

PEMISAHAN GLISERIDA-GLISERIDA SISA DARI ASAM LEMAK HASIL LIPOLISIS

Dinda Rizka Fadhillah^{1*}, Astri Nur Istyami², Sry Wahyuni³

^{1,3}Politeknik Teknologi Kimia Industri, Jl. Medan Tenggara No.VII, Kota Medan, Sumatera Utara 20228

²Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Lb. Siliwangi, Kota Bandung, Jawa Barat 40132

*E-mail: dindarizkaf@gmail.com

Riwayat Article

Received: 27 August 2025; Received in Revision: 15 September 2025; Accepted: 19 September 2025

Abstract

Fatty acids have a crucial role in the chemical industry, particularly in the oleochemical industry and in the production of fatty acid methyl esters. One of the methods for producing fatty acids from oils is through lipolysis, which has the advantage of being operated at room temperature and atmospheric pressure. Fatty acid production from palm oil lipolysis can exceed 60%. The separating process of residual glycerides from the fatty acids produced by lipolysis must be developed to support the technology package for supplying these fatty acids. The appropriate separation process for separating residual glycerides from the fatty acids is extraction. Solvent extraction was chosen to separate residual glycerides from the fatty acids because glycerides and fatty acids have high boiling points. The solvents used were 100% dichloromethane, 100% diethyl ether, a mixture of 50% dichloromethane and 50% diethyl ether, 90% acetonitrile solution, and 45% acetonitrile solution. The extraction is operated at a temperature of 40-45 °C for 15-30 minutes and stirred at 150 rpm. The research results showed firstly that mixtures of dichloromethane-diethyl ether are not satisfactory solvents. The best combination gave acid value of extract and raffinate 131.8 and 172.7 mg KOH/g. From the research, the use of acetonitrile as a solvent is therefore considered appropriate to be investigated further with the acid value of extract and raffinate, 157.5 and 62.6 mg KOH/g sample.

Keywords: extraction, dichloromethane, diethyl ether, acetonitrile, residual glycerides

Abstrak

Asam-asam lemak memiliki peran penting di dalam industri kimia, khususnya dalam industri oleokimia dan dalam produksi ester metil asam-asam lemak. Salah satu cara untuk menghasilkan asam-asam lemak dari minyak lemak melalui reaksi lipolisis yang memiliki kelebihan diantaranya dapat dioperasikan pada temperatur ruangan dan tekanan atmosferik. Produksi asam-asam lemak hasil lipolisis minyak sawit dapat diperoleh diatas 60%. Proses pemisahan gliserida-gliserida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis harus dikembangkan untuk mendukung paket teknologi penyediaan asam-asam lemak tersebut. Proses pemisahan yang tepat untuk memisahkan gliserida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis tersebut adalah dengan cara ekstraksi. Ekstraksi dengan pelarut dipilih untuk memisahkan gliserida sisa dari asam-asam lemak karena gliserida dan asam lemak memiliki titik didih yang tinggi. Pelarut yang digunakan adalah diklorometan 100%, dietil eter 100%, campuran diklorometan 50% - dietil eter 50%, larutan asetonitril 90%, dan larutan asetonitril 45%. Ekstraksi dioperasikan pada suhu 40-45°C selama 15-30 menit dan diaduk dengan putaran sebesar 150-200 rpm. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ekstraksi hasil lipolisis pelarut diklorometan-dietil eter tak menunjukkan hasil-hasil yang memuaskan. Hasil yang paling bagus menghasilkan angka asam ekstrak dan rafinat 131,8 dan 172,7 mg KOH/g sampel. Dari hasil penelitian yang diperoleh, penggunaan asetonitril dipandang paling layak untuk ditelusuri lebih lanjut dengan angka asam ekstrak dan rafinat sebesar 157,5 dan 62,6 mg KOH/g sampel.

Keywords: ekstraksi, diklorometan, dietil eter, asetonitril, gliserida-gliserida

1. Introduction

Asam lemak adalah asam karboksilat dengan rantai alifatik sedang-panjang (berat atom karbon 6 s/d 24) yang bisa jenuh dan bisa pula tak jenuh. Asam lemak merupakan salah satu produk oleokimia yang banyak digunakan dalam berbagai jenis produk seperti produk makanan, deterjen, kosmetik, sabun, pelumas, pengemulsi, resin, plastik dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya industri produk-produk tersebut produksi asam lemak dan turunannya makin meningkat dalam

kurun waktu 10 tahun terakhir. Asam-asam lemak ini memegang peran penting di dalam industri karena bahan tersebut merupakan salah satu produk antara penting yang menjembatani industri pengekstraksian dan pemulusan minyak lemak dengan industri oleokimia (industri berbasis minyak lemak). Selain itu, asam lemak juga merupakan produk penting dalam ester metil asam-asam lemak (Hasrul Abdi Hasibuan et al., 2024).

Pada Industri oleokimia di Indonesia produksi asam lemak biasanya berbasis minyak sawit dan minyak inti sawit. Saat ini, teknologi pembuatan asam lemak secara komersil dilakukan dengan proses pemecahan molekul *triacylglycerol* (TAG) dari minyak sawit yang masih dalam bentuk minyak crude atau refine bleached deodorized (RBD) dilakukan melalui reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis TAG ini akan memecah ikatan ester dan menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Secara umum terdapat tiga jenis proses hidrolisis yakni hidrolisis dengan saponifikasi (katalis basa), hidrolisis tanpa katalis namun menggunakan suhu dan tekanan tinggi (proses splitting) dan hidrolisis menggunakan katalis enzim (enzimatis) (Nitbani et al., 2020). Hidrolisis dengan saponifikasi menggunakan katalis basa yang kemudian dilakukan pengasaman hingga pH =1 untuk membentuk asam lemak. Sedangkan, hidrolisis tanpa katalis dilakukan pada temperature tinggi dan tekanan tinggi. Lalu, hidrolisis enzimatis dilakukan pada temperatur sekitar temperatur ruangan dan tekanan atmosferik dengan bantuan katalis enzimatis seperti enzim lipase.

Reaksi hidrolisis untuk memproduksi asam lemak dari trigliserida/minyak lemak menggunakan enzim ini dikenal juga dengan lipolisis. Hidrolisis enzimatis dengan menggunakan enzim lipase telah dikembangkan untuk mengatasi kelemahan produksi asam lemak dari minyak nabati melalui Colgate-Emery dan hidrolisis dengan katalis alkali. Dalam proses reaksi ini, reaksi hidrolisis minyak nabati akan berlangsung pada suhu dan tekanan atmosfer yang lebih rendah, sehingga dapat meminimalkan konsumsi energi, dan mengikuti reaksi kimia hijau (Jegannathan & Nielsen, 2013). Enzim lipase juga lebih efektif dalam mengkatalisis reaksi dalam larutan air, dapat digunakan kembali, dan menghasilkan asam lemak bebas berkualitas tinggi. Enzim lipase yang efektif digunakan untuk hidrolisis trigliserida untuk menghasilkan asam lemak bebas adalah sn-1,3-lipase selektif seperti lipase pankreas babi (PPL), *Rhizopus arrhizus*, dan *Rhizomucor miehei*. Enzim ini juga efektif dalam produksi asam lemak yang sensitif terhadap panas seperti asam erusat (Nitbani et al., 2020). Berdasarkan penelitian (Maulinda Leni et al., 2017), lipolisis asam lemak dari buah sawit sortiran dapat diperoleh sebanyak 48,7%. Selain itu, lipolisis minyak sawit dengan media reaksi n-heksana, n-heptana, dan isooktana dapat menghasilkan asam lemak dengan derajat hidrolisis diatas 60% (Istyami et al., 2018). Dari hasil beberapa penelitian tersebut, asam-asam lemak hasil lipolisis masih banyak mengandung gliserida-glisierida sisa sehingga perlu melalui proses pemisahan lagi.

Massa jenis asam-asam lemak tak jenuh umumnya lebih besar dari massa jenis asam-asam lemak jenuh berpanjang-rantai karbon sama (O'brien & Wan, 2000). Dilihat dari sifat fisiknya, asam-asam lemak maupun gliserida-glisierida adalah padatan atau cairan yang tidak mudah menguap. Oleh karena itu, cara pemisahan terbaik gliserida-glisierida sisa tersebut dari asam-asam lemak adalah dengan cara ekstraksi. Metode pemisahan ekstraksi memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat dilakukan pada temperatur ruangan, tekanan atmosferik, dan tidak membentuk produk baru yang tidak bermanfaat. Ekstraksi asam-asam lemak bebas yang terlarut sebagai komponen minor di dalam minyak lemak sudah banyak dijumpai. Banyak penelitian telah dilakukan untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak lemak dengan proses ekstraksi menggunakan pelarut organik. Pelarut organik yang digunakan diantaranya seperti metanol, heksana, dan kloroform (Surani & Cahyo Puji Asmoro, 2022). Pengaruh jenis pelarut pada pemurnian monodiasil gliserol (MDAG) yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi antara *Palm Fatty Acid Destilates* (PFAD) dan gliserol dengan katalis asam metil ester asam sulfonat yang memiliki kemurnian rendah yang menyisakan katalis, asam lemak bebas, gliserol bebas dan triasil gliserol telah dilaporkan dimana proses pemurnian melalui reaksi saponifikasi dan kristalisasi memperlihatkan bahwa diantara pelarut etanol 96%, etanol 70% dan isopropanol 95%, pelarut etanol 96% memperlihatkan hasil pemurnian yang paling baik dan dianggap paling cocok untuk proses pemurnian ini (Setyaningsih et al., 2020). Tetap pada kasus ekstraksi gliserida-glisierida sisa dari asam-asam lemak hampir tidak pernah dibahas di dalam literatur. Satu-satunya rujukan yang diperoleh adalah dokumen paten dari (Kurt N.H & Welch E.A, 1955) menyebutkan bahwa monogliserida dapat diekstraksi secara selektif dengan larutan akuatik 40-70% metanol. Selain itu ("European Pharmacopoeia 10.0," 2019) mengatakan bahwa produk gliserol monostearate 40-55 yang berangka iodium lebih kecil dari 3 serta terdiri atas 40-55%-b monogliserida, 30-45%-b digliserida dan 5-15%-b trigliserida, larut di dalam diklorometan (= metilen klorida, CH₂Cl₂) dengan konsentrasi minimal 0,05 g/ml. Pemeriksaan lebih jauh dilakukan untuk mengetahui

apakah diklorometan bisa digunakan sebagai pelarut tunggal atau dalam bentuk campuran dengan pelarut sangat tak polar seperti dietil eter untuk selektivitas proses ekstraksi gliserida-glisericida sisa dari asam-asam lemak. Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan rincian teknologi pemisahan gliserida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis. Oleh karena itu, rincian kondisi operasi yaitu tekanan, temperatur, dan perbandingan volume pelarut terhadap umpan.

2. Methodology

A. Bahan

Hasil lipolisis dimodelkan dengan campuran *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) sebesar 77%-b dan *Glycerol Monostearate* (GMS) sebesar 23%-b. Persentase campuran berdasarkan hasil lipolisis yaitu sekitar 70% asam lemak. Selain model hasil lipolisis, pelarut yang digunakan juga perlu dipersiapkan. Pelarut yang digunakan adalah diklorometan 100%, dietil eter 100%, campuran diklorometan 50% - dietil eter 50%, larutan asetonitril 90%, dan larutan asetonitril 45%.

B. Alat

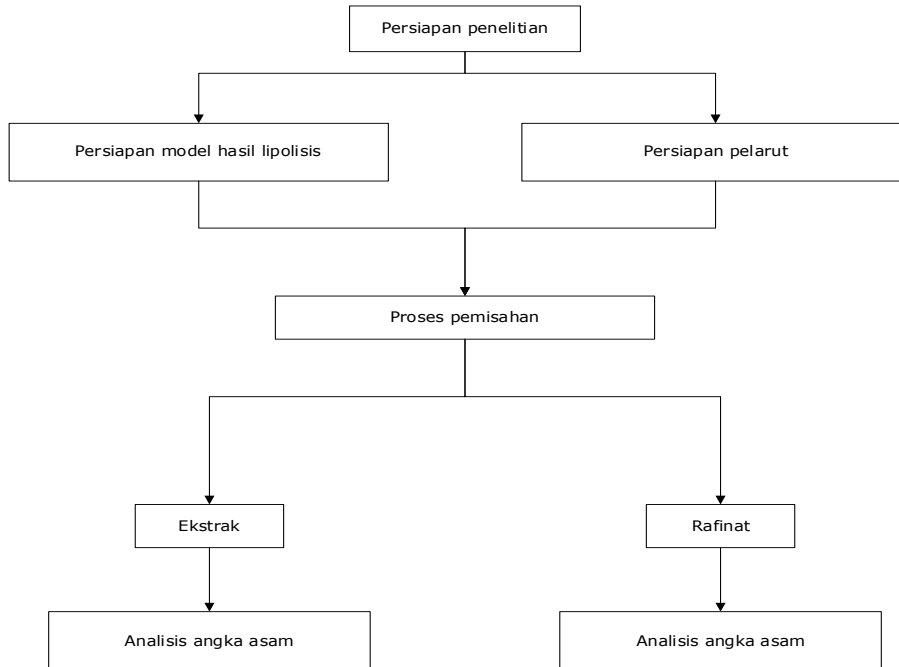
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemanas, Erlenmeyer, kondensor, corong pisah, dan seperangkat alat titrasi.

C. Prosedur Penelitian

Proses pemisahan gliserida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis dengan perbandingan pelarut terhadap umpan ekstraksi 1:1 adalah sebagai berikut. Campuran model hasil lipolisis sebanyak 54,36gram dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan dicampur dengan pelarut sebanyak 60 ml. Erlenmeyer dihubungkan dengan kondensor. Air pendingin dialirkan ke dalam kondensor lalu, Erlenmeyer dipanaskan hingga suhu 40-45°C dan diaduk selama 15-30 menit. Selanjutnya, didinginkan hingga suhu sekitar 30°C. Larutan dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan hingga terbentuk 2 lapisan, yaitu ekstrak dan rafinat. Larutan ekstrak dan distilasi didistilasi untuk menyingkirkan pelarut, lalu ekstrak dan rafinat tersebut dianalisis angka asamnya.

Variasi-variasi yang dilakukan dalam percobaan antara lain pelarut DCM dan DEE divariasikan 100% DCM, 50%-v DCM dan 50%-v DEE, dan 100% DEE dengan perbandingan volume pelarut terhadap model hasil lipolisis 1/3 dan 1. Selain itu, pelarut asetonitril divariasikan 90% larutan asetonitril dan 45% larutan asetonitril dengan perbandingan volume pelarut terhadap model hasil lipolisis 1.

Secara umum, prosedur pemisahan gliserida sisa dari asam-asam lemak terdiri dari 3 tahapan, yaitu persiapan alat dan bahan, percobaan, dan analisis data. Prosedur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian secara umum.

3. Results and Discussion

Pada penelitian ini, hasil lipolisis minyak sawit diwakili oleh model hasil lipolisis yang terdiri dari campuran PFAD dan GMS dengan komposisi 77% PFAD dan 23% GMS. Berikut karakteristik PFAD, GMS, dan model hasil lipolisis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data karakterisasi PFAD, GMS, dan model hasil lipolisis

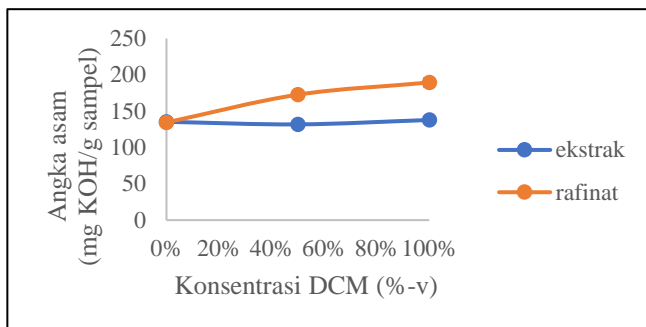
| Parameter | PFAD | GMS | Model hasil lipolisis (PFAD+GMS) |
|---|-------|-------|----------------------------------|
| Angka asam (mg KOH/g sampel) | 216,7 | 5,3 | 164,9 |
| Angka sabun (mg KOH/g sampel) | 239,5 | 173,6 | 223,9 |
| Angka iodine (g I ₂ /100 g sampel) | 52,9 | 3,6 | 43,1 |

Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis pelarut untuk meningkatkan konsentrasi asam-asam lemak hasil lipolisis. Sesuai dengan analisis parameter kelarutan Hildebrand, campuran pelarut diklorometan (DCM)-dietil eter (DEE) dapat mengekstraksi GMS dengan baik.

3.1. Pelarut Diklorometan – Dietil Eter

Variasi komposisi pelarut yang digunakan dalam mengekstraksi gliserida-gliserasida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis adalah diklorometan 100%, dietil eter 100%, dan campuran diklorometan 50% - dietil eter 50% dengan perbandingan volume pelarut terhadap umpan 1:3 dan 1:1.

Percobaan ekstraksi model hasil lipolisis dengan perbandingan pelarut 1:3 dilakukan dan diperoleh hasilnya tidak terbentuk ekstrak dan rafinat. Hal ini disebabkan karena jumlah pelarut yang digunakan ternyata terlalu sedikit sehingga pelarut yang hendak digunakan sebagai pelarut malah larut di dalam zat yang akan diekstraksi. Selanjutnya, jumlah pelarut coba ditambahkan hingga perbandingan volume pelarut terhadap umpan menjadi 1:1. Hasilnya menunjukkan hasil yang lebih baik. Ekstrak dan rafinatnya dapat terbentuk sehingga dapat dianalisis angka asam dan angka sabunya. Profil angka asam ekstrak dan rafinat dengan perbandingan pelarut terhadap umpan 1:1 ditampilkan pada Gambar 2.



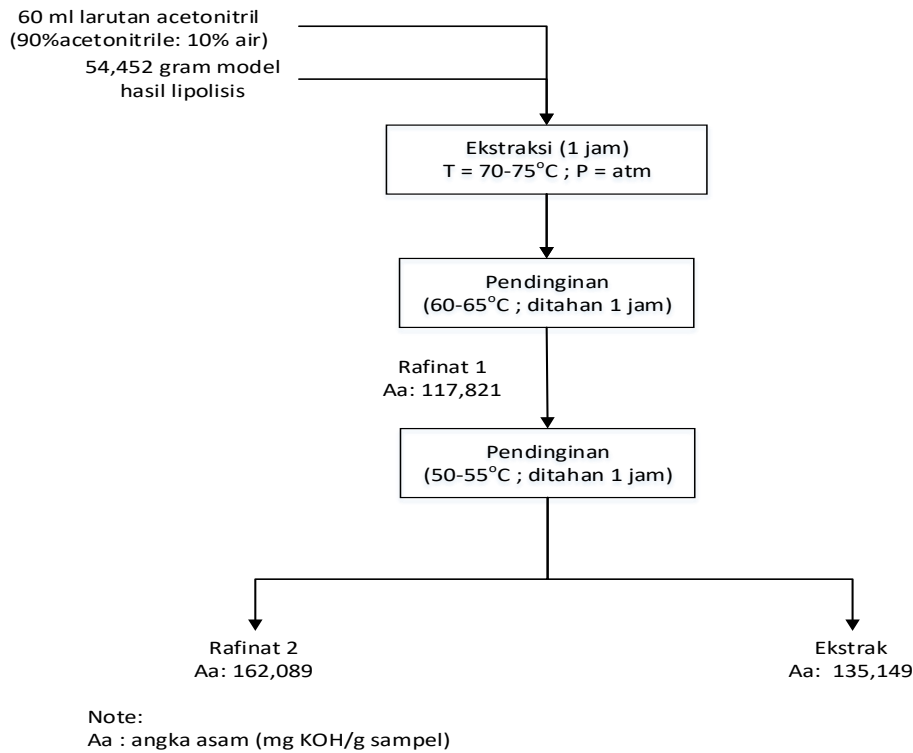
Gambar 2. Profil angka asam ekstrak dan rafinat dengan perbandingan pelarut terhadap umpan 1:1.

Gambar 2 menunjukkan bahwa angka-angka asam ekstrak dan rafinat yang diperoleh tidak memiliki perbedaan yang signifikan, hanya sekitar 50 mg KOH/g sampel. Ekstrak dan rafinatnya memiliki angka asam sebesar 131,8 dan 172 mg KOH/g sampel untuk pelarut 50% DCM-50% DEE. Berdasarkan hasil yang diperoleh, campuran pelarut DCM-DEE bukan pelarut yang baik untuk mengekstraksi gliserida sisa dari asam lemak hasil lipolisis walaupun secara analisis parameter kelarutan Hildebrand dinilai potensial. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai parameter-parameter kelarutan GMS dan asam-asam lemak lebih kecil dari perbedaan nilai parameter-parameter diklorometan dan dietil eter; akibatnya GMS dan asam lemak saling melarutkan di fasa ekstrak maupun fasa rafinat, sehingga GMS dan asam-asam lemak saling melarutkan di fraksi ekstrak maupun rafinat. Karena campuran pelarut DCM-DEE tidak memberikan hasil yang memuaskan pada proses ekstraksi model hasil lipolisis, maka ditelusuri keefektifan pelarut lainnya untuk memisahkan GMS dari asam lemak.

3.2. Pelarut Asetonitril

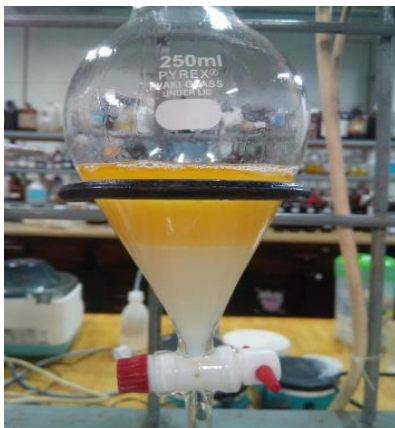
Pelarut lainnya yang dicoba untuk memisahkan GMS dari asam lemak adalah asetonitril. Menurut US Patent 2705723 yang diberikan kepada (Hoerr, 1955), asetonitril berkeandungan air 5-20%-b dapat digunakan untuk memisahkan asam lemak jenuh dan tak jenuh. GMS merupakan monogliserida jenuh, sedangkan PFAD mengandung campuran asam lemak jenuh dan tak jenuh, mayoritas palmitat dan oleat. Penggunaan asetonitril diharapkan dapat memisahkan fraksi tak jenuh (oleat) dari komponen jenuh (palmitat dan stearat) yang ada di hasil lipolisis, sehingga asetonitril dapat memisahkan GMS dan PFAD dengan lebih baik dari pelarut yang digunakan sebelumnya. Variasi dilakukan pada konsentrasi air di dalam asetonitril. Variasi pertama adalah larutan asetonitril air 90%-10%.

Kondisi operasi pada proses pemisahan dilakukan berdasarkan pada US Patent 2705723 (1955) tersebut dan Patent Specification GB682797 dari Aktiebolaget Separator (1952). Campuran model hasil lipolisis dan pelarut asetonitril-air 90%-10% dipanaskan pada suhu 70-75°C selama 1 jam, lalu diturunkan suhunya menjadi 60-65°C dan dibiarkan selama 1 jam untuk memberikan waktu terbentuknya presipitat (rafinat 1). Presipitat dipisahkan dengan penyaringan pada 60-65°C tersebut dan filtratnya diturunkan lagi suhunya menjadi 50-55°C dan dibiarkan selama 1 jam. Presipitat yang terbentuk (rafinat 2) disaring pada suhu yang sama dan filtratnya kemudian didistilasi untuk mendapatkan ekstrak. Diagram blok proses ekstraksi ini dan hasil analisis angka asamnya ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok proses ekstraksi model hasil lipolisis dengan larutan asetonitril 90%.

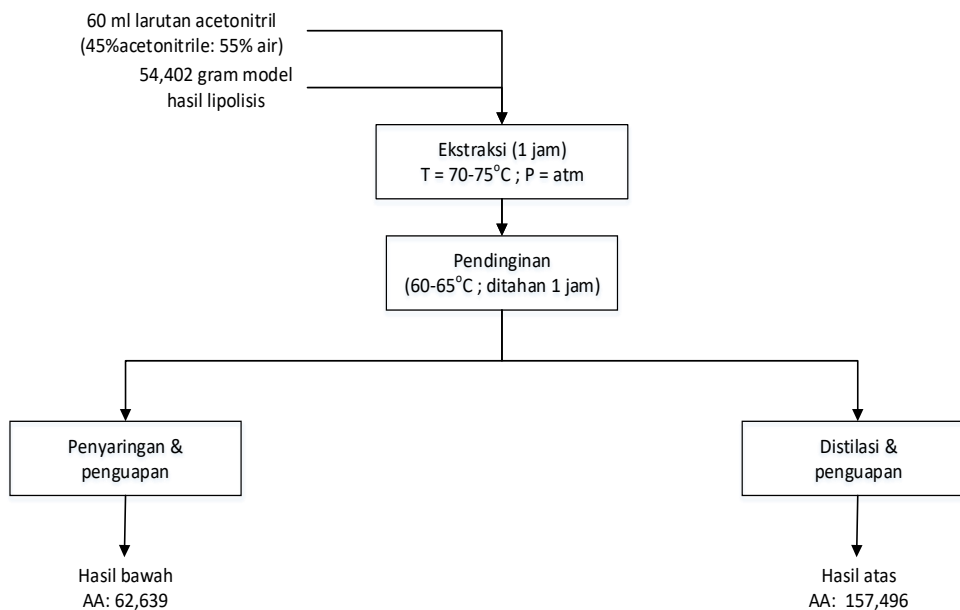
Hasil percobaan menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan umpan yang beratnya sekitar 54,5 gram, jumlah rafinat 1 dan rafinat 2 sangat sedikit, masing-masing hanya 0,893 dan 0,728 gram. Diduga, pada temperatur di atas 50°C, sebagian besar gliserol monostearat masih mampu larut di dalam pelarut asetonitril berkadar air 10%, sehingga ketika disaring padatan yang diperoleh relatif sedikit. Oleh karena itu, kadar air kemudian ditingkatkan menjadi 55%-b (jadi pelarutnya adalah larutan akuatik 45%-b asetonitril). Proses ekstraksi yang dilaksanakan mirip dengan proses ekstraksi dengan larutan asetonitril 90%. Pada penurunan suhu ke 60-65°C ternyata sudah terbentuk 2 lapisan yang bisa dipisahkan menggunakan corong pemisah. Penampakan hasil ekstraksi model hasil lipolisis dengan larutan asetonitril 45% ditampilkan pada Gambar 4. Fasa bawah adalah fasa air sedangkan fasa atas adalah fasa asetonitril (massa jenis asetonitril adalah 0,786 g/ml). Diagram blok proses ekstraksi model hasil lipolisis dengan larutan asetonitril 45% beserta hasil analisis samnya ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Penampakan hasil ekstraksi model hasil lipolisis dengan larutan asetonitril 45%.

Seperti ditunjukkan pada gambar 5, angka-angka asam hasil atas dan hasil bawah masing-masing adalah 157,5 dan 62,6 mg KOH/g sampel. Dengan perbandingan pelarut terhadap model hasil lipolisis yang hanya 1:1, hasil ini sudah sangat menjanjikan. Angka asam hasil bawahnya adalah yang nilai paling rendah di antara angka asam hasil-hasil ekstraksi lainnya yang telah dilakukan

dengan perbandingan volume pelarut terhadap model hasil lipolisis 1:1, sekalipun massa hasil bawah tersebut sangat kecil, yakni kurang dari 1 gram. Angka asam hasil atasnya juga lebih kecil dari angka asam model hasil lipolisis. Ini mungkin karena ada asetonitril yang masih terkandung di dalamnya, sekalipun temperatur distilasi sudah lebih tinggi dari titik didih asetonitril (82°C).



Note:

AA : angka asam (mg KOH/g sampel)

Gambar 5. Diagram blok proses ekstraksi model hasil lipolisis dengan larutan asetonitril 45%.

4. Conclusion

Pemisahan gliserida-glisericida sisa dari asam-asam lemak hasil lipolisis minyak sawit dengan pelarut diklorometan-dietil eter memberikan hasil yang masih kurang baik. Hasil ekstraksi yang paling bagus diantara variasi campuran diklorometan-dietil eter adalah campuran pelarut 50% DCM – 50% DEE dengan angka asam ekstrak dan rafinatnya sebesar 131,820 dan 172,712 mg KOH/g sampel. Selain diklorometan-dietil eter, pelarut lain yang digunakan pada proses ekstraksi model hasil lipolisis minyak sawit adalah asetonitril. Diantara pelarut yang telah digunakan dalam proses ekstraksi model hasil lipolisis dengan perbandingan pelarut terhadap umpan 1:1, pelarut larutan asetonitril 45% memberikan hasil yang paling baik karena angka asam hasil bawahnya dapat mencapai 62,6 mg KOH/g sampel.

References

- European Pharmacopoeia 10.0. (2019). In *European Pharmacopoeia 10.0* (10th ed.). council of Europe.
- Hasrul Abdi Hasibuan, Muhammad Anshari, & M. Erlangga Habibi Nasution. (2024). *Asam Lemak Berbasis Minyak Sawit dan Minyak Inti sawit : Proses Produksi dan Stabilitas Warna*.
- Hoerr, C. W. (1955). *Separation of Oleic Acid from Stearic and Palmitic Acids* (Patent US2705723).
- Istyami, A. N., Hernas Soerawidjaja, T., Prakoso, T., & Penia Kresnowati, T. A. (2018). Performance of Various Organic Solvents as Reaction Media in Plant Oil Lipolysis with Plant Lipase. *Reaktor*, 18(2), 71. <https://doi.org/10.14710/reaktor.18.2.71-75>
- Jegannathan, K. R., & Nielsen, P. H. (2013). Environmental assessment of enzyme use in industrial production-a literature review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 42, pp. 228–240). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.005>
- Kurt N.H, & Welch E.A. (1955). *Method of Obtaining Concentrated Monoglycerides* (Patent US2727913A.).

- Maulinda Leni, Nasrul ZA, & Nurbaity. (2017). Hidrolisis Asam Lemak Dari Buah Sawit Sisa Sortiran. *Jurnal Teknologi Kimia Unima*, 6(2), 1–15.
- Nitbani, F. O., Tjitda, P. J. P., Nurohmah, B. A., & Wogo, H. E. (2020). Preparation of fatty acid and monoglyceride from vegetable oil. *Journal of Oleo Science*, 69(4), 277–295. <https://doi.org/10.5650/jos.ess19168>
- O'brien, R. D., & Wan, W. E. (2000). *Introduction to Fats and Oils Technology*. AOCS Press.
- Setyaningsih, D., Suwarna, M. A., & Muna, N. (2020). The effect of solvent type and temperature on mono-diacylglycerol purification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 460(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/460/1/012037>
- Surani, & Cahyo Puji Asmoro. (2022). Pengaruh Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Asam Lemak Dari Mikroalga. *Integrated Lab Journal* , 10(01), 48–54.