

Pengaruh Variasi Tekanan Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Membran Polisulfon Ultrafiltrasi

Muhammad Hamzah Alhusaini^{*1}, Selastia Yuliati^{*2}, Muhammad Yerizam^{*3}

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: ¹m.hamzahalhusaini@gmail.com, ²selastiyuliati@yahoo.com, ³yerizam@polsri.ac.id

Abstrak

Teknologi membran telah banyak digunakan dalam berbagai industri, salah satunya adalah pengolahan makanan. Polisulfon adalah polimer hidrofobik dan merupakan salah satu polimer yang dapat digunakan dalam proses ultrafiltrasi. Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah dipakai berulang kali hingga mengalami perubahan fisik seperti warna yang berubah menjadi kecoklatan, kental, dan berbusa. Penelitian mengenai pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben telah banyak dilakukan, namun metode tersebut memiliki kelemahan yaitu memungkinkan tertinggalnya adsorben di dalam minyak. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat membran polisulfon untuk memurnikan minyak jelantah. Membran akan dibuat dengan menggunakan pelarut DMAc dan aditif PEG. Minyak jelantah akan dilewatkan melalui membran polisulfon secara ultrafiltrasi. Dalam penelitian ini, digunakan minyak goreng bekas dari salah satu restoran di kota Palembang. Pada penelitian, membran dibuat dengan komposisi 18% PSf : 60% DMAc : 22% PEG. Tekanan operasi akan diatur dengan variasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 dan 2,0 bar. Dari penelitian uji fluks didapatkan rata-rata fluks tertinggi sebesar 16,27959 L/m².jam, diperoleh pada tekanan 2,0 bar. Kondisi optimum penurunan parameter pada minyak goreng bekas didapatkan dari sampel pada tekanan 0,5 bar. Nilai rejeksi terbaik bagi parameter minyak goreng bekas seperti kadar ALB, kadar air, bilangan peroksida dan densitas didapatkan pada tekanan 0,5 bar. Semakin tinggi tekanan operasi membran, maka nilai rejeksi membran akan menurun karena hal ini erat kaitannya dengan deformasi membran.

Kata kunci: Membran, Minyak Goreng Bekas, Polisulfon, Ultrafiltrasi.

Effect of Pressure Variations on Used Cooking Oil Purification Using Ultrafiltration Polysulphone Membranes

Abstract

Membrane technology has been widely used in various industries, one of which is food processing. Polysulfone is a hydrophobic polymer and is one of the polymers that can be used in the ultrafiltration process. Used cooking oil is cooking oil that has been used repeatedly until it undergoes physical changes such as the color turning brown, thick, and foamy. Many researches on the purification of used cooking oil using adsorbents have been carried out, but this method has the disadvantage of allowing the adsorbent to remain in the oil. The purpose of this research is to make a polysulfone membrane to purify used cooking oil. The membrane will be made using DMAc solvent and PEG additive. The cooking oil will be passed through the polysulfone membrane by ultrafiltration. In this study, used cooking oil from a restaurant in the city of Palembang was used. In this study, the membrane was made with a composition of 18% PSf : 60% DMAc : 22% PEG. The operating pressure will be set with a variation of 0.5 ; 1.0 ; 1.5 and 2.0 bars. From the flux test, the highest average flux was 16,27959 L/m².hour, obtained at a pressure of 2.0 bar. The optimum condition for decreasing the parameters of used cooking oil was obtained from the sample at a pressure of 0.5 bar. The best rejection values for used cooking oil parameters such as ALB content, moisture content, peroxide value and density were obtained at a pressure of 0.5 bar. The higher the membrane operating pressure, the membrane rejection value will decrease because this is closely related to membrane deformation.

Keywords: Membrane, Polysulfone, Used Cooking Oil, Ultrafiltration.

1. PENDAHULUAN

Teknologi membran telah banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti produksi air minum, pengolahan makanan dan minuman dan lain sebagainya. Proses membran adalah metode pemisahan menggunakan membran dengan adanya bantuan gaya dorong tekanan, dimana komponen yang memiliki ukuran molekul yang lebih kecil dari diameter pori akan melewati membran sedangkan ukuran molekul yang lebih besar dari diameter pori akan tertahan pada permukaan membran. Media filtrasi berupa membran memiliki keunggulan hemat energi, pengoperasian yang sederhana, mudah di-scale up, serta ramah lingkungan [1].

Polisulfon adalah polimer hidrofobik dan merupakan salah satu polimer yang dapat digunakan dalam proses ultrafiltrasi [2]. Polisulfon merupakan keluarga polimer termoplastik. Polisulfon banyak digunakan sebagai bahan dasar membran untuk berbagai aplikasi industri. Membran polisulfon banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain kekuatan mekanis yang tinggi, tahan terhadap suhu dan pH tinggi dan kestabilan kimia yang baik [3].

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah dipakai berulang kali hingga mengalami perubahan fisik seperti warna yang berubah menjadi kecoklatan, kental, dan berbusa. Minyak yang rusak ini diakibatkan adanya proses oksidasi dan polimerisasi yang menghasilkan bahan pangan dengan rasa dan bau yang tidak enak [4]. Minyak goreng bekas sudah tidak layak untuk dikonsumsi. Minyak goreng bekas dapat menyebabkan keracunan dalam tubuh dan dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit [5].

Penelitian pemurnian minyak goreng bekas telah banyak dilakukan, seperti pemurnian minyak goreng bekas menggunakan adsorben. Namun, pemurnian minyak goreng bekas menggunakan adsorben memiliki kelemahan karena memungkinkan partikel-partikel adsorben tertinggal di dalam minyak hingga sulit dipisahkan [4]. Pemurnian menggunakan karbon aktif juga memungkinkan tertinggalnya logam pada minyak hasil rekoveri. Logam seperti Zn biasanya digunakan pada proses aktivasi karbon aktif [6]. Penelitian tentang pemurnian minyak goreng bekas dengan menggunakan membran telah dilakukan, salah satunya dengan menggunakan membran *nata de coco*, produk hasil rekoveri minyak goreng bekas menggunakan membran *nata de coco* mengalami peningkatan kualitas dibanding sebelum direkoveri dilihat dari pengurangan bilangan asam dan kadar airnya [4]. Pemurnian minyak goreng bekas menggunakan membran polisulfon ultrafiltrasi diharapkan dapat menjadi inovasi dalam proses mengurangi kadar-kadar pada minyak goreng bekas, seperti kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida, sehingga nantinya minyak goreng bekas dapat dimanfaatkan kembali. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan melakukan inovasi dalam proses pemurnian minyak goreng bekas menggunakan membran polisulfon ultrafiltrasi serta menurunkan parameter kadar pencemar minyak goreng bekas seperti kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama bulan Mei-Juli 2022 di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah, erlenmeyer, labu ukur, pipet ukur, bola karet, plat kaca, kaca arloji, spatula, stopwatch, pengaduk kaca, piknometer, neraca analitik dan seperangkat alat ultrafiltrasi. Sedangkan, bahan yang digunakan adalah polisulfon, dimetilasetamida (DMAc), polietilen glikol (PEG), NaOH, KI, Na₂S₂O₃, amilum, kloroform, asam asetat glasial, etanol, indikator PP dan aquadest.

2.3. Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Pada penelitian, variabel tetap yang digunakan adalah suhu sebesar 70°C dan kecepatan pengadukan 700 rpm pada pembuatan membran serta komposisi membran yaitu 18% PSf, 60% DMAc dan 22% PEG. Sedangkan, variabel tidak tetapnya adalah tekanan ketika pengaplikasian membran dengan variasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 dan 2,0 bar.

2.4. Prosedur Penelitian

2.4.1. Pembuatan Membran Polisulfon

Awal pembuatan larutan *casting* yaitu dengan menyiapkan polisulfon sebanyak 18% w/w, dilarutkan dalam 60% w/w pelarut DMAc kemudian ditambahkan zat aditif PEG sebanyak 22% w/w. Campuran diaduk dengan magnetic stirrer selama 3 jam atau hingga dihasilkan larutan *casting* yang homogen.

Larutan casting didiamkan ke dalam bak yang berisi air dingin untuk menghilangkan gelembung-gelembung yang terdapat dalam larutan. Larutan casting dituangkan ke atas plat kaca yang telah diberi pembatas selotip di bagian pinggir plat kaca, sehingga ketebalan membran yang dihasilkan mengikuti ketebalan selotip. Larutan casting yang dituangkan pada plat kaca kemudian ditarik secara merata satu arah ke seluruh bagian permukaan kaca menggunakan pengaduk kaca. Plat kaca selanjutnya dimasukkan segera ke dalam bak koagulasi. Membran akan terlepas dari plat kaca dengan sendirinya setelah proses solidifikasi membran kemudian membran dicuci menggunakan aquadest untuk menghilangkan sisa pelarut.

2.4.2. Pembuatan Membran Polisulfon

Menyiapkan minyak goreng bekas sebanyak 3 liter sebagai umpan. Menganalisis kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida minyak goreng bekas sebagai sampel awal. Lalu, menyiapkan alat ultrafiltrasi sebagai media aplikasi membran untuk pemurnian minyak goreng bekas. Membran polisulfon dimasukkan ke dalam modul membran. Selanjutnya, minyak goreng dialirkan melewati membran polisulfon dengan variasi tekanan 0,5 ; 1,0 ; 1,5 dan 2,0 bar. Menampung permeat yang keluar dari bagian bawah modul membran. Lakukan analisis kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida minyak yang keluar sebagai permeat.

2.5. Analisis

Analisis minyak goreng bekas meliputi kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Membran Polisulfon

Sebelum melakukan proses filtrasi menggunakan membran, dibutuhkan membran polisulfon dengan variasi 18% polisulfon, 60% DMAc dan 22 % PEG. Polisulfon dilarutkan dalam DMAc, lalu ditambahkan PEG dan diaduk selama 3-4 jam. Membran polisulfon yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1.

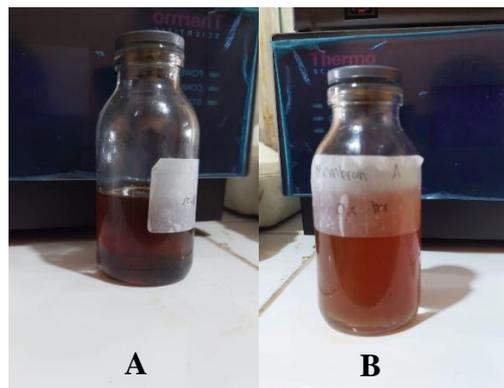


Gambar 1. Membran Polisulfon Ultrafiltrasi

3.2. Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng yang telah dipakai berulang pada suhu tinggi akan menurunkan mutu minyak goreng yang antara lain ditunjukkan oleh warna yang makin gelap dan bau tengi, serta dilihat dari kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida yang meningkat. Minyak goreng bekas yang sudah tak layak dikonsumsi dapat menyebabkan keracunan dan mengakibatkan berbagai macam penyakit.

Membran polisulfon mampu menurunkan kadar ALB, kadar air dan bilangan peroksida yang terdapat di dalam minyak goreng bekas dilihat dari warna dan penurunan kadar pencemar setelah dilewatkan membran. Hal ini dikarenakan kadar pencemar tertahan ketika minyak goreng bekas dilewatkan membran polisulfon. Minyak goreng bekas sebelum dan setelah dilewatkan membran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Minyak Jelantah Sebelum (A) dan Setelah (B) dilewatkan Membran Polisulfon

3.3. Hasil Analisis Minyak Goreng Bekas

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel awal, diperoleh data hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Awal Minyak Goreng Bekas

No.	Parameter	Satuan	Jumlah Kandungan
1.	ALB	%	1,54
2.	Kadar Air	%	0,28
3.	Bilangan Peroksida	Mg O ₂ /100 gr	8,77
4.	Berat Jenis	g/cm ³	0,9133
5.	pH	-	4,7

Tabel 2. Data Hasil Analisa Minyak Goreng Bekas Setelah Dilewatkan Membran

Tekanan (Bar)	Kadar ALB (%)	Kadar Air (%)	Bilangan Peroksida (meq)
0,5	0,50	0,19	3,99
1,0	0,65	0,19	4,92
1,5	0,70	0,24	4,93
2,0	0,77	0,25	5,84

Tabel 3. % Rejeksi Minyak Goreng Setelah Dilewatkan Membran

Tekanan (Bar)	Rejeksi Kadar ALB (%)	Rejeksi Kadar Air (%)	Rejeksi Bilangan Peroksida (%)
0,5	67,32	30,63	54,49
1,0	57,52	30,57	43,90
1,5	54,25	12,71	43,79
2,0	49,69	11,01	33,46

3.4. Kinerja Membran Polisulfon

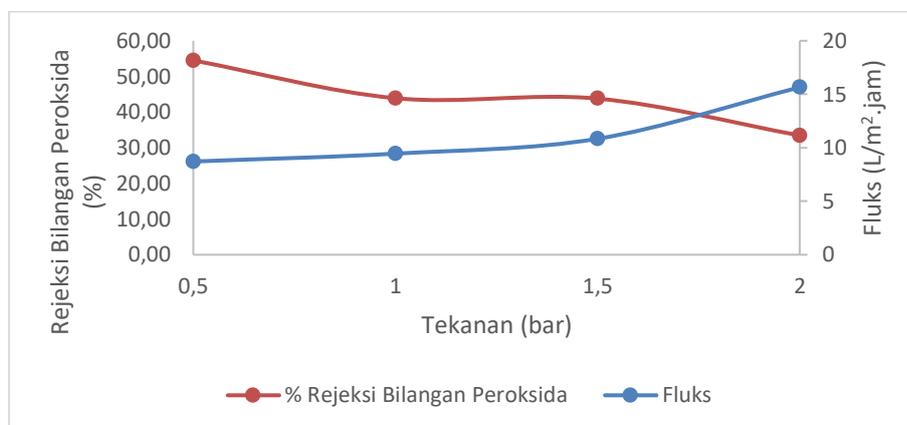
Pada penelitian dilakukan uji kinerja membran untuk mengetahui efisiensi membran. Kinerja membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi. Fluks adalah banyaknya spesi yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran per satuan waktu. Grafik hubungan antara membran dan fluks rata-rata tiap tekanan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa fluks mengalami kenaikan tiap kenaikan tekanan. Rata-rata fluks tertinggi yaitu pada saat tekanan 2 bar, sedangkan rata-rata fluks terendah yaitu pada saat tekanan 0,5 bar. Hal ini dikarenakan ketika tekanan dinaikkan maka tekanan tersebut akan meningkatkan kemungkinan terjadinya deformasi yaitu dimana pori-pori membran tersebut membesar, sehingga menyebabkan fluks membran tersebut meningkat. Sedangkan, ketika tekanan operasi rendah maka deformasi pada membran memiliki kemungkinan yang kecil [7].

Rejeksi didefinisikan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Dalam penelitian ini, kinerja membran polisulfon ditentukan dari kemampuan membran polisulfon dalam merejeksi kadar alb dan bilangan peroksida.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa % rejeksi ALB berkisar antara 46,69% - 67,32%, meskipun terjadi penurunan rejeksi seiring bertambahnya tekanan, namun dapat dilihat bahwa membran polisulfon dengan

komposisi 18% Polisulfon : 64% DMAc : dan 22% PEG dapat menurunkan kadar ALB dengan nilai yang cukup signifikan. Kadar ALB pada sampel awal sebesar 1,54% dapat turun hingga ke angka 0,5% pada tekanan 0,5 bar.



Gambar 5. Pengaruh Tekanan terhadap Rejeksi Bilangan Peroksida

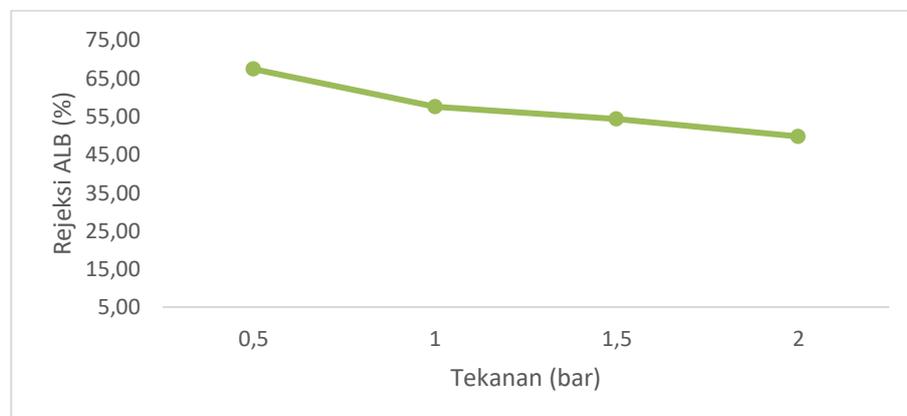
Pada Gambar 3 terlihat bahwa % rejeksi bilangan peroksida berkisar antara 33,46% - 54,49%, meskipun terjadi penurunan rejeksi seiring bertambahnya tekanan, namun dapat dilihat bahwa membran polisulfon dengan komposisi 18% Polisulfon : 64% DMAc : dan 22% PEG dapat menurunkan bilangan peroksida dengan nilai yang cukup signifikan. Bilangan peroksida pada sampel awal sebesar 8,77 meq dapat turun hingga ke nilai terendah 3,99 meq pada tekanan 0,5 bar. Angka ini jauh dibawah standar bilangan peroksida yang diizinkan SNI untuk minyak goreng yaitu 10 meq.

Dapat dilihat dari grafik bahwa pada tekanan 2 bar memiliki angka rejeksi yang lebih kecil bila dibandingkan pada tekanan 0,5 bar. Hal ini terjadi karena umpan didorong melalui membran pada kecepatan tinggi sehingga terjadi deformasi (pelebaran pori membran) dan kadar parameter pada umpan yang berada pada permukaan membran ikut menembus membran bersama umpan [8]. Artinya, semakin tinggi tekanan pada umpan, maka akan menurunkan angka rejeksi.

3.5. Pengaruh Tekanan Operasi terhadap Rejeksi

3.5.1. Rejeksi ALB

Asam lemak bebas dalam minyak merupakan asam lemak jenuh yang mengandung kolesterol, dimana hal ini tidak baik untuk dikonsumsi berkepanjangan [9]. Semakin tinggi asam lemak bebas pada minyak, maka semakin menurun pula kualitas minyak tersebut sehingga minyak tersebut tak layak konsumsi. Pada penelitian, dianalisa asam lemak bebas sebelum dan sesudah dilewatkan membran untuk mengetahui kualitas minyak tersebut. Dalam penelitian, tekanan operasi divariasikan menjadi 0,5 ; 1 ; 1,5 dan 2 bar. Grafik hubungan tekanan terhadap koefisien rejeksi ALB pada minyak goreng bekas yang dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 6. Hubungan antara Tekanan terhadap % Rejeksi ALB

Dapat dilihat pada grafik bahwa seiring penambahan tekanan pada tiap membran mengakibatkan penurunan nilai rejeksi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi tekanan mengakibatkan semakin tinggi fluks sehingga semakin

cepat aliran limbah melewati membran, sehingga kemungkinan partikel untuk lolos melewati membran semakin besar [10]. Kemungkinan adanya deformasi (pelebaran pori) akibat semakin tingginya tekanan juga mengakibatkan partikel lebih mudah untuk lolos melewati pori membran, sehingga nilai koefisien rejeksi membran pada tekanan tinggi akan semakin menurun [7].

3.5.2. Rejeksi Kadar Air

Kadar air dalam minyak adalah banyaknya air yang terkandung dalam minyak. Kadar air dapat mempengaruhi mutu minyak, semakin tinggi kadar air dalam minyak maka semakin rendah mutu minyak tersebut [11]. Hal ini berarti kadar air mempengaruhi kualitas minyak goreng.

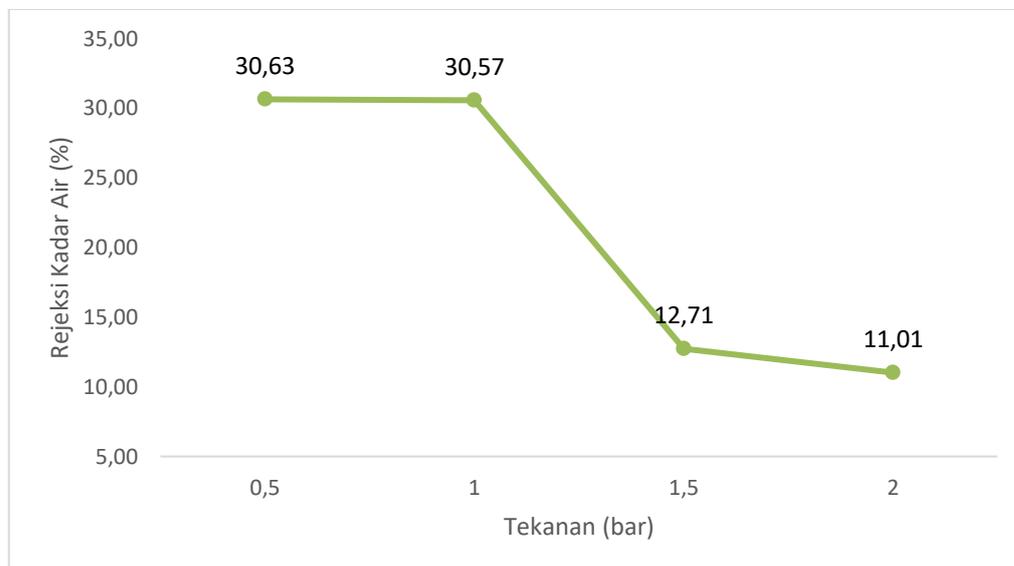
Pada penelitian, tekanan operasi divariasikan menjadi 0,5 ; 1 ; 1,5 dan 2 bar, grafik hubungan antara tekanan dengan koefisien rejeksi kadar air dapat dilihat pada Gambar 5.

Dapat dilihat dari grafik bahwa % rejeksi pada kadar air berbanding terbalik dengan tekanan, dimana semakin tinggi tekanan maka % rejeksi kadar air pun semakin menurun. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan meningkatnya kadar asam lemak bebas, karena pada reaksi pembentukan asam lemak bebas pada minyak melibatkan air sebagai reaktannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi pula kadar asam lemak bebas pada minyak [12].

3.5.3. Rejeksi Bilangan Peroksida

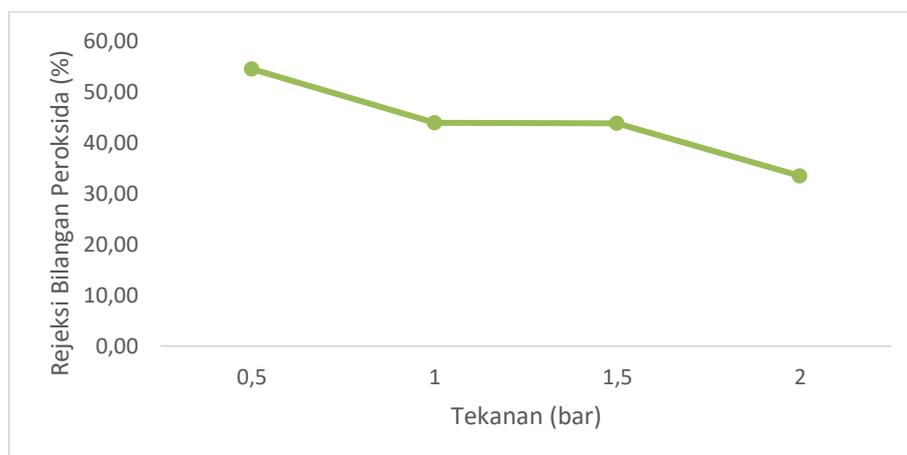
Bilangan peroksida merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas minyak goreng. Bilangan peroksida yang tinggi menandakan minyak telah teroksidasi yang ditandai dengan minyak berbau tengik [13]. Bilangan peroksida yang tinggi melebihi syarat mutu yang ditetapkan SNI menandakan minyak goreng tersebut sudah tidak layak konsumsi.

Pada penelitian, tekanan operasi divariasikan menjadi 0,5 ; 1 ; 1,5 dan 2 bar, grafik hubungan antara variasi tekanan dengan koefisien rejeksi bilangan peroksida dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Hubungan antara Tekanan terhadap % Rejeksi Kadar Air

Persen penurunan rejeksi pada bilangan peroksida berbanding terbalik seiring meningkatnya tekanan. Ketika tekanan meningkat, maka persen rejeksi bilangan peroksida pun menurun, kemungkinan hal ini terjadi karena semakin meningkatnya tekanan maka kemungkinan deformasi pun semakin meningkat sehingga partikel yang tertahan di pori membran semakin menurun. Pada beberapa penelitian mengungkapkan bahwa bilangan peroksida dapat berpengaruh kepada tubuh manusia apabila terus menerus dikonsumsi dalam jangka panjang, dapat menyebabkan meningkatnya resiko terhadap beberapa penyakit, seperti karsinoma. Bilangan peroksida yang tinggi dan bau tengik menandakan bahwa minyak sudah tidak layak digunakan lagi karena bersifat toksik yang dapat membahayakan kesehatan [13].



Gambar 8. Hubungan antara Tekanan terhadap % Rejeksi Bilangan Peroksida

4. KESIMPULAN

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa rejeksi tertinggi didapatkan dari tekanan operasi 0,5 bar dengan nilai rejeksi ALB sebesar 67,32%, kadar air sebesar 30,63% dan bilangan peroksida sebesar 54,49%. Produk minyak jelantah yang dihasilkan masih belum memenuhi standar SNI minyak goreng karena kandungan yang terdapat dalam produk minyak jelantah masih tinggi terutama pada kandungan asam lemak bebas dan kadar air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mustabsyirah *et al.*, "Peningkatan Kinerja Membran Polietersulfon (PES) dengan Modifikasi Menggunakan Aditif Hidrofilik," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2656–2662, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i1.3828.
- [2] B. Arifin and S. Aprilia, "Membran Polisulfon untuk Pengolahan Air: Dengan dan Tanpa Pra Perlakuan Koagulasi secara Ultrafiltrasi," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 10, no. 1, Jun. 2014, doi: 10.23955/rkl.v10i1.2172.
- [3] H. T. V. Nguyen *et al.*, "Preparation and characterization of a hydrophilic polysulfone membrane using graphene oxide," *J. Chem.*, vol. 2019, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1155/2019/3164373.
- [4] S. Widyarningsih and P. Purwati, "Pemanfaatan Membran Nata De Coco Sebagai Media Filtrasi Untuk Rekoveriminyak Jelantah," *Molekul*, vol. 8, no. 1, pp. 20–30, 2013, doi: 10.20884/1.jm.2013.8.1.122.
- [5] A. Prihanto and B. Irawan, "Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas Menjadi Sabun Mandi," *Metana*, vol. 14, no. 2, pp. 55–59, 2018, doi: 10.14710/metana.v15i1.22966.
- [6] L. O. Sumarlin, L. Mukmillah, and R. Istianah, "Analisis Mutu Minyak Jelantah Hasil Peremajaan Menggunakan Tanah Diatomit Alami dan Terkalsinasi," *Valensi*, vol. 1, no. 4, pp. 171–180, 2009.
- [7] S. Notodarmojo and D. Anne, "Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End," *Proceeding ITB Sains dan Teknol.*, vol. 36 A, no. 1, pp. 63–82, 2004.
- [8] J. A. Pinem and M. H. Adha, "Kinerja Membran Reverse Osmosis Terhadap Rejeksi Kandungan Garam Air Payau Sintetis: Pengaruh Variasi Tekanan Umpan," *Semin. Nas. Tek. Kim. Oleo Petrokimia Indones.*, pp. 1–7, 2008.
- [9] D. S. Sopianti, H. Herlina, and H. T. Saputra, "PENETAPAN KADAR ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK GORENG," *J. Katalisator*, vol. 2, no. 2, p. 100, Oct. 2017, doi: 10.22216/jk.v2i2.2408.
- [10] Y. Nastiti, S. Daud, and S. Herman, "Penyisihan Warna, Zat Organik dan Kekeruhan pada Air Gambut dengan Kombinasi Proses Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat (Al₂(SO₄)₃) dan Membran Ultrafiltrasi," *JOM FTEKNIK*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, Oct. 2015.
- [11] Y. Hutabarat, "Penentuan Bilangan Asam dan Kadar Air pada Minyak Goreng Curah yang Dijual di Pasaran," Medan, Aug. 2021.
- [12] I. F. Ulfindrayani and Q. A'yuni, "Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Kadar Air Pada Minyak

Goreng Yang Digunakan Oleh Pedagang Gorengan Di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya,” *J. Pharm. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–22, Jul. 2018.

- [13] A. S. Suroso, “Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air,” *J. Kefarmasian Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–88, Jun. 2013.