

Pengaruh Pac dan Variasi Tekanan Pada Pemurnian Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Polisulfon Ultrafiltrasi

Arga Romauli Sitohang^{*1}, Selastia Yulianti^{*2}, Abu Hasan^{*3}

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

Email: ¹argaromaulisitohang16@gmail.com, ²selastiyulianti@yahoo.com, ³abu_hasan@polsri.ac.id

Abstrak

Limbah cair tahu merupakan cairan kental, umumnya emulsi yang dihasilkan dari proses produksi tahu yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan hidup serta dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Penelitian mengenai pemurnian limbah cair tahu menggunakan adsorben telah banyak dilakukan, namun metode tersebut memiliki kelemahan yaitu memungkinkan tertinggalnya adsorben di dalam limbah. Penelitian mengenai pemurnian limbah cair tahu secara konvensional pun sudah banyak, namun hasilnya ternyata kandungan pencemar yang terdapat pada limbah tahu masih terlampaui tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat membran polisulfon untuk memurnikan limbah cair tahu. Polisulfon adalah polimer hidrofobik dan merupakan salah satu polimer yang dapat digunakan dalam proses ultrafiltrasi. Membran akan dibuat dengan menggunakan pelarut DMAc dan PEG 400. Limbah cair tahu akan dilewatkan melalui membran polisulfon secara ultrafiltrasi. Sebelum melalui membran, limbah cair tahu akan melewati proses koagulasi. Koagulan yang digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan dosis 2000 ppm. Tekanan operasi akan diatur dengan variasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; dan 2,0. Untuk analisa morfologi membran akan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Nilai rejeksi terbaik bagi parameter limbah cair tahu seperti COD, TDS, dan ammonia didapatkan pada tekanan 1,5 bar. Semakin tinggi tekanan operasi membran, maka nilai rejeksi membran akan menurun karena hal ini erat kaitannya dengan deformasi membran.

Kata kunci: *Limbah Cair Tahu, Membran, Polisulfon, Ultrafiltrasi.*

The Effect of Pac and Pressure Variations on Liquid Waste Purification Using Ultrafiltration Polysulphone Membranes

Abstract

Tofu liquid waste is a thick liquid, generally an emulsion produced from the tofu production process which can cause environmental damage and can cause disease in humans. Many researches on the purification of tofu liquid waste using adsorbents have been carried out, but this method has the disadvantage of allowing the adsorbent to remain in the waste. There have been many studies on conventional tofu liquid waste purification, but the result is that the pollutant content in tofu waste is still too high. The purpose of this research is to make a polysulfone membrane to purify tofu liquid waste. Polysulfone is a hydrophobic polymer and is one of the polymers that can be used in the ultrafiltration process. The membrane will be made using DMAc and PEG 400 solvents. Tofu liquid waste will be passed through a polysulfone membrane by ultrafiltration. Before going through the membrane, the tofu liquid waste will go through the coagulation process. The coagulant used was Poly Aluminum Chloride (PAC) with a dose of 2000 ppm. The operating pressure will be set with a variation of 0.5 ; 1.0 ; 1.5 ; and 2.0. For membrane morphology analysis, a Scanning Electron Microscope (SEM) will be used. The best rejection values for tofu liquid waste parameters such as COD, TDS, and ammonia were obtained at a pressure of 1.5 bar. The higher the membrane operating pressure, the membrane rejection value will decrease because this is closely related to membrane deformation.

Keywords: *Membrane, Tofu Liquid Waste, Ultrafiltration.*

1. PENDAHULUAN

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].

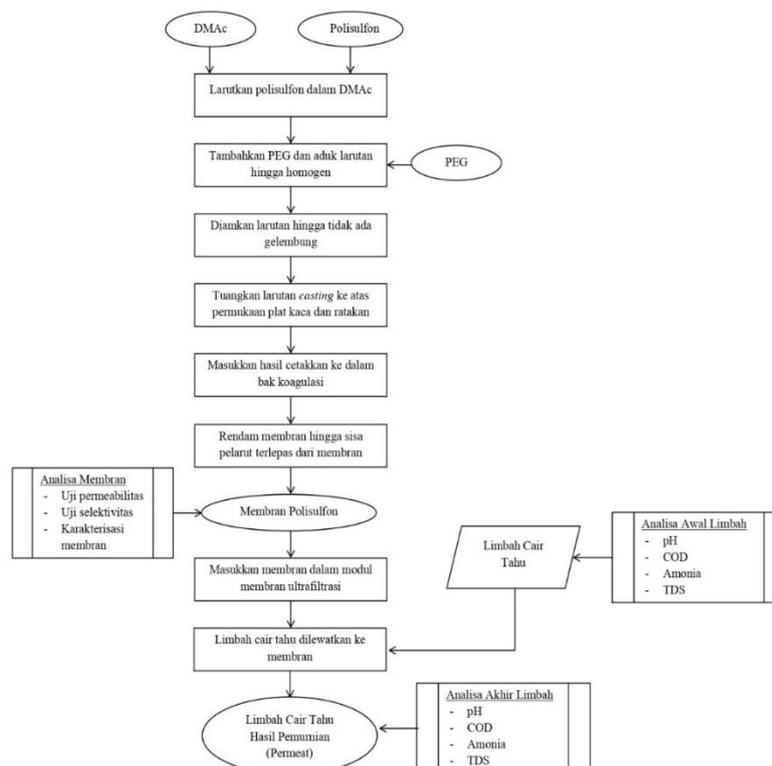
Limbah tahu merupakan salah satu penyebab kerusakan lingkungan hidup dan dapat menyebabkan penyakit kepada umat manusia. Limbah cair industri tahu dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu. [4]. Limbah cair industri tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh [5].

Penelitian mengenai pemurnian limbah cair tahu menggunakan adsorben telah banyak dilakukan, namun metode tersebut memiliki kelemahan yaitu memungkinkan tertinggalnya adsorben di dalam limbah. Penelitian mengenai pemurnian limbah cair tahu secara anaerobik tidak terlalu efektif yaitu efisiensinya sekitar 60-70% sehingga limbah masih mengandung pencemar organik cukup tinggi dan menimbulkan bau yang kurang sedap. [6]. Pemurnian limbah cair tahu menggunakan membran diharapkan dapat menjadi inovasi dalam proses mengurangi kadar-kadar pencemar dalam limbah cair tahu, seperti COD, TDS, ammonia dan pH, sehingga nantinya limbah cair tahu yang akan dibuang ke lingkungan tidak merusak lingkungan sekitarnya.

2. METODE PENELITIAN

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

Pada penelitian ini, variabel tetap yang digunakan adalah suhu sebesar 70°C dan kecepatan pengadukan 400 rpm pada pembuatan membran serta komposisi membran yaitu 18% PSf, 64% DMAc dan 18% PEG dan dosis PAC 2000 ppm. Sedangkan, variabel tidak tetapnya adalah tekanan operasi ketika pengaplikasian membran dengan variasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 dan 2,0 bar. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Limbah Cair Tahu

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

Tabel 1. Hasil Analisa Awal Limbah Cair Tahu

No.	Parameter	Satuan	Jumlah Kandungan	Standar yang diizinkan
1.	pH	-	4,79	6-9
2.	TDS	mg/L	1235	2000
3.	Amonia	mg/L	10,125	10
4.	COD	mg/L	621	300

Tabel 2. Data Hasil Analisa Limbah Cair Tahu Setelah Dilewatkan Membran dan Penambahan Koagulan PAC

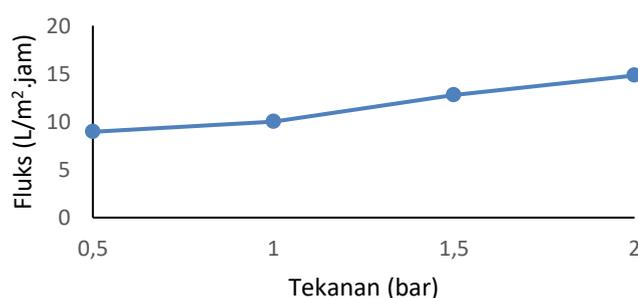
Tekanan (bar)	pH	TDS (mg/L)	Amonia (mg/L)	COD (mg/L)
0,5	6,77	1150	7,620	312
1	6,86	1102	6,775	307
1,5	6,97	1075	6,695	297
2	6,60	1080	6,700	304

Tabel 3. % Rejeksi Limbah Cair Tahu Setelah Dilewatkan Membran dan Penambahan Koagulan PAC

Tekanan (bar)	pH (%)	TDS (%)	Amonia (%)	COD (%)
0,5	41,34	6,88	24,74	49,76
1	43,22	10,77	33,09	50,56
1,5	45,51	12,96	33,88	52,17
2	37,79	12,55	33,83	51,05

3.2. 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 2.



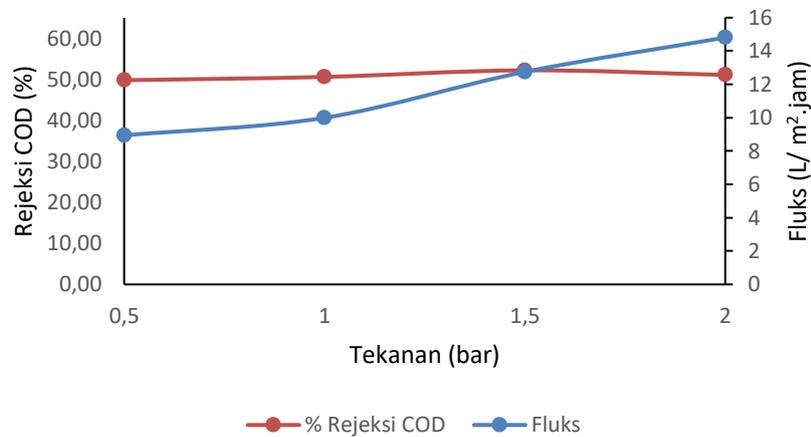
Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Fluks rata-rata Air Murni Terhadap Setiap Variasi Tekanan

Pada Gambar 2 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 [6].

Rejeksi didefinisikan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Dalam penelitian ini, kinerja membran polisulfon ditentukan dari kemampuan membran polisulfon dalam merejeksi COD, TDS, dan amonia.

3.3. Pengaruh Tekanan Operasi terhadap Rejeksi

3.3.1. Rejeksi COD

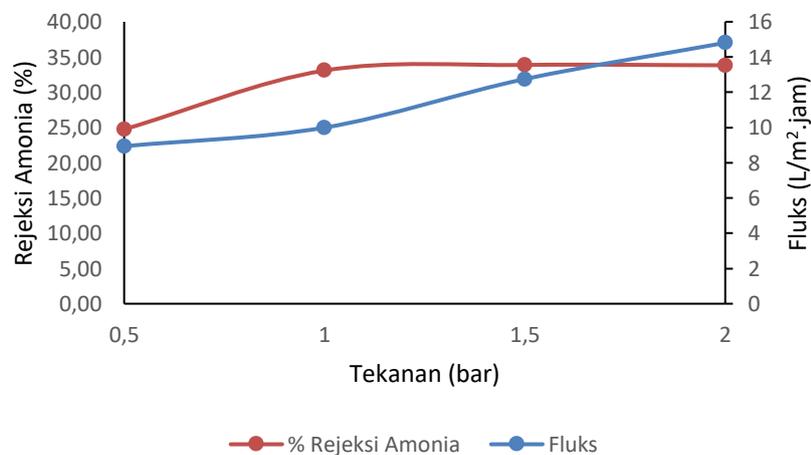


Gambar 3. Pengaruh Tekanan terhadap Rejeksi COD

Pada Gambar 3, angka %rejeksi COD meningkat, seiring dengan bertambahnya tekanan proses 1,5 bar, namun kemudian menurun ketika tekanan mencapai 2 bar. Pada tekanan terendah yaitu 0,5 bar, %rejeksi COD sebesar 49,76%, kemudian pada tekanan 1 bar performa membran meningkat hingga %rejeksi yang didapat mencapai 50,56%, dan %rejeksi COD tertinggi dicapai pada tekanan 1,5 bar dengan angka mencapai 52,17%. Namun, pada tekanan yang lebih tinggi yaitu 2 bar, %rejeksi yang dihasilkan menurun yaitu hanya mencapai 51,05%, sehingga trennya menurun. Hal ini dapat menjadi indikator bahwa membran polisulfon yang digunakan bekerja optimum pada tekanan 1,5 bar dengan nilai COD yang terendah yang dicapai yaitu sebesar 297 mg/L, nilai ini sudah termasuk dalam baku mutu lingkungan.

Namun untuk nilai COD pada tekanan 0,5; 1, dan 2 bar nilainya masih diatas baku mutu lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena adanya *chemical* seperti ion Na⁺ yang terdapat pada umpan limbah tahu dari hasil koagulasi, dimana ion ini tidak dapat dipisahkan oleh membran ultrafiltrasi dan masih dapat menembus pori – pori membran. Kemungkinan lainnya ialah limbah tahu mengandung senyawa berbahaya seperti formalin, dimana gugus fungsi aldehid dalam formalin ini juga tidak dapat dipisahkan lewat membran. Ukuran pori membran ultrafiltrasi adalah 0,01 µm sedangkan ion valensi 1 dan valensi 2 hanya bisa dipisahkan dengan jenis membran dengan ukuran pori yang lebih kecil seperti nanofiltrasi.

3.3.2. Rejeksi Amonia

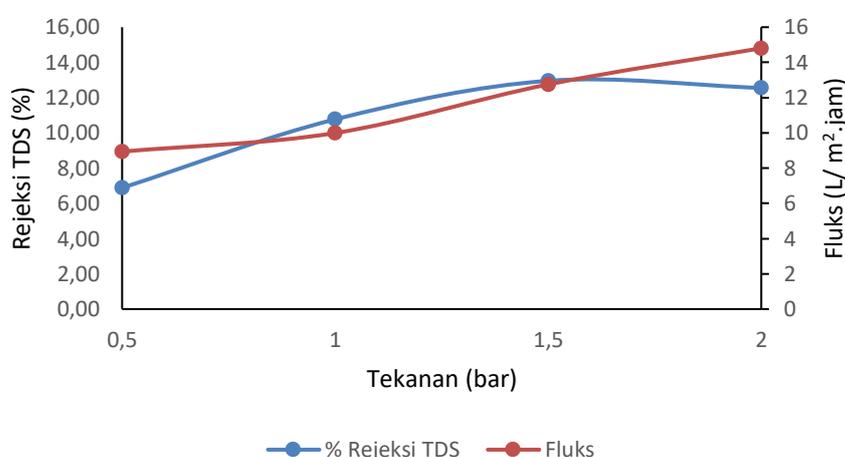


Gambar 4. Pengaruh Tekanan terhadap Rejeksi Amonia

Pada Gambar 4, terlihat bahwa %rejeksi sama dengan parameter COD, angka %rejeksi Amonia meningkat, seiring dengan bertambahnya tekanan operasi, namun kemudian %rejeksi Amonia mengalami penurunan ketika tekanan operasi naik hingga 2 bar. Pada tekanan terendah yaitu 0,5 bar, %rejeksi ammonia sebesar 24,74% kemudian pada tekanan 1 bar mengalami kenaikan yaitu sebesar 33,09%, nilai %rejeksi tertinggi dicapai pada tekanan 1,5 bar dengan degradasi mencapai 33,88%. Namun, pada tekanan yang lebih tinggi yaitu 2 bar, %rejeksi ammonia yang dihasilkan mengalami penurunan yaitu 30,86%. Dari hasil parameter ammonia, tekanan yang memberikan performa terbaik masih pada tekanan 1,5 bar.

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 [7]. Artinya, semakin tinggi tekanan pada umpan, maka akan menurunkan angka rejeksi.

3.3.3. Rejeksi TDS



Gambar 5. Pengaruh Tekanan terhadap Rejeksi Amonia

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hubungan antara variasi kenaikan antara fluks air murni dengan %rejeksi TDS terhadap tekanan operasi. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5, agak berbeda dari parameter yang lain untuk %rejeksi COD pada tekanan 0,5 mengalami kenaikan yang signifikan mencapai 6,88%, kemudian pada tekanan 1 bar performa membran mengalami kenaikan hingga %rejeksi yang mencapai 10,77%. Pada tekanan 1,5 bar %rejeksi membran mengalami kenaikan dengan degradasi sebesar 12,96%. Namun, pada tekanan yang lebih tinggi yaitu 2 bar, % rejeksi TDS mengalami penurunan yaitu 12,55%. Hal ini dikarenakan, untuk memisahkan padatan terlarut yang terdapat pada larutan umpan, jauh lebih sulit, sehingga diperlukan *driving force* yaitu tekanan yang juga besar, untuk meningkatkan performa membran, namun kenaikan tekanan hanya dilakukan sampai titik tekanan optimum dari membran tersebut. Dari hasil analisa parameter TDS maka dapat disimpulkan tekanan 0,5 bar memberikan performa membran yang terbaik dalam %rejeksi TDS.

Pada Gambar 5, bisa kita lihat bahwa %rejeksi dan fluks nya berbanding terbalik. Pada grafik, semakin besar tekanan maka fluks yang dihasilkan semakin besar juga namun sebaliknya semakin tinggi tekanan yang diberikan menghasilkan nilai koefisien rejeksi yang makin kecil. Hal ini sesuai dengan gaya dorong utama (*driving force*) dari operasi membran. Peningkatan tekanan yang diaplikasikan pada aliran umpan yang melewati membran akan menyebabkan terjadinya deformasi pada membran sehingga ukuran pori-pori membran melebar dan partikel-partikel yang seharusnya tertahan dapat lolos [8] serta fluks yang dihasilkan pun semakin besar seiring dengan pertambahan tekanan [9] tetapi rejeksi nya semakin menurun dengan tekanan yang lebih besar. Penurunan koefisien rejeksi ini menunjukkan semakin kecilnya perselektivitas dari membran tersebut [10].

3.3.4. Pengaruh Tekanan Operasi terhadap Rejeksi

pH merupakan indikator untuk mengetahui tingkat keasaman ataupun basa dari suatu larutan. Pada Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat nilai pH mengalami kenaikan yang signifikan kemudian mengalami penurunan pada tekanan 2 bar. Hal tersebut karena PAC merupakan bahan koagulan yang bersifat asam (memiliki tapak keasaman Bronsted-Lowry) sehingga semakin banyak PAC yang ditambahkan, semakin besar penurunan pH-nya pada pH

akhir setelah proses koagulasi [11]. Selain itu semakin besar dosis koagulan dalam suatu larutan, maka semakin besar juga kandungan ion H^+ dalam larutan tersebut akibat adanya proses hidrolisa [12]. Peningkatan ion H^+ menyebabkan larutan cenderung mempunyai pH rendah (asam). Hasil analisa pH yang didapatkan sudah memenuhi standar yang sesuai dengan Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Dalam hal ini PAC efektif dalam menstabilkan pH dalam limbah cair tahu.

4. KESIMPULAN

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa Semakin besar tekanan operasi pada proses ultrafiltrasi dengan membran polisulfon, maka semakin tinggi juga fluks yang dihasilkan sebaliknya semakin tinggi fluks maka rejeksi yang dihasilkan semakin kecil. %Rejeksi COD, TDS, dan amonia meningkat hingga tekanan 1,5 bar kemudian nilainya menurun. Rejeksi tertinggi Kondisi optimum penurunan parameter pada limbah cair tahu COD sebesar 297 mg/L dengan %rejeksi 52,17%, ammonia sebesar 6,695 mg/L dengan %rejeksi 33,88%, TDS sebesar 1075 mg/L dengan %rejeksi 12,96% dan didapatkan pada tekanan 1,5 bar dengan koagulan yaitu 2000 ppm.

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] A. Alimsyah, and A. Damayanti, "Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 6-9, 2013. Available: <http://www.ejurnal2.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/3170/793>
- [5] S. Subekti, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif. Skripsi. Program Studi Ilmu Lingkungan," Universitas Padjajaran, Semarang, 2011.
- [6] M. Kasman, A. Riyanti S. Sy, and M. Ridwan, "Pengolahan Air Buangan Tahu," *Yayasan Bina Karta Lestari 113 Molekul*, Vol. 4. No. 2. November, 2009 : 105 - 114 Molekul, Vol. 4. No. 2. November, 2009 : 105 - 114 55 dan *Wahana Lingkungan Hidup Indonesia*, Semarang, 2018.
- [7] 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.
- [8] N. Kusumawati, and S. Tania, "Pembuatan Dan Uji Kemampuan Membran Kitosan Sebagai Membran Ultrafiltrasi Untuk Pemisahan Zat Warna Rhodamin B," *Molekul*, vol. 7, no. 1, pp. 43–52, 2012. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2012.7.1.105>
- [9] S. Notodarmojo, and D. Anne, "Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End," *Proceeding ITB Sains Dan Teknologi*, vol 36 A, no. 1, pp. 63–82, 2004.
- [10] V. Indriyani, Y. Novianty, A. Mirwan, "Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa," *Konversi*, vol. 6, no. 1, p. 11, 2017. <https://doi.org/10.20527/k.v6i1.2994>.
- [11] Rohaeti, Eti, Febriyanti, T. Nenny, Batubara, Irmanida, *Pengolahan Limbah Cair dari Kegiatan Praktikum Analisis Spot Test dengan Koagulasi*, 2010.
- [12] Rusdi, T. B. P. Sidi, R. Pratama, "Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji Kelor terhadap pH, Kekeruhan, dan Warna Air Waduk Krenceng," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 5, no. 1, pp. 46-50, 2014.
- [13] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, *baku mutu air limbah*, Nomor 5 tahun 2014.