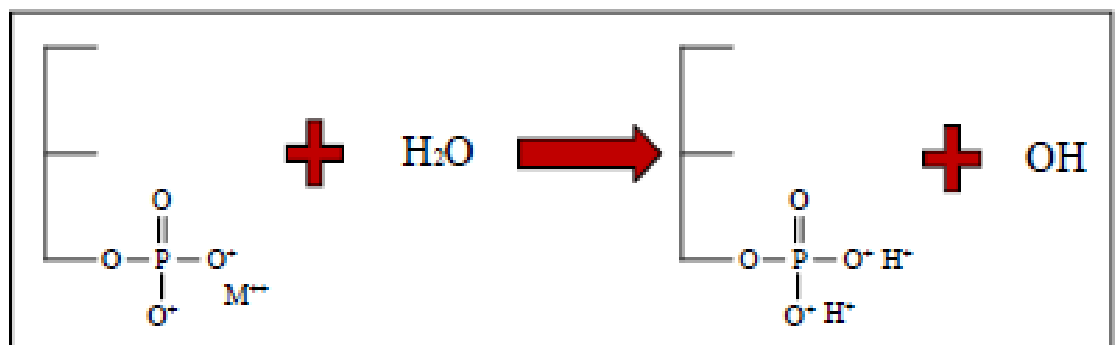


Gambar 3. Proses pembentukan utama fosfolipid non-terhidrasi X mewakili kolin, etanolamin, inositol, dll.;  $M^{2+}$  mewakili ion logam divalen (Pan et al., 2024).

### 3.3 Water Degumming

*Water Degumming* merupakan suatu proses yang melibatkan penambahan air ke minyak mentah, menghidrasi komponen yang larut dalam air, dan kemudian menghilangkan sebagian besar komponen tersebut melalui proses *degumming*. Fosfatida yang dapat terhidrasi dengan mudah dihilangkan dengan penambahan air, tetapi fosfatida yang tidak dapat terhidrasi tidak terpengaruh dan tetap berada dalam fase minyak. Penambahan air membantu melarutkan fosfatida *hydratable*. Fosfatida yang terlarut kemudian didinginkan dan dikonversi menjadi bentuk endapan sebelum dilakukannya penghilangan dengan cara sentrifugasi (Kulkarni, et al., 2014).

Bentuk yang dapat terhidrasi dengan mudah dihilangkan dengan penambahan air, tetapi fosfatida yang tidak dapat terhidrasi tidak terpengaruh dan tetap berada dalam fase minyak. Fosfatida yang tidak dapat terhidrasi umumnya diidentifikasi sebagai garam kalsium dan magnesium dari asam fosfatidat yang dihasilkan oleh aksi enzimatis fosfolipase yang dilepaskan oleh kerusakan struktur. Selama proses berlangsung metode water degumming dapat menghilangkan fosfatida berdasarkan persamaan sifat yang ada pada minyak terhadap air yaitu interaksi dipol-dipol antara minyak dan air yang dapat menggumpal membentuk gum.



Gambar 1. Reaksi fosfatida saat proses water degumming (Kulkarni et al., 2014)

*Water degumming* relatif lebih murah dan lebih aman dilakukan untuk diuji ke makanan. Hasil akhir dari *water degumming* menghasilkan sejumlah gum yang kemudian dikeringkan sehingga menjadi *lecithin*. (Sulihatimarsyila, *et al.*, 2020) melakukan proses pemurnian *palm-pressed fiber oil* (PPFO) menggunakan metode *water degumming* yang dilanjutkan dengan *acid degumming*. Proses *water degumming* dilakukan pada suhu 90°C selama 20 menit dengan penambahan air sebanyak 5%-berat, Penghilangan fosfatida tertinggi dengan *water degumming* sebesar 90,7%.

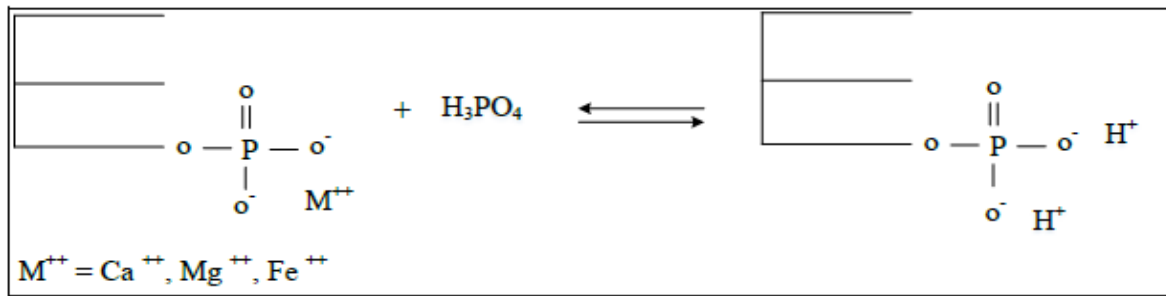
Pada saat proses *water degumming*, minyak mentah akan membentuk sistem fase terner yaitu membentuk tiga lapisan yang terdiri dari minyak, fosfatida, dan air. Pada minyak terdapat dua jenis fosfatida yaitu fosfatida *hydratable* dan fosfatida *non-hydratable*. Fosfatida *hydratable* akan terhidrasi karena terjadinya interaksi dipol-dipol yang lemah dengan molekul air. Interaksi ini akan mengasilkan transisi fasa yaitu *gum* yang bersifat *hydratable* berkumpul membentuk partikel yang lebih besar dan memiliki densitas yang lebih tinggi sehingga dapat dipisahkan melalui proses sentrifugasi (Sharma *et al.*, 2019).

Keberhasilan metode *water degumming* bergantung pada hidrofilitas fosfatida yang ada dalam minyak. Sifat ini berkaitan dengan struktur kimia, interaksi antar molekul serta sifat fisika kimia fosfatida. Sehingga untuk meningkatkan efektivitas bisa dengan melakukan beberapa hal seperti meningkatkan konsentrasi, suhu serta memodifikasi *water degumming* (campuran asam dan air) (Kulkarni *et al.*, 2014; Pan *et al.*, 2000).

### 3.4 *Acid Degumming*

Penghilangan fosfatida menggunakan proses *acid degumming* dilakukan karena *water degumming* tidak mampu untuk melarutkan senyawa-senyawa fosfatida yang bersifat *non-hydratable*. Hidrabilitas fosfatida dinaikkan dengan menambahkan asam. Asam yang baik untuk digunakan adalah yang bersifat *edible (non-toxic)* atau asam yang tidak menyebabkan masalah besar terhadap manusia selama masih digunakan dalam jumlah wajar seperti asam asetat, asam sitrat, asam tartarat, asam laktat, dan lain-lain, serta penggunaan asam yang beracun dan korosif dihindari. Fosfatida *non-hydratable* yang terbentuk ketika fosfatida berkombinasi dengan kation logam bisa diubah bentuknya menjadi *hydratable* melalui reaksi dengan asam. Fosfatida yang telah dilakukan *acid degumming* akan membentuk fase gum yang dapat dipisahkan melalui metode pemusingan (sentrifugasi) (Sharma *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2021)

Kulkarni *et al.* (2014) menunjukkan mekanisme perubahan bentuk fosfatida *non-hydratable* menjadi *hydratable* dengan menambahkan asam fosfat ke *Pongamia pinnata oil* yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada penelitian tersebut dilakukan penambahan dua jenis asam yaitu asam fosfat dan asam sitrat. Asam sitrat mengurangi kandungan fosfor dari 810 PPM menjadi 22 PPM (pengurangan 97,28%) dan asam fosfat mengurangi kandungan fosfor dari 810 PPM menjadi 31 PPM (pengurangan 96,17%). Metode *degumming* atas juga dilakukan pada *Pongamia* yang memberikan hasil terbaik, mengurangi kandungan fosfor dari 810 PPM menjadi 14 PPM (pengurangan 98,27%). Kehilangan hasil minimum juga diperoleh dengan menghasilkan 98,1% minyak hasil.



Gambar 2. Reaksi Fosfatida saat Proses *Acid Degumming* (Kulkarni *et al.*, 2014)

### 3.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyisihan Fosfatida

Efektivitas penyisihan fosfatida melalui proses water degumming ataupun acid degumming didasarkan pada faktor yang mempengaruhi seperti konsentrasi, suhu, kecepatan dan waktu pengadukan

Meningkatnya konsentrasi menghasilkan pembentukan lebih banyak emulsi dan meningkatkan efisiensi ekstraksi. Peningkatan konsentrasi lebih tinggi menyebabkan masuknya sejumlah besar minyak ke dalam *gum* yang mengakibatkan hilangnya minyak dan penurunan efisiensi *degumming* (Dijkstra, 2017).

Mei *et al.* (2013) menyatakan bahwa efisiensi penghilangan kandungan fosfatida meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan kadar asam yang digunakan. Penggunaan asam pada *degumming* menghidrasi fosfatida dan menyebabkan ion logam membentuk senyawa kompleks yang mencegah fosfatida *non-hydratable* terbentuk kembali. Ketika kadar asam dinaikkan, mekanisme dekomposisi fosfatida *non-hydratable* berubah berdasarkan pada kekuatan khelasi komparatif menjadi berdasarkan kekuatan asam komparatif, yang mengarah pada peningkatan efisiensi *degumming*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putri *et al.*, (2019) dengan menggunakan bahan CPO pada variabel konsentrasi 2,5%, 3, dan 3,5% (campuran minyak dan air) didapatkan optimum pada konsentrasi 2,5% dengan rendemen 4,12%.

Eshratyabadi, (2008) menyebutkan peningkatan suhu dari 25 hingga 90 °C memiliki efek positif pada efisiensi penghilangan *gum* tetapi di atas 75°C efisiensi penghilangan *gum* menurun. Paisan *et al.*, (2017) mempelajari efektivitas degumming menggunakan air dan asam pada parameter suhu, waktu, dan jumlah reagen *degumming* (air atau asam fosfat). Penghapusan fosfolipid terbesar mencapai 82,5% pada kondisi optimum degumming asam dengan suhu 90 °C, 60 menit dan asam fosfat 0,42 wt.%. Degumming air pada kondisi optimum (suhu 100 °C, 30 menit dan air 80 wt.%) hanya menghasilkan penghapusan fosfolipid sebesar 19,4%. Suhu penghilangan *gum* yang lebih tinggi menyebabkan beberapa kerugian, seperti kecenderungan minyak untuk teroksidasi menjadi senyawa yang tidak disukai, pembentukan asam lemak bebas dalam minyak dan penurunan viskositas lesitin. Persentase penghilangan fosfatida meningkat seiring dengan peningkatan suhu *degumming* antara 40°C dan 70°C. Namun, pada suhu lebih tinggi dari 70°C efek penyisihan fosfatida menurun karena *degumming* merupakan reaksi reversibel, sehingga misel koloid yang telah menggumpal menyebar kembali ketika suhu hidrasi di atas suhu kritis (Ristianingsih *et al.*, 2011; Mei *et al.*, 2013).

Kecepatan pengadukan juga berpengaruh terhadap penyisihan fosfatida, yaitu semakin tinggi kecepatan pengadukan maka jumlah fosfatida yang pada minyak akan berkurang. Hal ini karena pengadukan akan menaikkan turbulensi fluida sehingga luas permukaan akan semakin luas sehingga kecepatan transfer

massa akan semakin besar (Dijkstra & Van Opstal, 1989).

Kecepatan dan waktu pengadukan yang tinggi memfasilitasi pembentukan agregat yang lebih banyak, sementara pada kecepatan pengadukan yang lebih rendah lebih banyak minyak yang terperangkap dalam gum yang menyebabkan hilangnya minyak. Namun, memberikan waktu yang lama untuk penghilangan gum memungkinkan gum untuk memasuki kembali fase minyak (Kulkarni *et al.*, 2014; Sharma *et al.*, 2019; Indira *et al.*, 2000).

### 3.5 Pengaruh Degumming terhadap Produksi Biodiesel

Penghapusan getah dari minyak nabati yang digunakan untuk bahan bakar diesel merupakan proses penting, karena keberadaan getah yang digunakan langsung pada mesin diesel dapat menyebabkan penyumbatan pada filter, saluran, dan injektor mesin. Dalam produksi biodiesel, penggunaan minyak nabati mentah tanpa penghilangan getah dapat menurunkan laju konversi dan gliserol yang sulit dipisahkan dari biodiesel, masing-masing selama dan setelah reaksi trans-esterifikasi (Wibisono *et al.*, 2014).

Diana da Silva Araújo *et al.*, (2014) melakukan penghilangan gum pada minyak jarak pagar dengan dua jenis penghilangan getah yang berbeda, pertama dengan air dan kedua dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> untuk mengevaluasi pengaruh proses-proses ini terhadap hasil reaksi transesterifikasi. Biodiesel metil dan etil yang dibuat dari minyak yang dihilangkan getahnya dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> memiliki konversi yang lebih tinggi daripada yang dibuat dengan minyak yang dihilangkan getahnya dengan air. Oleh karena itu, di antara proses penghilangan getah yang dipelajari, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> lebih cocok untuk pengolahan minyak jarak pagar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas oksidasi cukup baik, karena biodiesel metil dan

etil memiliki periode induksi 13,51 jam dan 13,03 jam tanpa penambahan antioksidan saat diajukan dalam bentuk teks Rancimat.

(Latief *et al.*, 2023) meneliti tentang pengaruh degumming terhadap penurunan FFA dan angka asam sebelum dilakukan sintesis biodiesel menggunakan metode *acid degumming*. Pada penelitian tersebut didapatkan kadar FFA dan angka asam pada minyak jelantah awal sebesar 1,792% dan 3,927 dan ketika dilakukan *acid degumming* menjadi 0,869% dan 1,964.

(Musta *et al.*, 2017) melakukan penelitian terhadap sampel minyak nyamplung dalam proses biodiesel. Dimana minyak nyamplung dilakukan degumming dengan menggunakan asam fosfat 20% dan 85%. Penyisihan terbaik terjadi pada konsentrasi 85% dengan persen yield sebesar 82%

## 4. KESIMPULAN

Pemurnian minyak sawit dalam penghilang fosfatida biasanya dilakukan dengan menambahkan air (*water degumming*) untuk menghilangkan fosfatida *hydratable*, namun fosfatida *non hydratable* dapat dihilangkan dengan penambahan asam (*acid degumming*). faktor suhu, waktu, konsentrasi, dan kecepatan pengadukan harus diperhatikan untuk mendapatkan efektivitas pemurnian.

Biodiesel diproduksi melalui reaksi esterifikasi ataupun transesterifikasi. Jenis reaksi ini didasarkan pada material yang digunakan dan juga memperhatikan katalis untuk efektivitas yang lebih baik dalam produksi biodiesel.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pembimbing, orangtua, keluarga, dan semua yang mendukung terhadap penulisan artikel ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Juahir, H., Khatoon, H., & Endut, A. (2017). A review of biomass-derived heterogeneous catalyst for a sustainable biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70(September 2015), 1040–1051. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.008>
- Diana da Silva Araújo, F., Araújo, I. C., Costa, I. C. G., Rodarte de Moura, C. V. Ô., Chaves, M. H., & Araújo, E. C. E. (2014). Study of degumming process and evaluation of oxidative stability of methyl and ethyl biodiesel of *Jatropha curcas* L. oil from three different Brazilian states. *Renewable Energy*, 71, 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.06.001>
- Dijkstra, A. J. (2017). About water degumming and the hydration of non-hydratable phosphatides. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(9), 1–11. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600496>
- Dijkstra, A. J., & Van Opstal, M. (1989). The total degumming process. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(7), 1002–1009. <https://doi.org/10.1007/BF02682627>
- Eshratbadi. (2008). *Effect of Different Parameters on Removal and Quality of Soybean Lecithin* (pp. 874–879).
- Indira, T. N., Hemavathy, J., Khatoon, S., Gopala Krishna, A. G., & Bhattacharya, S. (2000). Water degumming of rice bran oil: A response surface approach. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 83–90. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00135-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00135-1)
- Kaushik, N., Kumar, K., & Kumar, S. (2008). Potential of *Jatropha curcas* for Biofuels. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 1(3), 301–314. <https://doi.org/10.1166/jbmb.2007.002>
- Krishnaprabu, S. (2019). A Review on Biodiesel Production as Alternative Fuel. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 7(2), 258–266. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.7441>
- Kulkarni, V., Jain, S., Khatri, F., & Vijayakumar, T. (2014). Degumming of *Pongamia Pinnata* by acid and water degumming methods. *International Journal of ChemTech Research*, 6(8), 3969–3978.
- Latief, M., Mahendra, I., Nurmawati, A., Saputro, W., & Saputro, E. A. (2023). *Testing the Effectiveness of Adsorption and Degumming on Used Cooking Oil As a Feedstock for Biodiesel Production*. 49, 49–54.
- Lokman, I. M., Rashid, U., & Taufiq-Yap, Y. H. (2015). Production of biodiesel from palm fatty acid distillate using sulfonated-glucose solid acid catalyst: Characterization and optimization. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23(11), 1857–1864. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2015.07.028>
- Mei, L., Wang, L., Li, Q., Yu, J., & Xu, X. (2013). Comparison of acid degumming and enzymatic degumming process for *Silybum marianum* seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2822–2828. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6109>
- Musta, R., Haetami, A., & Salmawati, M. (2017). Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Metanol. *Indo. J. Chem. Res.*, 4(2), 394–401. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2017.4-rus>
- Paisan, S., Chetpattananondh, P., & Chongkhong, S. (2017). Assessment of water degumming and acid degumming of mixed algal oil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(5), 5115–5123. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.09.045>
- Pan, L. G., Campana, A., Tomás, M. C., & Añón, M. C. (2000). Kinetic study of phospholipid extraction by



- degumming process in sunflower seed oil. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(12), 1273–1276. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0200-8>
- Pan, Liu, J., Yang, J. X., Ren, J. R., Sun, Y. Y., Li, P. Z., Yang, E. Q., Chen, X. M., & Liu, B. Q. (2024). Research progress on the genesis and removal methods of non-hydratable phospholipids from vegetable oils. *Grasas y Aceites*, 75(1), 1–11. <https://doi.org/10.3989/gya.0325231>
- Putri, D. O., Mardawati, E., Putri, S. H., & Frank, D. (2019). Comparison of the CPO (Crude Palm Oil) Degumming Method on the Characteristics of the Lecithin Produced. *Jurnal Industri Pertanian*, 1(3), 88–94.
- Ristianingsih, Y., Sutijan, & Budiman, A. (2011). Studi kinetika proses kimia dan fisika penghilangan getah crude palm oil (CPO) dengan asam fosfat. *Reaktor*, 13(4), 242–247.
- Rodrigues, M. S., Dos Passos, R. M., Pontes, P. V. d. A., Ferreira, M. C., Meirelles, A. J. A., Stevens, C. V., Maximo, G. J., & Sampaio, K. A. (2021). Enzymatic degumming of rice bran oil using different commercial phospholipases and their cocktails. *Life*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/life11111197>
- Sharma, Y. C., Yadav, M., & Upadhyay, S. N. (2019). Latest advances in degumming feedstock oils for large-scale biodiesel production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(1), 174–191. <https://doi.org/10.1002/bbb.1937>
- Sulihatimarsyila, A. ., Lau, H. L. N., Nabilah, K. M., & Nur Azreena, I. (2020). Production of refined red palm-pressed fibre oil from physical refining pilot plant. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2(July). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100035>
- Wibisono, Y., Nugroho, W. A., & Chung, T.-W. (2014). Dry Degumming of Corn-oil for Biodiesel Using a Tubular Ceramic Membrane. *Procedia Chemistry*, 9, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.025>
- Zufarov, O., Schmidt, Š., & Sekretár, S. (2008). Degumming of rapeseed and sunflower oils. *Acta Chimica Slovaca*, 1, 321–328.