

Pengembangan metode pemurnian bioetanol dari berbagai jenis bahan baku: Kajian Pustaka

Erwan A. Saputro^{1*}, Aiman A. Bobsaid¹, Meisy C. Hutabarat¹, Dessy Ariyanti²,
Renova Panjaitan¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jalan Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya, Indonesia

²Department Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia. 50275, Tel: (024) 7465403.

*Email: erwandi.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Urgensi pemanfaatan sumber energi terbarukan pada saat ini semakin digaungkan mengingat penipisan bahan bakar fosil, serta kondisi alam yang semakin kritis akibat emisi yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran bahan bakar minyak bumi tersebut. Salah satu senyawa yang telah lama dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif adalah bioetanol. Penerapan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif masih terkendala karena kualitas yang dihasilkan masih rendah. Proses pemurnian merupakan salah satu kunci dalam mendapatkan bioetanol dengan kualitas *fuel grade*. Sebagaimana diketahui, bioetanol hasil fermentasi umumnya memiliki kadar sebesar 5-10% (v/v), sementara untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar, bioetanol harus memiliki tingkat kemurnian minimal 99,5%. Sehubungan dengan hal tersebut, berbagai penelitian terkait metode pemurnian bioetanol telah dilakukan. Penulisan artikel ini dimaksudkan untuk mengkaji teknologi pemurnian yang dapat diaplikasikan dalam produksi bioetanol. Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan diketahui beberapa metode pemurnian yang dapat dilakukan dalam proses produksi bioetanol adalah destilasi sederhana, destilasi refluks, destilasi vakum, adsorpsi dan metode gabungan destilasi dengan adsorpsi. Teknik yang dapat memberikan hasil dengan kemurnian paling tinggi, berdasarkan beberapa metode yang telah disebutkan tersebut adalah metode gabungan destilasi dengan adsorpsi yaitu dapat menghasilkan bioetanol dengan kemurnian 99,7%.

Kata Kunci: adsorpsi, bioetanol, dehidrasi, destilasi, fermentasi

Abstract

Currently, the urgency of utilizing renewable energy sources is increasingly echoed given that fossil fuels diminish gradually and increasingly critical natural conditions due to emissions produced from using petroleum fuel. Bioethanol is one of the compounds that has long been developed as an alternative fuel. However, the application of bioethanol as an alternative fuel is still constrained because of the quality issue. The purification process is one of the keys to getting bioethanol with fuel-grade quality. As is known, bioethanol generally has a low level, in the range of 5-10% (V/V), meanwhile, to be used as fuel, bioethanol must have a minimum purity level of 99.5%. Various studies related to bioethanol purification methods have been conducted. Writing this article is intended to review the purification technology that can be applied in bioethanol production. Based on the results of the study, it is known that several purification methods that can be done in the bioethanol production process are simple distillation, reflux distillation, vacuum distillation, adsorption, and combined method of distillation with adsorption. A technique that can facilitate obtaining the highest purity is the combined method of distillation with adsorption which can produce bioethanol with a purity of 99.7%.

Keywords: adsorption, bioethanol, dehydration, distillation, fermentation

1. PENDAHULUAN

Krisis energi bukanlah kondisi baru yang dihadapi oleh dunia, namun semakin hari keadaannya semakin mendesak. Hal ini disebabkan karena semakin menipisnya persediaan bahan bakar

fosil, selain itu, aktivitas manusia yang melibatkan penggunaan bahan bakar fosil juga mengakibatkan kerusakan alam akibat emisi yang dihasilkan (Pramudiyanto & Suedy, 2020). Kondisi tersebut telah menjadi pusat perhatian pada semua sektor,

dan mengharapkan adanya solusi alternatif. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif adalah bioetanol.

Bioetanol dapat diperoleh dari hasil fermentasi biomas yang mengandung glukosa, karbohidrat dan lignoselulosa (Jambo et al., 2016; Kazemi Shariat Panahi et al., 2022). Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dinyatakan dapat menekan laju emisi sehingga lebih ramah lingkungan. Akan tetapi, kadar etanol pada produksi bioetanol umumnya masih rendah yaitu pada konsentrasi 5-10% (v/v). Jika tujuan pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar, maka konsentrasi ini masih terbilang sangat rendah. Kadar etanol untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar minimal 99,5%. Bioetanol dengan konsentrasi hanya 5-10% (v/v) memerlukan proses lebih lanjut untuk meningkatkan kadar etanol di dalamnya. Proses peningkatan kadar ini termasuk salah satu urgensi dalam produksi bioetanol.

Proses pemurnian bioetanol dapat dilakukan dengan metode distilasi, yaitu suatu proses pemurnian yang didasarkan pada perbedaan titik didih dari masing-masing senyawa dalam campuran yang ingin dipisahkan. Senyawa yang memiliki titik didih yang tinggi atau bersifat volatil akan menguap terlebih dahulu dan diembunkan dalam kondensor sehingga dapat keluar sebagai likuida yang disebut distilat. Sedangkan senyawa

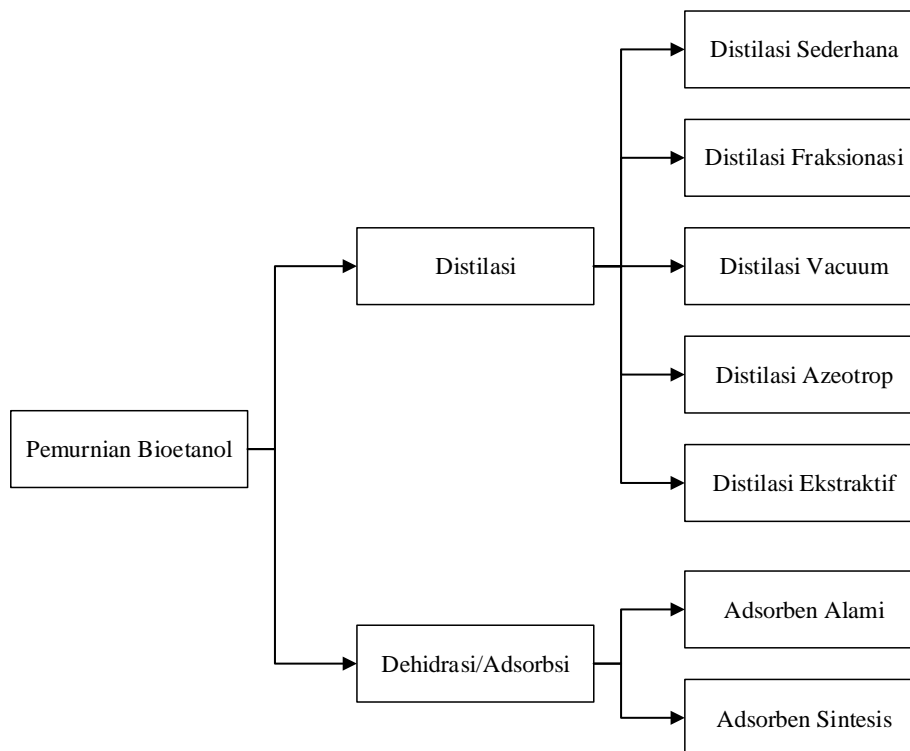
yang memiliki titik didih yang lebih tinggi atau bersifat kurang volatil akan mengembun di dasar kolom atau tidak teruapkan dan keluar sebagai produk bawah atau *bottom* (Wahyudi, 2017). Pemurnian hasil fermentasi yang dilakukan dengan distilasi sederhana, alatnya terdiri dari boiler dan kondensor satu tahap, akan menghasilkan etanol 40% volume. Sedangkan, jika distilasi dilakukan dua kali, kadar etanolnya meningkat menjadi 70% volume. Hal ini menunjukkan bahwa metode distilasi sederhana tersebut tidak cukup untuk dapat menghasilkan bioetanol berkualitas *fuel grade*.

Metode pemisahan lain yang dikenalkan adalah beberapa variasi jenis distilasi, seperti distilasi vakum, distilasi ekstraktif (Pacheco-Basulto et al., 2012) dan distilasi fraksinasi. Disamping itu, ada juga metode pemisahan lain yaitu adsorpsi. Adsorpsi (penyerapan) merupakan proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Loy et al., 2015).

Sehubungan dengan berbagai variasi metode pemisahan tersebut, maka artikel ini ditulis dengan tujuan untuk mengkaji metode pemurnian yang dapat diterapkan dalam proses produksi bioetanol. Artikel ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi peneliti yang hendak mengembang-kan teknologi pemurnian bioetanol, khususnya berkualitas *fuel grade*.

2. JENIS PEMURNIAN BIOETANOL

Pemurnian bioetanol secara umum disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Metode pemurnian bioetanol yang umum digunakan

2.1 Distilasi

Distilasi merupakan suatu proses pemurnian berdasarkan perbedaan titik didih senyawa dalam campuran yang akan dipisahkan (Nadliroh, 2021). Secara umum metode distilasi dapat dikategorikan seperti pada Gambar 2.

2.1.1 Distilasi Konvensional (Sederhana)

Distilasi konvensional merupakan pemisahan bahan kimia berdasarkan kesetimbangan fase uap dan likuid dengan cara pemanasan. Terjadi pada zat-zat likuid homogen (saling larut) yang memiliki perbedaan titik didih, dimana zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Dasar pemisahan distilasi sederhana adalah perbedaan titik didih yang jauh atau salah satu komponen bersifat volatil. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol (Mustiadi, 2020).

2.1.2 Distilasi bertingkat (fraksional)

Distilasi fraksional merupakan proses yang komponennya diuapkan dan dikondensasi secara bertingkat. Distilasi bertingkat umumnya diterapkan pada komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang kecil. Prinsipnya menyerupai proses distilasi sederhana, tetapi memiliki lebih banyak kondensor sehingga dapat memisahkan komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang kecil. Pada metode ini dapat menghasilkan senyawa kimia yang memiliki kadar kemurnian yang tinggi karena terdapat proses refluks. Kolom fraksinasi berfungsi untuk memperbesar waktu kontak cairan dengan uap, sehingga fraksi yang volatil akan terus menguap ke kondensor.

2.1.3 Distilasi vakum (Distilasi tekanan rendah)

Distilasi vakum merupakan salah satu jenis distilasi yang memiliki tekanan operasi sebesar 300 mmHg absolut. Tujuan utama distilasi ini adalah untuk menurunkan titik didih cairan dan meningkatkan volatilitas. Distilasi vakum dilakukan karena beberapa alasan diantaranya yaitu, terdapat beberapa senyawa yang sensitif terhadap temperatur yang tinggi sehingga harus dioperasikan dalam suhu rendah, dengan menurunnya titik didih suatu senyawa maka secara umum sifat penguapan relatif antar komponen meningkat, kerja boiler tidak tinggi pada kondisi operasi temperatur yang rendah sehingga biaya operasinya lebih murah, dan sebagainya.

2.1.4 Distilasi azeotrop

Syarat utama pemisahan dengan distilasi azeotrop yaitu apabila komposisi fase uap sama

dengan komposisi fase cair (berada pada titik azeotrop), maka komponen-komponen dalam campuran dapat dipisahkan dengan metode ini. Distilasi azeotrop dilakukan untuk memisahkan senyawa-senyawa dalam campuran yang membentuk titik azeotrop dengan menambahkan senyawa ketiga yang umumnya disebut entrainer. Penambahan entrainer digunakan untuk menghilangkan ikatan azeotrop sehingga senyawa dalam campuran tersebut dapat dipisahkan.

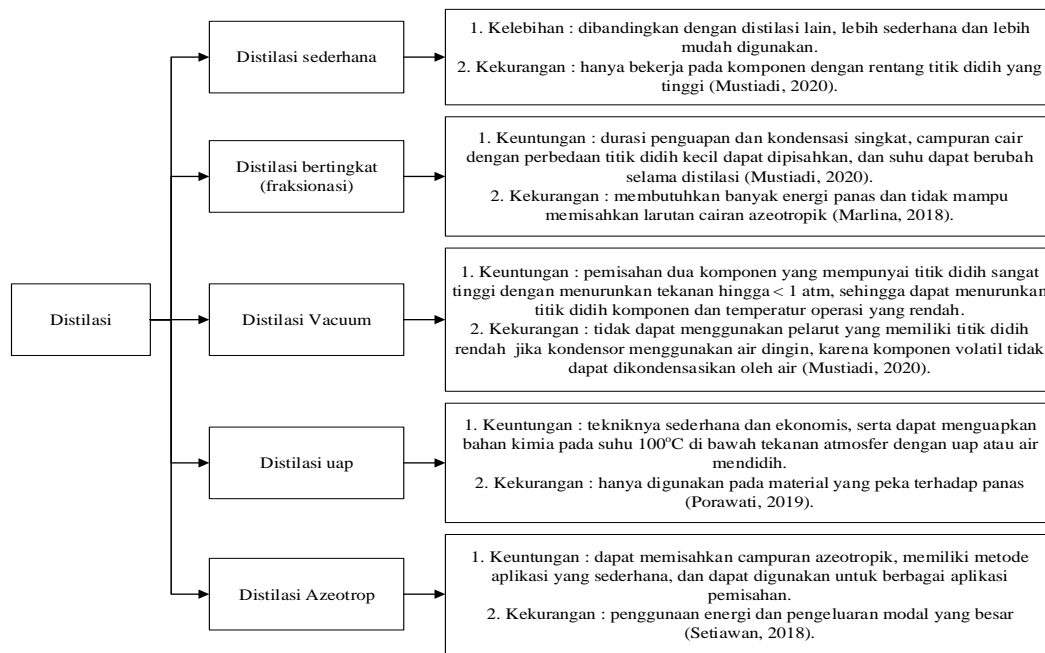
2.1.5 Distilasi ekstraktif

Distilasi ini menyerupai distilasi azeotropik karena menggunakan penambahan senyawa ketiga atau lain untuk memisahkan senyawa dalam campuran tersebut. Pada metode ini, *solvent* yang digunakan harus dapat melarutkan senyawa yang diinginkan dengan baik (Nadliroh, 2021).

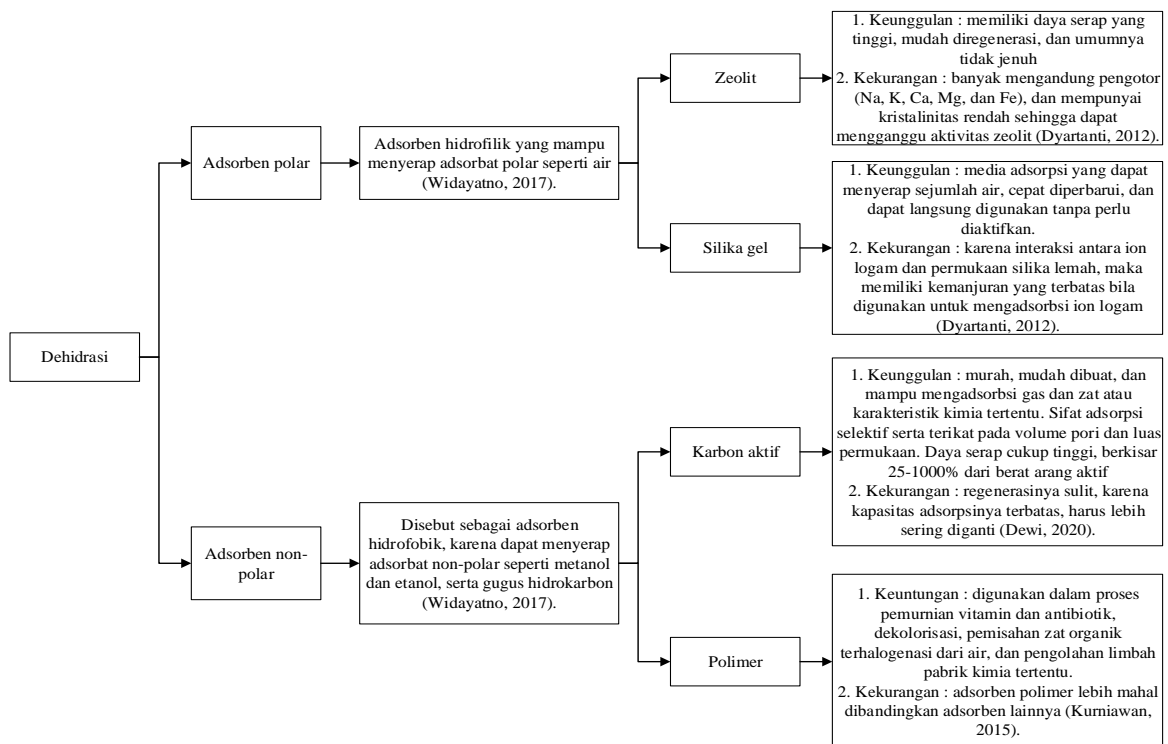
2.2 Dehidrasi

Salah satu metode pemisahan campuran azeotrop yang mudah dan ekonomis adalah dengan teknologi pemurnian destilasi-adsorpsi menggunakan media berpori (Yuliana, 2015). Untuk menghasilkan etanol tingkat bahan bakar, diperlukan proses dehidrasi. Etanol yang diproduksi umumnya memiliki konversi maksimum sebesar 95-96%, tetapi dalam rentang konversi 95-96% terjadi peristiwa azeotrope dalam campuran, yaitu kondisi dimana tidak dapat memisahkan campuran etanol-air dengan metode distilasi sederhana. Salah satu proses dehidrasi etanol adalah dengan teknik adsorpsi *molecular sieve* (MS). Prinsip kerja teknik adsorpsi dengan *molecular sieve* (MS) adalah dengan melewatkan campuran etanol-air pada permukaan pori adsorben. Proses dehidrasi berfungsi untuk menghilangkan kelebihan kandungan air pada campuran etanol terhidrasi sehingga menjadi etanol anhidrat.

Teknologi yang efisien untuk pengeringan etanol adalah adsorpsi air dari gas etanol azeotropik oleh adsorben atau metode *molecular sieve* (MS) (Handrian, 2017). Adsorpsi merupakan proses pengikatan molekul fluida baik fluida cair maupun gas menuju permukaan pori suatu adsorben. Artinya proses ini merupakan proses pengontakan larutan atau gas dengan permukaan pori suatu benda padat (adsorben) sehingga terjadi proses penyerapan larutan atau gas menuju permukaan pori adsorben yang menyebabkan komposisi larutan berubah. Padatan yang memiliki permukaan pori disebut adsorben dan bahan yang teradsorpsi disebut adsorbat (Amrullah, 2021). Hasil dari proses adsorpsi dipengaruhi oleh sifat zat padat pengadsorpsi, sifat atom/molekul fluida yang diserap, konsentrasi, serta temperatur. Menurut (Reynolds, 1982), tahapan proses adsorpsi terbagi menjadi 4 yaitu:



Gambar 2 Macam-macam tipe distilasi yang digunakan dalam pemurnian bioetanol



Gambar 3 Macam macam metode dehidrasi

1. Perpindahan molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada permukaan pori adsorben.

2.2.1 Jenis- Jenis Adsorben

2.2.1.1 Adsorben Zeolit

Cara kerja proses adsorpsi terdiri dari pengontakan liquid atau gas yang akan dipisahkan dalam suatu larutan dengan suatu padatan berpori, sehingga sebagian dari molekul larutan atau gas akan terserap, yang mengakibatkan komposisi larutan atau gas berubah. Padatan berpori yang digunakan dalam proses adsorpsi dinamakan adsorben. Adsorbat adalah substansi yang terserap menuju permukaan adsorben dalam suatu larutan atau gas. Pemilihan adsorben yang baik yaitu adsorben yang memiliki kapasitas dan selektifitas untuk mengadsorpsi molekul adsorbat (Roni, 2020).

Secara umum, adsorben yang umum digunakan dalam proses dehidrasi (purifikasi) molekul air dari campuran etanol-air yaitu zeolit, baik zeolite alami maupun sintesis. Zeolit adalah mineral terhidrasi dalam logam alkali dan alkali tanah dan terbentuk dari gugus tetrahedral TO_4 ($T = Al, Si$) (Ngapa, 2020). Zeolit termasuk dalam kelompok mineral aluminosilikat yang ditemukan dalam jumlah besar di alam, terutama di batuan sedimen vulkanik, danau dan tanah alkalin asin, sedimen laut dalam (Ugrina, 2021). Adsorben yang biasa digunakan dalam reduksi etanol dengan air adalah zeolit sintetik tipe A dengan diameter pori yang seragam. Jenis zeolit ini meliputi zeolit 3A, 4A dan 5A. Zeolit 3A dan 4A sering dipilih karena memiliki diameter pori yang sesuai untuk proses adsorpsi. Zeolit dapat dibedakan menjadi dua golongan utama yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam diperoleh dari sedimen di alam seringkali mengandung berbagai kation K^+ , Na^+ , Mg^{2+} atau Ca^{2+} . Zeolit sintesis biasanya hanya mengandung satu kation yaitu K^+ atau Na^+ , sehingga memiliki ukuran pori dan diameter yang relatif seragam dibandingkan dengan zeolit alam. Pada zeolit alam, air yang teradsorpsi akan dilepaskan secara perlahan sedangkan pada zeolit air sintesis yang teradsorpsi akan terikat kuat (Handrian, 2017). Zeolit alam mengandung pengotor-pengotor dalam bentuk oksida logam serta luas permukaannya yang rendah sehingga diperlukan aktivasi secara kimia yang dilakukan dengan penambahan asam maupun basa untuk meningkatkan daya adsorpsi air (Ngapa, 2020).

2.2.1.2 Adsorben Bentonit

Salah satu adsorben yang ekonomis dan paling efektif untuk adsorpsi senyawa bioethanol yang saat ini banyak tersedia adalah bentonit. Bentonit merupakan padatan berpori dengan sifat adsorpsi yang sangat baik, dikarenakan ukuran dari partikelnya kecil serta daya serap permukaan ionisasinya yang tinggi. Bentonit merupakan adsorben hidrofilik sehingga efektif untuk mengadsorpsi molekul-molekul air yang bercampur dengan larutan alcohol (Amrullah, 2021). Bentonit adalah tanah liat yang mengandung *montmorillonit* yang tersedia secara komersial dan termasuk dalam kelompok dihidral. Rumus bentonit adalah $(Na,Ca)_{0,33}(Al,Mg)_2Si_{10}(OH)_2(H_2O)_n$ (Atikah, 2019).

2.2.1.3 Adsorben Silika Gel

Silika gel merupakan jenis polimer asam silikat, memiliki berat molekul yang besar dan dapat menyerap banyak air sehingga setelah proses adsorpsi adsorben ini berbentuk padatan yang kenyal. Definisi lain silika gel adalah silika amorf yang terdiri atas globula-globula SiO_4 tetrahedral yang tidak teratur dan beragregat membentuk kerangka tiga dimensi. Silika gel merupakan suatu bentuk dari silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol natrium silikat ($NaSiO_2$). Sol mirip agar-agar ini dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastis. Sifat ini menjadikan silika gel dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Gel silika banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain sangat inert, hidrofilik, dan biaya sintesis yang cukup rendah. Di samping itu, bahan ini memiliki kestabilan termal dan mekanik yang cukup tinggi, relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan polimer organik (Meriatna, 2015). Rumus kimia umum silika gel adalah $SiO_2 \cdot H_2O$. Ukuran pori silika gel adalah 3A sehingga dapat menyerap molekul air dengan diameter 2,75 Å. Ukuran molekul etanol adalah 4,4 Å Hal ini menyebabkan etanol terlepas dari silika gel. Gel silika dapat menyerap kelembaban udara hingga 40% dari beratnya. Porositas silika gel adalah 38-48% dan ketika jenuh dengan air silika gel dapat diregenerasi (kering) dengan pemanasan hingga 150 °C sedangkan luas permukaan spesifik silika gel adalah dari 600-800 m^2/g (Perry, 2008).

2.3 Pemurnian Bioetanol Dari Limbah

Bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku dari limbah buah atau sayuran yang mengandung gula, pati, atau lignoselulosa. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang

berhubungan terkait kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah buah dan sayuran. Beberapa penelitian terdahulu yang telah mempelajari terkait biodiesel dari limbah dan teknologi pemurnian yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Sementara, pada Tabel 2 disajikan penelitian

terdahulu yang menggunakan bahan baku limbah tetapi tanpa pemurnian. Berdasarkan data pada kedua tabel tersebut, terlihat bahwa kadar bioetanol yang didapatkan dengan adanya teknologi pemurnian jauh lebih tinggi daripada tanpa pemurnian.

Tabel 1 Bioetanol dari limbah dengan teknologi proses pemurniannya

Limbah	Kadar Bioetanol (%)	Teknologi Pemurnian	Sumber
Kulit kopi	38,67	Adsorpsi	Heriwati, 2021
Kulit nanas	98,24	Adsorpsi dan distilasi	Novitasari, 2012
Nira aren	82,72	Distilasi	Yunus, 2020
Kulit kering nanas madu	95,66	Distilasi	Wandono, 2020
Nirah nipah	99,7	Distilasi dan adsorpsi	Villarul, 2017
Sabut kelapa muda	90	Distilasi refluks	Nadliroh, 2021
Kulit nanas	21,25	Distilasi vakum	Fahmi, 2014
Tongkol jagung	5,21	Distilasi	Iyabu, 2019

Tabel 2 Bioetanol dari limbah sayuran

Limbah saturan	Kadar Bioetanol	Teknologi Pemurnian	Sumber
Limbah kubis napa	1,18%	Tanpa pemurnian	Utama, 2019
Bij sorgum	12,12%	Tanpa pemurnian	Sefrinus, 2018
Limbah strawbery	3%	Tanpa pemurnian	Sari, 2019
Kubis putih	7%	Tanpa pemurnian	Hendrasarie, 2020
Kubis hijau	8%	Tanpa pemurnian	Hendrasarie, 2020
Ulva Lactuca	1,45%	Tanpa pemurnian	Kusmiyanti, 2020
Singkong manis	7,184%	Tanpa pemurnian	Hargono, 2017
Palmaria palmata	1,73%	Tanpa pemurnian	Mutripah, 2014

3. PERBANDINGAN KADAR BIOETANOL

Penelitian Novitasari (2012) bertujuan untuk meningkatkan kemurnian etanol dengan menggunakan pemurnian destilasi dan dehidrasi atau yang disebut dengan destilasi adsorpsi. Proses pemurnian pada penelitian ini menggunakan satu kolom adsorpsi yang digabung dengan peralatan destilasi. Konsentrasi etanol yang digunakan untuk proses pemurnian sebesar 80%. Proses adsorpsi penelitian ini menggunakan adsorben zeolit alam dan zeolite 4A dengan variasi waktu pendiaman berturut-turut 50 menit, 70 menit, dan 90 menit, variasi suhu proses distilasi 78°C dan 80°C, dengan masing-masing variasi berat zeolit berturut-turut sebanyak 50 gr, 75 gr, dan 100 gr. Kondisi operasi yang paling efektif untuk pemurnian etanol pada penelitian ini adalah distilasi adsorpsi dengan adsorbent zeolit 4A sebanyak 100 gram, didistilasi pada suhu 78°C selama 50 menit. *Yield* yang dihasilkan dari umpan etanol dengan konsentrasi 80% sebesar 98,24% dengan menggunakan kondisi operasi tersebut. Ukuran pori zeolit 4A dapat menyerap molekul air yang lebih baik daripada zeolit ukuran 3A. Zeolit alam memiliki berbagai

ukuran pori yang memungkinkan lebih banyak etanol yang diserap daripada zeolit 4A. Semakin singkat waktu pendiaman, semakin besar kadar etanol yang dihasilkan. Semakin singkat waktu perlakuan dan semakin banyak massa zeolit yang digunakan, semakin tinggi pula kadar etanol yang dihasilkan (Novitasari, 2012). Kelebihan dari proses ini yaitu dapat menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi namun kelemahan dari penggunaan zeolit alam yaitu air yang telah diserap secara perlahan dapat terlepas kembali sedangkan pada zeolit sintesis, air yang diserap akan terikat kuat dalam zeolit.

Menurut penelitian yang dilakukan Sria (2019), bioetanol hasil fermentasi hanya memiliki kandungan etanol sebesar 10-15% sedangkan untuk bahan bakar atau sebagai substitusi bahan bakar alternatif, bioetanol harus memiliki kemurnian 99,5%. Selama proses pemurnian, larutan bioetanol akan membentuk campuran azeotrop, dimana molekul air akan sulit dipisahkan dari campuran etanol-air dengan metode distilasi sederhana. Salah satu cara pemisahan untuk campuran azeotropik adalah menggunakan distilasi azeotropik. Selama distilasi, entrainer ditambahkan dalam larutan untuk mengubah volatilitas relatif komponen kunci.

Penelitian ini menggunakan dua jenis entrainer yaitu benzena dan n-heptan. Entrainer yang digunakan dalam distilasi azeotropik harus memenuhi persyaratan diantaranya memiliki biaya yang rendah, tersedia, stabil secara kimia, serta memiliki panas penguapan yang rendah. Distilasi dilakukan tanpa menggunakan entrainer dan dengan entrainer sebanyak 20 dan 40% dari volume entrainer (benzene, sikloheksana dan n-heptana) ditambahkan ke etanol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa entrainer benzene konsentrasi volumetrik 40% memiliki kandungan etanol yang lebih tinggi sebesar 42% dengan indeks bias sebesar 1,3457. Semakin tinggi persen volume entrainer yang ditambahkan, maka akan meningkatkan kemurnian etanol. Jika dibandingkan dengan n-heptana dan sikloheksana, maka benzena memiliki gugus cyclic yang dapat menaikkan kadar etanol lebih tinggi (Sriana, 2019). Kekurangan dari proses ini yaitu, memerlukan biaya yang lebih untuk penambahan *extraneous mass separating agent*, serta masih menghasilkan nilai kadar yang rendah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yunus (2020), produksi bioethanol dari nira aren dengan teknik pemurnian distilasi sederhana. Hasil proses fermentasi nira aren kadar alkohol mencapai 6,88%. Kadar alkohol tersebut kemudian ditingkatkan dengan cara penyulingan. Pada proses ini, bahan baku nira dimasukkan ke dalam labu didih yang diletakkan di atas portable yang dilengkapi dengan wadah yang berisi air setengah dari tempatnya. Portable dapat berfungsi sebagai pengatur panas, dilengkapi termometer di atas permukaan air sehingga distilat yang keluar dari kondensor dapat diketahui suhunya dan agar suhu tangki pemanas dapat dijaga tidak melebihi. Proses distilasi berlangsung selama 10 jam untuk variabel waktu fermentasi masing-masing 72 jam; 120 jam; 168 jam; dan 216 jam yang ditempatkan di dalam labu didih. Dari hasil destilasi 10 jam konsentrasi bioetanol hasil destilasi nira berdasarkan waktu fermentasi meningkat pada fermentasi 72 jam dan 120 jam kemudian menurun pada fermentasi 168 dan 216 jam. Hal ini dikarenakan nutrisi yang terkandung dalam nira fermentasi telah habis sehingga mikroba tidak mampu lagi mengubah glukosa menjadi bioethanol. Konsentrasi bioetanol tertinggi dari nira sebesar 82,717% setelah 10 jam destilasi yaitu pada nira fermentasi 120 jam (Yunus, 2020). Kelebihan dari proses ini yaitu membutuhkan metode yang sederhana, namun kekurangan proses ini tidak dapat memecah titik azeotrope pada campuran etanol-air hingga menghasilkan etanol fuel grade.

Penelitian yang dilakukan Susmiati pada tahun 2017 bertujuan untuk meningkatkan kemurnian etanol dengan menggunakan distilasi rektifikasi tipe *sieve tray*. Penelitian ini dilakukan untuk menyempurnakan penelitian sebelumnya

yaitu rancangan alat-alat produksi bioetanol skala rumah tangga yang salah satunya adalah alat destilasi. Pada penelitian terdahulu bioetanol yang mampu dihasilkan adalah bioetanol dengan kadar rendah yaitu 50-70%, sehingga dengan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh bioetanol berkadar tinggi yaitu lebih dari 95% bahkan termasuk *Fuel Grade Bioetanol* (FGE). Etanol dengan kadar rendah (37-38%) dimasukkan ke tabung pemasukkan bahan. Pada proses distilasi rektifikasi dapat meningkatkan kadar etanol bahan yaitu dari 37% menjadi 90% dengan volume distilat sebanyak 245 ml dan volume bottom 540 ml. Total bahan bioetanol pada proses ini sebanyak 1000 ml. Alat distilasi rektifikasi yang dibuat membutuhkan daya listrik sebesar 2060 Watt, yang terdiri atas daya pada elemen pemanas *steam (boiler)* sebesar 2000 Watt, dan daya pada pompa kondensor sebesar 60 Watt. Kapasitas alat tersebut adalah 3 liter bahan masukan dan terdiri dari komponen penting yaitu reboiler, kolom bawah, kolom tray, kondensor, pipa pendingin dan tangki penampung distilat (Susmiati, 2017). Kelebihan dari proses ini yaitu dapat menghasilkan kadar etanol yang cukup tinggi namun tidak memecah titik azeotrope pada campuran etanol air. Kekurangan proses ini yaitu menggunakan daya yang cukup besar dalam penggunaan alat distilasi rektifikasi tipe *sieve tray*.

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi pada tahun 2017 yaitu bertujuan untuk mendapatkan kemurnian etanol *fuel grade* dengan metode distilasi ekstraktif dengan menggunakan solvent dietilen glikol. Sampel yang digunakan sebagai umpan berupa residu pektin dengan kadar etanol 66,71%. Variabel ratio umpan bahan antara etanol dengan dietilen glikol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ; 390 :10 (ml/ml) , 375 mL : 25 mL, 350 mL : 50 mL, 300 mL : 100 mL, 250 mL : 150 mL, 200 mL : 200 mL. Didapatkan persentase hasil kadar etanol maksimal pada rasio perbandingan 350 mL : 50 mL (etanol : dietilen glikol) yakni sebesar 99,29%. Hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian tersebut antara lain solven dietilen glikol yang digunakan memiliki volatilitas rendah sehingga dapat meningkatkan recovery solute dan menurunkan losses pelarut, selain itu titik didihnya yang tinggi membuat dietilen glikol mampu menggeser titik azeotrope campuran etanol-air. Semakin banyak dietilen glikol yang ditambahkan maka volume distilat yang diperoleh akan semakin banyak, namun pada titik tertentu akan menurunkan volume distilat. Dietilen glikol memiliki titik didih yang tinggi sehingga dapat meningkatkan suhu residu sehingga penambahan dietilen glikol dapat meningkatkan suhu campuran etanol-air (Wahyudi, 2017). Kelebihan dari penelitian ini yaitu dapat menghasilkan kadar etanol fuel grade hingga memecah titik azeotrope campuran etanol-air. Kekurangannya adalah, penambahan solvent dan pemilihan solven yang

tepat sangat penting untuk proses ini. Apabila penambahan dietilen glikol semakin banyak maka volume distilat yang diperoleh mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan dietilen glikol bersifat mengikat air sehingga kontak antara etanol-air berkurang. Kemudian kadar etanol yang dihasilkan juga mengalami penurunan, titik didih etanol dalam campuran menjadi sangat tinggi, sehingga campuran air-etanol akan ikut menguap.

Penelitian Fahmi pada tahun 2014 bertujuan untuk memurnikan bioetanol hasil fermentasi kulit nanas dengan menggunakan distilasi vakum. Beberapa bahan organik tidak dapat didistilasi secara memuaskan pada tekanan atmosfer, sebab akan mengalami penguraian atau dekomposisi sempurna sebelum titik didih normal tercapai. Dengan mengurangi tekanan eksternal 0,1-30 mmHg, titik didih dapat diturunkan dan distilasi dapat berlangsung tanpa mengakibatkan terjadinya dekomposisi. Berkurangnya tekanan pada ruangan di atas cairan akan menurunkan titik didih, dan sebaliknya peningkatan tekanan di atas permukaan cairan akan menaikkan titik didih cairan tersebut. Kadar etanol distilat yang diperoleh dalam penelitian ini masih sangat rendah jika akan digunakan sebagai bahan baku pembuat bahan bakar, karena hanya mencapai 21,25% yaitu dengan suhu distilasi vakum 50°C. Semakin meningkatnya suhu distilasi vakum maka akan meningkat pula nilai rendemen. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu distilasi yang digunakan, maka cairan yang teruapkan pada saat proses distilasi vakum berlangsung juga akan semakin banyak sehingga akan semakin banyak pula uap yang dihasilkan yang selanjutnya akan terkondensasi menjadi etanol distilat di dalam wadah penampung (Fahmi, 2014). Kekurangan dari proses ini yaitu kadar etanol yang dihasilkan masih sangat rendah serta memerlukan kondisi operasi yang besar.

Berdasarkan uraian diatas terlihat bahwa setiap metode pemurnian memiliki keunggulannya masing-masing, metode yang sederhana dapat dikatakan lebih mudah untuk diaplikasikan tetapi produk yang dihasilkan masih berkualitas rendah. Sementara pada metode pemurnian yang lebih kompleks memerlukan pertimbangan dari segi kondisi operasi yang aman dan juga biaya peralatan. Akan tetapi berdasarkan kajian ini, metode yang disarankan adalah kombinasi metode distilasi dengan adsorpsi, sebagaimana yang dilakukan oleh (Villarul, 2017) yang melakukan pemurnian bioetanol dari nirah nipah menghasilkan kadar 99,7%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan, maka dapat ditentukan proses pemurnian yang cenderung lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan kadar bioethanol adalah proses

pemurnian distilasi dengan adsorpsi. Gabungan metode destilasi dan adsorpsi dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar 99,7%. Kadar bioethanol tersebut dapat ditentukan melalui analisis *gas chromatography* (GC).

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, S., Nurkholis, Pratama, W., 2021, 'Dehidrasi Bioetanol Dari Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan *Bentonite Clay*', *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, Vol. 3, No. 1, Hh. 1-6.
- Atikah 2019, 'Pengaruh Waktu dan Berat Adsorben Bentoit pada Proses Dehidrasi Bioetanol', *Jurnal Teknologi Kimia Universitas PGRI Palembang*, Vol. 4, No. 2, Hh. 25-31
- Dewi, R., Azhari. & Nofriadi, I., 2020, 'Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 2, No. 2, Hh. 12-22
- Dyartanti, E., Putra, R. & Priandi, R., 'Pembuatan Etanol Fuel Grade dalam Kolom Unggun Tetap dengan Adsorbent Hybrid Active Granulated Zeolite-Silika Gel', *EKUILIBRIUM*, Vol. 11, No. 2, Hh. 63-66
- Fahmi, D., Susilo, B. & Nugroho, W., 2014, 'Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dengan Menggunakan Distilasi Vakum', *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, Vol. 2, No. 2, Hh. 131-137
- Handrian, Sediawan, W. & Mindaryani, A., 2017, 'Adsorpsi Air dari Campuran Uap Etanol-Air dengan Zeolit Sintetis 4A pada *Packed Bed* Dalam Rangka Produksi *Fuel Grade Ethanol*', *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 11, No. 2, Hh. 68-77.
- Hargono, H., Jos, B., Kumoro, A. C. & Haryani, K., 2019, 'Low Temperature Enzymatic Hydrolysis (LTEH) and Fermentation for Bioetanol Generation from Suweg (*Amorphophallus campanulatus* B) Starch', *Journal of Physics*, Vol. 1295, No. 1
- Hendrasarie, N. & Mahendra, D., 2020, 'Pemanfaatan Sampah Sayur Dari Pasar Tradisional Untuk Produksi Bioetanol', *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 5, No. 3, Hh. 1115-1122
- Heriwati, S., Fona, Z. & Adriana, 2021, 'Pemurnian Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Menggunakan Zeolit Alam dan Batu Gamping', *Jurnal Teknologi*, Vol. 21, No. 2, Hh. 52-58.
- Iyabu, H. & Isa, I., 2019, 'Biokonversi Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbaru', *Jambura Journal of Chemistry*, Vol. 1, No. 2, Hh. 42-49

- Kurniawan, B., 2015, 'Adsorpsi Pb (II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara', Universitas Negeri Semarang, Semarang
- Kusmiyanti, K., Heratri, A., Kubikazari, S., Hidayat, A. & Hadiyanto, H., 2020, 'Hydrolysis of Microalgae *Spirulina Platensis*, *Chorella* sp., and Microalgae *Ulva lactuca* for Bioetanol Production', *International Energy Journal*, Vol. 20, No. 4, Hh. 611-620
- Marlina, L. & Pratama, D., 2018, 'Pengambilan Minyak Biji Alpukat dengan Metode Ekstraksi', *Jurnal Ilmiah Berkala*, Vol. 12, No. 1, Hh. 1-8
- Meriatna, Maulinda, L., Khalil, M. & Zulmiardi 2015, 'Pengaruh Temperatur Pengerinan dan Konsentrasi Asam Sitrat pada Pembuatan Silika Gel dari Sekam Padi', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 4, No. 1, Hh. 78-88.
- Mustiadi, L., Astuti, S. & Purkuncoro, A., 2020, *Buku Ajar Distilasi Uap dan Bahan Bakar Pelet Arang Sampah Organik*, CV. IRDH, Malang
- Mutripah, S., Minita, M. D. N., Kang, J., Jeong, G., Susanto, A. B., Prabowo, R. E. & Hong, Y. K., (2014) 'Bioetanol Production from the Hydrolysate of *Palmaria palmata* Using Sulfuric Acid and Fermentation with Brewer's Yeast', *Journal of Applied Phycology*, Vol. 26, No. 1, Hh. 687-693
- Jambo, S. A., Abdulla, R., Mohd Azhar, S. H., Marbawi, H., Gansau, J. A., & Ravindra, P. (2016). A review on third generation bioethanol feedstock. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 756-769. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.064>
- Kazemi Shariat Panahi, H., Dehghani, M., Guillemain, G. J., Gupta, V. K., Lam, S. S., Aghbashlo, M., & Tabatabaei, M. (2022). Bioethanol production from food wastes rich in carbohydrates. *Current Opinion in Food Science*, 43, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.11.001>
- Loy, Y. Y., Lee, X. L., & Rangaiah, G. P. (2015). Bioethanol recovery and purification using extractive dividing-wall column and pressure swing adsorption: An economic comparison after heat integration and optimization. *Separation and Purification Technology*, 149, 413-427. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.06.007>
- Nadliroh, K. & Fauzi, A., 2021, 'Optimasi Waktu Fermentasi Produksi Bioetanol dari Sabut Kelapa Muda Melalui Distilator Refluks', *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 9, No. 2, Hh. 124-133.
- Novitasari, D. & Kusumaningrum, D., 2012, 'Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Adsorpsi dan Distilasi Adsorpsi dengan Adsorbent Zeolit', *Jurnal Teknologi Kimia Industri*, Vol. 1, No. 1, Hh. 534-539
- Pacheco-Basulto, J. ángel, Hernández-McConville, D., Barroso-Muñoz, F. O., Hernández, S., Segovia-Hernández, J. G., Castro-Montoya, A. J., & Bonilla-Petriciolet, A. (2012). Purification of bioethanol using extractive batch distillation: Simulation and experimental studies. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 61, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.06.015>
- Perry, R. H. & Geen, D. W., 2008, *Chemical Engineering's Handbook: 8th Edition*, McGraw-Hill, New York.
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrim. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 86-99. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9990>
- Porawati, H. & Kurniawan, A., 2019, 'Rancang Bangun Alat Penyuling Minyak Atsiri Tumbuhan Nilam Metode Distilasi Air dan Uap', *Jurnal Inovator*, Vol. 2, No. 1, Hh. 20-23
- Sari, A.M. & Santosa, H.H., 2019, 'Pembuatan Bioetanol dari Limbah Buah Stroberi (Buah Afkir)', *Jurnal Konversi*, Vol. 2, No. 2, Hh. 9
- Sefrinus, M.D. & Eduardus, 2018, 'Hidrolisis Ampas Biji Sorgum dengan *Microwave* untuk Produksi Gula Pereduksi sebagai Bahan Baku Bioetanol', *Jurnal Lahan Kering*, Vol. 1, No. 2, Hh. 22 - 23
- Setiawan, T 2018, 'Rancang Bangun Alat Distilasi Uap Bioetanol dengan Bahan Baku Batang Pisang', *Jurnal Media Teknologi*, Vol. 04, No. 02, Hh. 119-128
- Sriana, T 2019, 'Purification Bioethanol Using Azeotrop Distillation', *Jurnal Konversi*, Vol. 8, No. 1, Hh. 1-3
- Susmiati, Y. & Nuruddin, M., 2017, 'Pemurnian Bioetanol dengan Distilasi Rektifikasi Tipe 'Sieve Tray' untuk Menghasilkan FGE (Fuel Grade Etanol)', *Jurnal Ilmiah INOVASI*, Vol. 17, No. 1, Hh. 25-29
- Utama, G., Sidabutar, F., Felina, H., Wira, D & Balia, R., 2019, 'The utilization of fruit and vegetable wastes for bioethanol production with the inoculation of indigenous yeasts consortium', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 25, No. 2, Hh. 264-270
- Villarul, T., Chairul, & Yenti, S. 2017, 'Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nirah Nipah Menggunakan Proses Destilasi-Adsorpsi Menggunakan Adsorben CaO', *Jom FTEKNIK*, Vol. 4, No. 2, Hh. 1-6

- Wahyudi, J & Gusmawarni, S., 2017, 'Pemurnian Bioetanol Fuel Grade dari Crude Ethanol (Variabel Distilasi-Ekstraksi)', *Jurnal Inovasi Proses*, Vol. 2, No. 2, Hh. 43-48
- Wandono, E., Kusdiyantini, E. & Hadiyanto, 2020, 'Efektivitas Limbah Kulit Kering Nanas Madu (Ananas Comosus L.Merr) untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi', *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, Vol, 1, No. 2, Hh. 45-53
- Yuliana, Chairul & Yenti, S., 2015, 'Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nira Nipah Menggunakan Proses Distilasi-Adsorpsi pada Variasi Rasio Adsorben dengan Modifikasi', *Jurnal FTEKNIK*, Vol. 2, No. 1, Hh.
- Yunus, Hamsina & Tang, M., 2020, 'Produksi Bioetanol dari Nira Aren', *SAINTIS*, Vol. 1, No. 1, Hh. 33-39