

PEMURNIAN BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KOPI DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM DAN BATU GAMPING

Sri Meutia Heriwati^{*1}, Zahra Fona², dan Adriana³

^{1,2,3} Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: Srimutia75@yahoo.com

Abstract

In this research zeolites were used to increase the levels of ethanol distillation process results of laboratory Department of Chemical Engineering Politeknik Negeri Lhokseumawe. Ethanol yield after distillation process only reaches 20.66%, to increase the concentration of ethanol used advanced treatment is by adsorption method. The results were obtained optimum ethanol concentration, ie 38.67% with a contact time of 8 hours and 80 mesh size. the refractive index and density of 1.33960 and 0.798. bioethanol with 3 g of limestone can eliminate moisture content up to 29.36%; the activation treatment adsorption process of bioethanol with adsorbent zeolite, limestone, and limestone following the zeolite with Freundlich isotherm with adsorption capacity of each 4.5 mg / g; 5.7 mg / g; and 6.4 mg / g.

Keywords: adsorption, zeolite, limestone, distillation, ethanol

PENDAHULUAN

Dalam kondisi harga BBM yang cenderung meningkat, disebabkan menurunnya cadangan minyak bumi serta bertambahnya jumlah penduduk, meningkatnya penggunaan transportasi dan aktifitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan pemakaian bahan bakar minyak bumi. Hal ini menunjang para ahli untuk menemukan sumber energi alternatif terbaru, salah satunya adalah bioetanol. Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan baku limbah kulit kopi. Limbah yang dihasilkan dari proses pemisahan kulit kopi dengan biji kopi (proses *pulping*) dalam bentuk *biomassa* sangat melimpah jumlahnya [1]. Dengan potensi kopi yang demikian banyak di Indonesia dan di dunia, akan sangat disayangkan jika limbah kulit kopi hanya dimanfaatkan beberapa persen untuk makanan ternak dan kompos. Limbah kulit kopi mengandung kadar gula yang cukup tinggi 13,54%, selama ini belum

dimanfaatkan dengan maksimal [2]. Kadar gula yang ada dalam limbah kulit kopi dapat dikonversi menjadi bioetanol dengan proses fermentasi dengan memanfaatkan jenis ragi dan bakteri *zymomonas mobilis*. Permasalahan umum yang dialami pada proses pembuatan bioetanol adalah sulitnya mendapatkan kadar etanol murni. Sehingga proses pemurnian sangat penting untuk terus diteliti guna mendapatkan metode yang efektif dan efisien dalam pemurniaan bioetanol. Pada penelitian ini pembuatan bioetanol dari limbah kulit kopi melibatkan beberapa tahapan proses untuk mendapatkan hasil yang memenuhi standar baku biofuel agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi. Kajian menunjukkan bahwa bioetanol dapat dihasilkan dari berbagai bahan baku dengan proses distilasi dan dihasilkan konsentrasi bioetanol yang cukup tinggi [3-5]. Pemurnian bioetanol merupakan faktor penting agar dihasilkan bioetanol yang dapat berfungsi sebagai bahan bakar. Kajian

pemurnian bioetanol telah dilakukan dengan berbagai metode untuk menghasilkan bioetanol sesuai dengan grade bahan bakar[6-8].

Penggunaan adsorben dalam proses pemurnian bioetanol merupakan salah satu metoda yang banyak diminati karena lebih sederhana dan murah. Salah satu adsorben yang digunakan adalah zeolit[7-10]. Pada penelitian ini akan dikaji daya serap zeolit alam dan batu gamping dengan modifikasi proses fermentasi menggunakan bantuan *saccharomyces cerevisiae*.

Adapun maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: menentukan pengaruh konsentrasi zeolit terhadap daya serap air dalam bioetanol limbah kulit kopi, menentukan pengaruh konsentrasi batu gamping terhadap daya serap air dalam bioetanol limbah kulit kopi, serta menentukan karakteristik bioetanol yang meliputi *konsentrasi*, *densitas* dan dibandingkan SNI.

Penggunaan zeolit alam dan batu gamping dalam penelitian ini diharapkan dapat memurnikan bioetanol sehingga mendapatkan hasil yang diharapkan untuk standar biofuel.

Kulit Kopi

Biji kopi merupakan bahan pertanian yang digunakan untuk pengolahan kopi. Biji kopi umumnya terdiri dari kulit buah, daging buah, lapisan lendir, kulit tanduk dan kulit ari [11]. Pengolahan biji kopi merupakan salah satu pengolahan menghasilkan limbah yang besar. Limbah yang dihasilkan dapat berupa kulit kopi, yang dapat berupa kulit buah basah, kulit gelondong kering, cangkang kering, maupun limbah cair yang mengandung lendir. Limbah kulit kopi yang dihasilkan dari pengolahan biji kopi mencapai 50 – 60% dari hasil panen. Sehingga dengan potensi yang besar tersebut maka pemanfaatan kulit kopi banyak dilakukan untuk berbagai keperluan.

Pengolahan Kopi

Pengupasan kulit buah kopi (*pulping*) merupakan salah satu tahapan proses pengolahan kopi yang membedakan antara pengolahan kopi cara basah dengan kering. Mesin pengupas kulit buah kopi basah (*pulper*) digunakan untuk memisahkan atau melepaskan komponen kulit buah dari bagian kopi berkulit cangkang.

Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bangun respirasi anaerobik, akan tapi, ada ciri utama yang semakin jelas yang memberikan definisi fermentasi sebagai respirasi dalam sekeliling yang terkait anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal. Beberapa enzim terlibat dalam proses fermentasi untuk menguraikan reaksi secara mikrobiologi.

Bioetanol

Bioetanol dapat dihasilkan dari proses fermentasi karbohidrat dengan menggunakan mikroorganisme. Pada umumnya reaksi berlangsung secara enzimatis. Proses fermentasi bioetanol dilakukan dengan konversi karbohidrat atau pati dari tumbuh-tumbuhan atau tanaman menjadi glukosa dengan proses hidrolisis asam secara enzimatis yang kemudian dilanjutkan dengan tahapan pemurnian.

Etanol sebagai Biofuel

Etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan. Umumnya etanol dijadikan sebagai bahan tambahan dalam bahan bakar bensin atau diesel. Peningkatan produksi etanol sebagai bahan bakar untuk transportasi mencapai 3 kali lipat dalam waktu 7 tahun dari tahun 2000 sampai 2007. Komposisi etanol dalam bahan bakar juga meningkat dari 3,7% menjadi 5,4% dari tahun 2007

hingga 2008.

Zeolit

Zeolit alam merupakan *adsorben* yang potensial karena memiliki kapasitas *adsorpsi* yang tinggi. Secara struktur, zeolit terdiri dari atas kerangka dari *aluminosilikat* yang berasal dari struktur tiga dimensi dari SiO_4 dan AlO_5 . Zeolit alam memiliki kerangka bermuatan negatif yang dinetralkan dengan kation alkali atau alkali tanah misalnya Na^+ , K^+ atau Ca^{2+} . Gugus aktif kation ini berperan sebagai penyeimbang muatan yang dapat ditukar dengankation lain misalnya surfaktan kationik.

Batu Gamping (Batu Kapur)

Batu kapur merupakan mineral karbonat yang terjadi dari proses penguapan air laut atau binatang yang dipisahkan oleh air laut untuk membuat cangkang, juga dapat terbuat dari sisa-sisa bahan organik seperti rumah kerang.

Umumnya pada proses pengendapan terikut juga zat-zat pengotor seperti unsur magnesium, lempung dan pasir yang memberikan klasifikasi terhadap jenis dan kualitas batu kapur. Jika bahan pengotornya magnesium, maka batu kapur dinamakan dengan dolomite, sedangkan untuk pengotor lempung, maka batu kapunya dinamakan batau kapur lempungan, sementara untuk pengotor pasir, batu kapur dinamakan batu kapur pasiran, Unsur-unsur pengotor sangat berpengaruh pada karakteristik batu kapur seperti warna, kerapatan, kekerasan, dan *specific gravity*.

METODE

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan adalah kulot kopi, zeolit (tanah liat); Batu gamping, larutan H_2SO_4 pekat 98%; larutan ammonia pekat 25%.

Alat yang digunakan adalah crusher;

ayakan 80 mesh, oven; labu takar 50 ml; beaker glass 25 ml; refraktometer, pipet ukur 5 ml, 25 ml; timbangan analitik DJ1002B; spatula; corong; kertas saring whatman; ball pipet, shaker, fermentor.

Persiapan Penelitian

Limbah kulit kopi yang sudah di perkecil ukuran dengan menggunakan blender, kemudian disaring untuk mendapatkan cairannya saja, lalu setelah itu dimasukkan kedalam fermentor dan kemudian diberikan bahan-bahan yang digunakan untuk makanan bakteri mempercepat hasil alkoholisasi pada proses fermentasi. Setelah fermentasi selama dua hari, lalu dilakukan proses destilasi, pada 78°C dan selama 4 jam untuk menghasilkan bioetanol.

Persiapan adsorben zeolit yaitu dengan cara memperkecil ukuran zeolit lalu ayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh dan kemudian dilakukan aktivasi dengan menggunakan larutan H_2SO_4 1 N yang telah diencerkan dengan satu liter aquadest. Kemudian dicuci dengan menggunakan aquadest sampai pH standart. Zeolit yang telah diaktivasi tadi dilakukan proses pembakaran pada suhu 120°C selama 2 jam untuk menghilangkan kadar air yang tersisa didalam zeolit tersebut.

Batu gamping dihasilkan dari kulit kerang dengan proses pengecilan ukuran sampai 80 mesh, kemudian dibakar pada suhu 800°C .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Adsorben Zeolit Dan Batu Gamping

Aktivasi zeolit alam

Secara umum, ada tiga proses aktivasi yang biasa dilakukan terhadap zeolit alam, yaitu aktivasi fisis dengan pemanasan, aktivasi secara kimia dengan asam dan aktivasi kimia secara basa. Pada penelitian ini, aktivasi zeolit alam dilakukan dengan secara kimia dan fisis yaitu dengan pemanasan atau pembakaran di dalam oven

menggunakan suhu 150 °C untuk menghilangkan kadar air yang terjerap di dalam zeolit sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah.

Proses aktivasi secara kimia dengan penambahan larutan asam H₂SO₄ 60 ml ke dalam 1000 ml aquadest dan perendaman zeolit selama 2 jam bertujuan membersihkan permukaan pori, melarutkan oksida-oksida pengotor termasuk silika dan aluminium bebas serta mengatur letak atom serta melarutkan beberapa logam alkali dan alkali tanah sehingga dapat terbentuk zeolit-H⁺ atau zeolit-Na⁺. Perlakuan zeolit yang diaktivasi dalam penelitian ini bekerja efektif, yang dapat meningkatkan porositas adsorben. Aktivasi menggunakan asam menyebabkan struktur pori, mesopori dan perubahan Si/Al yaitu perbandingan Si/Al meningkat karena pelepasan Al dari struktur zeolite melalui reaksi:



Aktivasi dan kalsinasi batu gamping

Proses kalsinasi yang paling umum dimaksudkan untuk mendekomposisi kalsium karbonat (batu kapur, CaCO₃) menjadi kalsium oksida (Kapur bakar, CaO) dan gas karbon dioksida atau CO₂. Produk dari kalsinasi biasanya disebut sebagai “kalsin”, yaitu mineral yang telah mengalami proses pemanasan. Selama proses kalsinasi, batu kapur CaCO₃ yang dibakar pada temperatur 600 °C di dalam *furnace* dengan waktu kenaikan suhu *furnace* 4 jam dan waktu pembakaran 2 jam, akan terurai menjadi kapur bakar dengan rumus kimia CaO (kalsium oksida) dan gas karbon oksida, CO₂ sesuai dengan reaksi berikut:



Proses kalsinasi meliputi pelepasan air, karbon dioksida atau gas-gas lain yang terikat secara kimiawi. Proses kimiawi lebih endotermik dari pada proses pengeringan. Sehingga panas terus dipasok dari sumber

dengan temperatur relatif tinggi. Perubahan komposisi batu kapur setelah dikalsinasi menjadi batu kapur bakar sebelum diproses memiliki kandungan Si, Mg, dan Al.

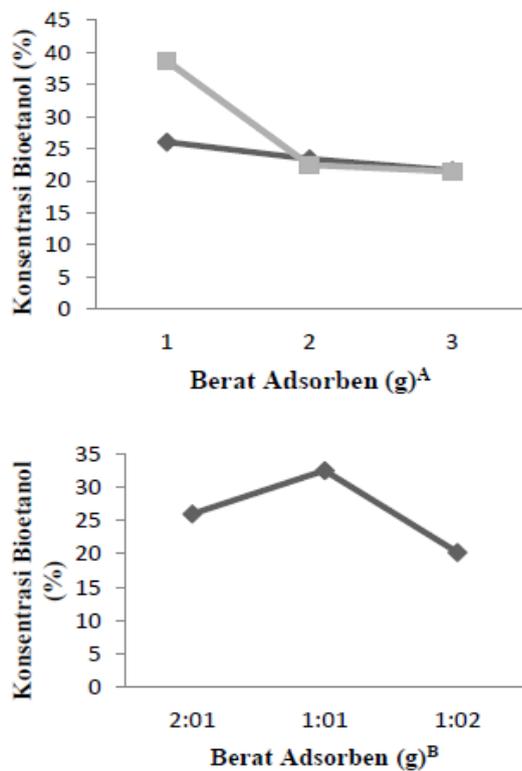
Adsorpsi Bioetanol Dengan Adsorben Zeolit Dan Batu Gamping

Pada penelitian ini zeolit alam dan batu gamping digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar air yang terkandung di dalam bioetanol hasil fermentasi dari ekstrak kulit kopi. Hasil fermentasi didistilasi terlebih dahulu untuk memisahkan fraksi berat dan mengambil bioetanol saja. Namun demikian, bioetanol hasil distilasi masih mengandung air dengan kadar yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan proses lanjutan. Kadar etanol hasil distilasi sebesar 20,06%.

Tahap selanjutnya dilakukan proses adsorpsi menggunakan adsorben zeolit dan batu gamping yang sudah diaktivasi. Berat masing-masing adsorben yang digunakan adalah 3 g, 5 g, dan 7 gr dan waktu adsorpsi 8 jam. Proses adsorpsi dikondisikan sedemikian rupa untuk meminimalisir terjadinya proses penguapan bioetanol.

Pengaruh berat dan jenis adsorben

Gambar 1 memperlihatkan bahwa jenis perlakuan adsorben yang diaktivasi dengan waktu adsorpsi 8 jam dan ukuran partikel adsorben 80 mesh menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi 38,67%. Penggunaan adsorben batu gamping sebanyak 3gr memberikan peningkatan kadar etanol yang signifikan. Penambahan jumlah berat adsorben tidak mempengaruhi peningkatan kadar bioetanol dalam penelitian ini. Gambar 1 juga menjelaskan bahwa nilai konsentrasi didapat dari perbandingan 1:1 dengan berat keseluruhan adsorben 5g yaitu konsentrasi bioetanol yang didapat sebesar 32,46% dan konsentrasi air yang diserap oleh adsorben sebanyak 67,54%. Menurut Badan Standarisasi Nasional, indeks bias etanol murni yaitu sebesar 1,3633 dengan konsentrasi *fuel grade* 99,5%.



Gambar 1. Pengaruh berat adsorben terhadap konsentrasi Bioetanol (A: ◆ = zeolit; ◻ = batu gamping; B: zeolit+batu gamping)

Pengujian sampel

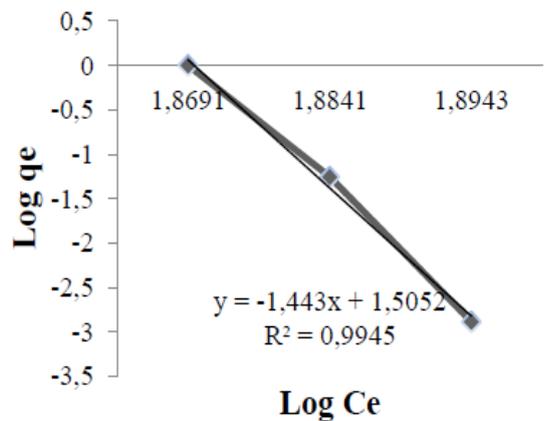
Densitas

Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Pengujian densitas dilakukan menggunakan dilatometer 10 ml. Pada penggunaan adsorben zeolit 7 g dan adsorben batu gamping 5 g diperoleh densitas bioetanol masing-masing 0,789 g/ml dan 0,7849 g/ml. Densitas bioetanol yang telah diadsorpsi sesuai dengan SNI 06-3565-1994.

Isotherm Adsorpsi

Gambar 2 s.d 4 memperlihatkan hubungan isotherm Freundlich untuk ketiga jenis adsorben yaitu zeolit, batu gamping, dan campuran yaitu zeolit alam dengan batu gamping. Berdasarkan kurva tersebut

diperoleh tingkat kesesuaian kurva yang dinyatakan dengan R^2 yang diperoleh dengan model isotherm freundlich pada penggunaan adsorben zeolit, batu gamping, dan campuran zeolit dengan batu gamping, masing-masing 0,9945; 0,8088; dan 0,9985. Model adsorpsi bioetanol menggunakan zeolit alam, dan batu gamping mengikuti model isotherm adsorpsi freundlich karena menghasilkan nilai R^2 mendekati 1.

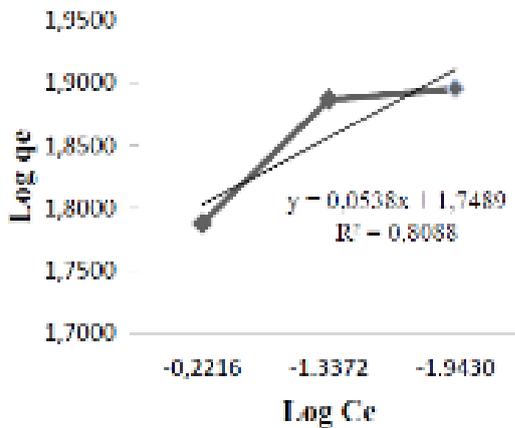


Gambar 2. Kurva Isotherm Freundlich pada proses adsorpsi dengan Zeolit Alam

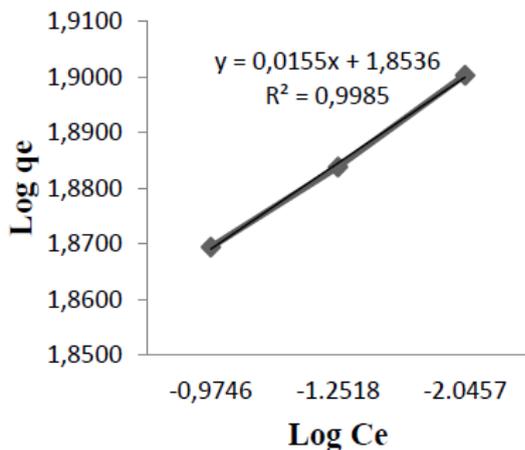
Pada Gambar 4.2, kurva isotherm Freundlich adsorpsi bioetanol dengan zeolit ukuran partikel 80 mesh, diperoleh nilai korelasi (R^2) 0,9945. Persamaan garis yang diperoleh pada proses adsorpsi dengan adsorben zeolit adalah $y = -1,443x + 1,5052$ dengan slope (1/n), dan intersept sebagai konstanta Freundlich (kf) . Nilai kapasitas adsorpsi dari adsorben zeolit yaitu -0,6930 mg/g dan konstanta Freundlich 4,5050. Hal ini menandakan bahwa banyaknya air yang diserap oleh zeolit adalah 4,5050 mg/g

Kurva isotherm Freundlich pada adsorpsi dengan batu gamping diperlihatkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut diperoleh persamaan garis lurus $y = 0,0538x - 1,7489$ dengan slope (1/n), dan intersept kf. Dari persamaan tersebut didapat nilai kapasitas adsorpsi dari adsorben batu gamping yaitu 18,58 mg/g serta konstanta Freundlich 5,7482. Banyaknya air yang diserap oleh adsorben

batu gamping adalah 18,58 mg/g.



Gambar 3. Kurva Isotrem Freundlich pada proses adsorpsi dengan batu gamping



Gambar 4. Kurva Isoterm Freundlich pada adsorpsi dengan zeolit alam+batu gamping

Kurva isoterm Freundlich pada adsorpsi dengan zeolit dan batu gamping diperlihatkan pada Gambar 4. Persamaan garis yang diperoleh pada proses adsorpsi bioetanol dengan campuran zeolit dengan batu gamping yaitu $y = 0,0155x + 1,8536$ dengan slope (1/n), didapat nilai kapasitas adsorpsi dari adsorben yaitu 64,5161 mg/g dan konstanta Freundlich 6,3827. Sebanyak 64,5161 mg/g air diadsorpsi oleh adsorben campuran zeolit dan batu gamping.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada peningkatan etanol hasil distilasi menggunakan adsorben zeolit dapat

disimpulkan bahwa penggunaan adsorben zeolit dan batu gamping menghasilkan etanol dengan indeks bias dan densitas berturut-turut 1,33485-1,33960 dan 0,7453-0,798 g/ml. Adsorpsi bioetanol dengan 3 g adsorben batu gamping dapat menghilangkan kadar air sampai sebesar 29,36%. Proses adsorpsi bioetanol dengan adsorben zeolit, batu gamping, dan zeolit dengan batu gamping mengikuti isoterm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi 6,4 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismail I., et al., 2020. *Pelet Ikan Berbasis Biomassa Kulit Kopi, Limbah Udang, Daun Kelor Dan Dedak Padi*. Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi, Vol. 18, No. 02,
- [2] Diniyah N., D. Sulistia, and A. Subagio, 2013. *Extraction and Characterization of the Water Soluble Polysaccharides from Coffee Pulp of Arabica (Coffea Arabica) and Robusta (Coffea Canephora) Variety*. Jurnal Teknologi Pertanian, Vol. 14, No. 2,
- [3] Sari N.K., 2018. *Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Dengan Distilasi Batch*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia, Vol. 8, No. 3, pp. 94-103.
- [4] Hapsari M.A., A. Pramashinta, and A. Purbasari, 2013. *Pembuatan Bioetanol Dari Singkong Karet (Manihot Glaziovii) Untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah Ke Bahan Bakar Nabati*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, pp. 240-245.
- [5] Trisasiwi W., 2016. *Pembuatan Bioetanol Dari Minuman Serbuk Afkir*. Agrotek, Vol. 10, No. 2, pp. 108-112.
- [6] Susilo B., D.F. Nurirenia, and S.H. Sumarlan, 2018. *Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Distilasi Dan Adsorpsi Dengan*

- Penambahan Asam Sulfat (H₂SO₄) Pada Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol. 5, No. 1, pp. 19-26.*
- [7] Novitasari D., D. Kusumaningrum, and T.D. Kusworo, 2012. *Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Adsorpsi Dan Distilasi Adsorpsi Dengan Adsorbent Zeolit. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, No. 1, pp. 534-539.*
- [8] Rahman N.A. and H. Setyawati, 2012. *Peningkatan Kadar Bioetanol Dari Kulit Nanas Menggunakan Zeolit Alam Dan Batu Kapur. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 6, No. 2,*
- [9] Firdausi N.Z., N.B. Samodra, and H. Hargono, 2013. *Pemanfaatan Pati Singkong Karet (Manihot Glaziovii) Untuk Produksi Bioetanol Fuel Grade Melalui Proses Distilasi-Dehidrasi Menggunakan Zeolit Alam. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 2, pp. 76-81.*
- [10] ISVANDIARY S., 2020. *Pemanfaatan Zeolit Alam Untuk Meningkatkan Kemurnian Bioetanol Dari Singkong Karet (Manihot Glaziovii). Unesa Journal of Chemistry, Vol. 9, No. 1,*
- [11] Widyotomo S., H. Purwadaria, and C. Ismayadi. *Peningkatan Mutu Dan Nilai Tambah Kopi Melalui Pengembangan Proses Fermentasi Dan Dekafeinasi. in Prosiding Seminar Hasil Penelitian Insentif Riset. Kementerian Riset dan Teknologi. 2012.*