

Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ Dan Waktu Fermentasi Terhadap Proses Pembuatan Bioetanol Berbahan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

Putri Andini Wulandari¹, Muhrinsyah Fatimura^{1,*}, Reno Fitriyanti¹

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang, Jl. Jend A. Yani Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang, Indonesia

*E-mail: m.fatimura@univpgri-palembang.ac.id

Abstrak

Eceng gondok atau *Eichhornia crassipes* merupakan tumbuhan yang banyak mengandung selulosa yaitu 64,51%, pentosa 15,611 % dan 7,69 % lignin. Jumlah selulosa yang sangat tinggi ini memungkinkan eceng gondok dapat diolah menjadi bioetanol. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat sebagai katalis dalam proses hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan dan lamanya fermentasi terhadap banyaknya jumlah bioetanol yang diperoleh dari eceng gondok sebagai bahan bakunya. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan beberapa tahapan meliputi *pretreatment*, *delignifikasi*, hidrolisis, fermentasi, destilasi, dan pengujian kadar bioetanol menggunakan *alkoholmeter*. Larutan NaOH 5% digunakan selama proses *delignifikasi* untuk menghilangkan lignin. Hasil dari proses *delignifikasi* akan dilakukan proses hidrolisis menggunakan larutan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi 3 %, 5 %, 6 %, dan 7 %, sedangkan waktu fermentasi yang dilakukan selama 72 jam, 96 jam, dan 120 jam. Pada proses fermentasi, ragi yang digunakan adalah ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*). Berdasarkan hasil penelitian ini, pada proses hidrolisis menggunakan asam sulfat konsentrasi 6 % diperoleh kadar glukosa tertinggi sebesar 17,17 % dan kadar bioetanol tertinggi sebesar 10,096 % dengan waktu fermentasi selama 72 jam.

Kata kunci: eceng gondok, hidrolisis, konsentrasi asam sulfat, fermentasi

1. Pendahuluan

Baik di negara industri maupun negara berkembang saat ini memiliki kebutuhan energi yang lebih besar. Sumber energi utama di Indonesia masih berupa bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui termasuk minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Seiring dengan meningkatnya permintaan energi dan populasi penduduk, maka menyebabkan pasokan energi terus berkurang. Oleh sebab itu, untuk mengatasi masalah ini perlu adanya sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar, salah satunya ialah bioetanol.

Bahan bakar alternatif yang aman bagi lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable*) adalah bioetanol. Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dengan memfermentasi glukosa (gula) agar diperoleh etanol murni melalui proses penyulingan. Bioetanol dapat digunakan sebagai alternatif premium karena sifatnya

yang mirip dengan minyak premium (Wardefisni et al., 2020).

Terdapat tiga kategori bahan baku yaitu pati, selulosa, dan gula yang dapat digunakan untuk membuat bioetanol (Muin et al., 2014). Di perairan Indonesia, eceng gondok merupakan sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam pembuatan bioetanol. Kandungan selulosa dan bahan organik eceng gondok sangat tinggi. Pada eceng gondok, konsentrasi selulosa sebesar 64,51 % dan kandungan lignin sebesar 7,69 % dan (Firmansyah et al., 2022). Hal ini menyebabkan eceng gondok berpeluang sebagai bahan dasar dalam membuat bioetanol. Menurut Ardiyanto dan Zainuddin (2015), dalam membuat bioetanol berbahan selulosa dapat dilakukan melalui tahapan proses *pretreatment*, *delignifikasi*, hidrolisis, dan fermentasi.

Ada banyak faktor termasuk pH, waktu, suhu, tekanan, serta konsentrasi asam yang dapat mempengaruhi proses hidrolisis. Laju hidrolisis akan meningkat ketika konsentrasi asam meningkat. Semakin banyak glukosa dan bioetanol yang dihasilkan maka semakin banyak konsentrasi asam yang digunakan, maka (Safitri et al., 2018). Pada penelitian Muin et al. (2014) menghasilkan kandungan bioetanol sebanyak 15,1 % dengan kadar glukosa setelah hidrolisis 16,4 % dan konsentrasi asam sulfat 6 % dengan bahan baku biji alpukat. Ratnasari et al. (2018) dalam penelitiannya menghasilkan kandungan bioetanol serasah lamun paling tinggi yaitu 55 % dengan konsentrasi asam sulfat 0,5 M. Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Putri et al. (2022) mampu menghasilkan bioetanol terbaik dengan kadar bioetanol sebesar 96,591 % pada konsentrasi *Zymomonas mobilis* 15 % v/v dengan bahan baku biji proso millet (*Panicum Mileaceum*).

Banyaknya bioetanol yang dihasilkan selama fermentasi juga dapat dipengaruhi oleh lamanya fermentasi. Menurut Moeksin et al. (2016), jumlah bioetanol yang diperoleh tergantung pada berapa lama fermentasi berlangsung. Semakin tinggi nilai rendemen bioetanol, maka proses fermentasi yang dilakukan berlangsung lama. Penelitian oleh Ratnasari et al. (2018) dengan lama fermentasi 5 hari memperoleh konsentrasi bioetanol paling tinggi yaitu 55 % dari serasah lamun sebagai bahan bakunya. Penelitian yang dilakukan oleh Maharani et al. (2021) memperoleh bioetanol terbaik sebanyak 31,867 % (berat) selama 48 jam fermentasi dengan bahan baku limbah biji durian. Penelitian diatas memperlihatkan bahwasannya hasil bioetanol dipengaruhi oleh waktu fermentasi.

Berdasarkan uraian di atas, hal tersebut yang memotivasi peneliti dalam membuat bioetanol berbahan eceng gondok

(*Eichhornia crassipes*) dengan menganalisa pengaruh konsentrasi H_2SO_4 sebagai katalis pada proses hidrolisis dan lama fermentasi terhadap banyaknya kadar bioetanol yang diperoleh. Diharapkan melalui penelitian ini dapat mengatasi permasalahan melimpahnya keberadaan eceng gondok yang pemanfaatannya masih minim serta belum optimal agar bernilai ekonomis tinggi serta mampu berperan sebagai sumber energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Kimia Universitas PGRI Palembang. Berikut beberapa parameter yang dijadikan sebagai variabel dalam penelitian ini :

- a. Variabel bebas (berubah) dalam penelitian ini adalah
 - Konsentrasi zat katalisator larutan H_2SO_4 : 3%, 5%, 6%, dan 7%
 - Waktu Fermentasi : 72 jam, 96 jam, dan 120 jam
- b. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah jumlah sampel eceng gondok, suhu hidrolisis, waktu hidrolisis, suhu destilasi.

Peralatan yang dipakai pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Oven Listrik
2. Kompor Listrik
3. Ayakan 50 mesh
4. Corong Kaca
5. Loyang Aluminium
6. Neraca Digital
7. Cutter
8. Tutup Gabus
9. Blender
10. Pipet Tetes
11. Alkoholmeter
12. Beaker Glass
13. Erlenmeyer
14. Refraktometer
15. Spatula
16. Termometer

17. Mortar dan Alu
18. Kertas Saring
19. Kertas pH
20. Seperangkat Alat Destilasi

Adapun bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Eceng Gondok
2. Ragi Tape (*Saccharomyces cereviceae*)
3. Larutan H_2SO_4
4. *Aquadest*
5. Gula (sebagai *nutrient*), dan
6. Larutan NaOH.

2.1. Tahap Pretreatment

Siapkan 15 kg eceng gondok, kemudian cuci hingga bersih agar sisa-sisa kotoran yang menempel tidak mempengaruhi kualitas tepung. Lalu, potong kecil-kecil eceng gondok yang telah bersih ± 2 cm dan jemur di bawah sinar matahari selama ± 5 hari atau keringkan dengan oven. Selanjutnya gunakan blender untuk menghaluskan potongan eceng gondok kering. Ayak tepung yang telah dihaluskan menggunakan ayakan 50 mesh hingga berbentuk bubuk atau powder yang homogen.

2.2. Tahap Delignifikasi

Timbang tepung eceng gondok sebanyak 100 gram dan tambahkan 300 mL larutan NaOH 5% ke dalam panci. Panaskan selama ± 1 jam pada suhu $100^\circ C$. Untuk memisahkan lignin terlarut, bubur hasil perendaman harus dicuci 3 kali dengan air suling sampai pH netral. Setelah dicuci bubur eceng gondok dikeringkan pada suhu $70^\circ C$ untuk menghilangkan kandungan air sehingga memperoleh selulosa.

2.3. Tahap Hidrolisis

Filtrat hasil delignifikasi dihidrolisis dengan 300 mL larutan H_2SO_4 sesuai konsentrasinya 3%, 5%, 6%, dan 7%, dimasukkan ke dalam panci. Kemudian larutan dipanaskan pada suhu $100^\circ C$ selama ± 1 jam. Dinginkan hasil hidrolisis dan saring menggunakan kertas saring agar

diperoleh glukosa. Lakukan analisa kandungan kadar glukosanya.

2.4. Tahap Fermentasi

Gunakan sampel hasil hidrolisa dengan kadar glukosa tertinggi untuk proses fermentasi. Sebelum difermentasi ukur terlebih dahulu pH glukosa, *Saccharomyces cereviceae* dapat bekerja dengan baik pada pH 4 – 5. Apabila pH terlalu asam maka perlu dilakukan penetralan dengan menambahkan NaOH. Selanjutnya tambahkan 7 gram ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*) dan 7% gula pasir sebagai *nutrientnya* untuk semua variasi waktu fermentasi (72 jam, 96 jam, dan 120 jam). Selama fermentasi berlangsung, suhu harus tetap dijaga pada suhu ruangan $30^\circ C$. Saring hasil fermentasi agar larutan dapat terpisah dari zat pengotor lainnya.

2.5. Tahap Destilasi

Peralatan distilasi harus disiapkan dan dirangkai dengan benar. Kemudian, tuang hasil fermentasi yang telah disaring ke dalam labu distilasi. Atur suhunya $80^\circ C$ dan lakukan distilasi selama $\pm 2 - 3$ jam. Distilat yang diperoleh harus disimpan dalam wadah tertutup rapat.

2.6. Analisis Kadar Gula

Analisa kandungan gula hasil sebelum dan setelah hidrolisis dapat dilakukan dengan cara meneteskan 2 - 3 tetes larutan sampel yang diperoleh ke dalam *refraktometer*. *Refraktometer* mengukur jumlah gula (glukosa) pada larutan sampel menggunakan indeks bias cahaya sebagai dasar pengoperasiannya. Dikarenakan alat ini memanfaatkan cahaya dalam penggunaannya, maka penggunaan *refraktometer* dapat dilakukan di tempat yang banyak mendapatkan cahaya atau digunakan langsung di bawah sinar matahari.

2.7. Pengujian Kadar Bioetanol

Untuk mengetahui konsentrasi bioetanol yang dikandungnya, sampel bioetanol yang

telah disuling dituangkan pada gelas ukur. Masukkan *alkoholmeter* dan diamkan selama ± 5 menit untuk mengetahui kadar alkohol yang dihasilkan. Adapun prinsip kerja dari *alkoholmeter* adalah didasarkan berat jenis campuran antara alkohol dan air. Dimana, persentase alkohol ditampilkan pada skala di bagian atas *alkoholmeter*.

2.8. Rendemen

Rendemen adalah banyaknya bioetanol yang tertampung dari hasil proses destilasi. Rendemen bioetanol dapat dihitung dari volume destilat yang diperoleh dibagi dengan volume awal sebelum di destilasi dan kemudian dikalikan 100 %. Perhitungan rendemen ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya bioetanol yang diperoleh dari eceng gondok. Rendemen bioetanol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Volume destilat yang diperoleh}}{\text{Volume awal sebelum destilasi}} \times 100 \%$$

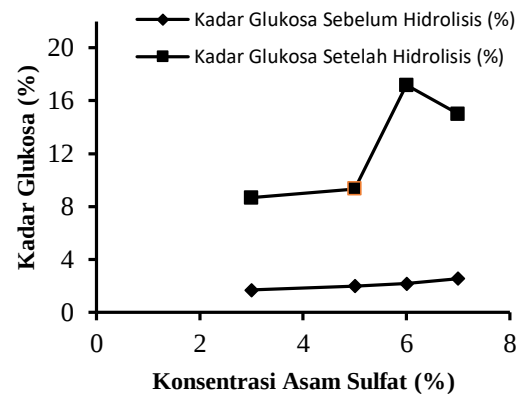
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa (%) yang diperoleh dari Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis eceng gondok dilakukan dengan cara pemanasan tertutup pada suhu 100°C memperoleh kadar glukosa yang berbeda-beda untuk keempat konsentrasi yang digunakan.

Tabel 1. Analisis Kadar Glukosa Hasil Sebelum dan Setelah Hidrolisis

No	Konsentrasi Asam Sulfat (%)	Kadar Glukosa	
		Sebelum Hidrolisis (%)	Setelah Hidrolisis (%)
1.	3	1,70	8,67
2.	5	2,00	9,33
3.	6	2,17	17,17
4.	7	2,55	15,00



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa (%).

Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap kadar glukosa yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 1. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa kadar glukosa sebelum hidrolisis cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa yang relatif tinggi sebesar 64,51%. Dimana berdasarkan data yang didapatkan, kadar glukosa sebelum hidrolisis tertinggi sebesar 2,55 %, sedangkan yang terendah sebesar 1,7 %. Rendahnya kadar glukosa dapat diakibatkan karena proses *pretreatment* dan delignifikasi yang belum maksimal, sehingga masih ada lapisan lignin yang sepenuhnya belum terpecahkan. Dimana, lignin tersebut masih berikatan dengan selulosa yang didalamnya terdapat jaringan yang sulit didegradasi. Hal tersebut disebabkan oleh struktur lignin yang kompleks dan kuat berikatan dengan selulosa maupun hemiselulosa.

Grafik tersebut juga memperlihatkan bahwasannya kadar glukosa setelah hidrolisis terjadi peningkatan dibandingkan sebelum hidrolisis. Peningkatan tersebut dikarenakan terpecahnya kandungan selulosa yang terdapat dalam eceng gondok menjadi glukosa. Dari grafik diatas diketahui bahwa kadar glukosa terendah pada penggunaan konsentrasi 3 % sebesar 8,67 % dan Pada konsentrasi 6 % menghasilkan kadar glukosa tertinggi sebesar 17,17 %.

Konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) memiliki peranan awal dalam memperoleh kadar bioetanol tertinggi, namun hal tersebut tidak terlepas dari lamanya waktu yang digunakan saat fermentasi. Menurut Fachry (2017), kadar glukosa yang diperoleh lebih besar seiring dengan banyaknya konsentrasi asam yang digunakan. Dilihat pada grafik diatas, kadar glukosa hasil hidrolisis terus meningkat seiring besarnya konsentrasi asam yang digunakan. Hal ini terjadi dikarenakan pada konsentrasi asam yang lebih tinggi lebih banyak selulosa yang terurai menjadi glukosa. Akan tetapi, kadar glukosa mengalami penurunan pada konsentrasi asam sulfat 7 %.

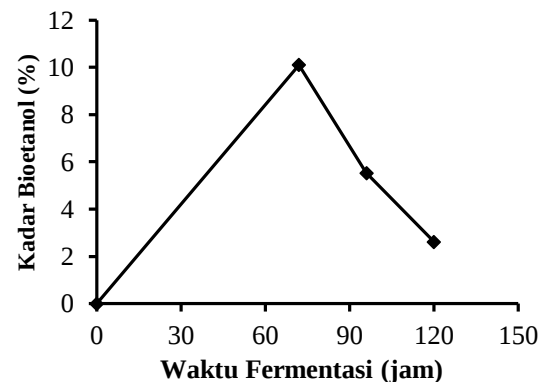
Menurut (Muin, Lestari and Sari, 2019), reaksi hidrolisis akan semakin cepat apabila semakin banyaknya jumlah katalisator yang digunakan. Akan tetapi, semakin besar konsentrasi asam yang digunakan dapat mengakibatkan gula seperti glukosa dapat dipecah menjadi senyawa HMF (hidroksi metil furfural) dan furfural yang menghasilkan senyawa asam format. Tingginya konsentrasi asam dan suhu memungkinkan terjadi reaksi karamelisasi, yaitu berubahnya larutan menjadi berwarna coklat (karamel) yang mengurangi gula pereduksi yang dihasilkan selama hidrolisis. Reaksi ini akan menghambat konversi selulosa menjadi glukosa. Apabila terjadi reaksi karamelisasi maka kadar glukosa yang terbentuk akan turun.

3.2. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol (%) yang diperoleh

Tabel 2. Hasil Analisa Bioetanol Eceng Gondok

No.	Waktu Fermentasi (Jam)	Kadar Bioetanol (%)	Rendemen (%)
1.	72	10,096	50,42
2.	96	5,528	48,48
3.	120	2,623	46,12

Dari tabel diatas diketahui bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan menunjukkan kadar yang berbeda di setiap variasi waktu fermentasi.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol (%).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Gambar 2 menunjukkan bahwa lamanya proses fermentasi memiliki pengaruh langsung terhadap kadar bioetanol (%) yang diperoleh. Dimana, lamanya waktu fermentasi mengakibatkan jumlah bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi hingga mencapai waktu optimum dan akan menurun apabila sudah melebihi waktu optimumnya.

Pada penelitian ini konsentrasi bioetanol tertinggi sebesar 10,096 % dengan nilai rendemen sebesar 50,42 % yang dicapai pada lama fermentasi 72 jam. Hal itu dikarenakan, pada fase eksponensial *Saccharomyces cerevisiae* paling efisien mengubah glukosa menjadi bioetanol. Pada fase ini mikroba tumbuh secara cepat dalam jumlah yang besar sehingga menyebabkan produksi bioetanol melimpah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Baitie (2017), waktu fermentasi optimum bagi ragi *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan bioetanol ialah 3 hari. Jumlah bioetanol yang dihasilkan akan menurun apabila waktu fermentasi berlangsung lebih dari 3 hari. Kadar bioetanol akan menurun apabila sudah melebihi waktu optimalnya.

Namun memasuki waktu fermentasi 96 jam, konsentrasi bioetanol yang diperoleh terjadi penurunan yang disebabkan oleh menurunnya aktivitas mikroorganisme dalam proses fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase kematian (*death phase*) dan tidak berfungsi secara optimal, dimana pembelahan sel tidak terjadi lagi dan ketersediaan nutrient yang semakin berkurang sehingga mempengaruhi kelangsungan hidup mikroba dan pembentukan bioetanol. Hal ini ditandai dengan volume bioetanol yang dihasilkan cenderung menurun. Pada kondisi tersebut juga terjadi reaksi oksidasi. Dimana, apabila proses fermentasi ini dibiarkan terus berlangsung maka *Saccharomyces cerevisiae* akan mengoksidasi bioetanol menjadi asam asetat, yang ditandai dengan terdapatnya gelembung-gelembung udara pada larutan sampel (Alam, Suardi and Illing, 2022).

4. Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu :

- 1) Kadar glukosa yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh penggunaan asam sulfat (H_2SO_4). Pada penelitian ini kadar glukosa tertinggi diperoleh pada penggunaan konsentrasi asam sulfat 6% dengan kadar glukosa sebesar 17,17%.
- 2) Banyaknya bioetanol yang dihasilkan dipengaruhi oleh lamanya proses fermentasi. Semakin lama waktu fermentasi, maka jumlah bioetanol yang dihasilkan meningkat hingga mencapai waktu optimum dan akan menurun apabila sudah melewati waktu optimumnya. Waktu fermentasi bioetanol eceng gondok terbaik ialah 72 jam dengan kadar bioetanol diperoleh sebesar 10,096 %.

Daftar Pustaka

- Alam, M.N., Suardi, S. And Illing, I. (2022) Pengaruh Hidrolisis Terhadap Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Jeruk Dan Daun Jambu Biji. *Cokroaminoto Journal Of Chemical Science*. 4(2), Pp. 5–8.
- Baitie, A.N. (2017). Hidrolisis Enzimatis Dan Fermentasi TKKS Yang Didelignifikasi Dengan Asam Sulfat Dan Naoh Untuk Produksi Etanol. *Seminar Nasional Avoer Ke-3* [Preprint], (451–46).
- Febrina, R.V., Nasution, R.S. and Arfi, F. (2020). Pengaruh Variasi Massa Ragi *Saccharomyces Cerevisiae* Terhadap Kadar Bioetanol Berbahan Dasar Limbah Kulit Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L). *Jurnal Amina*, 2(1), pp. 19–25.
- Firmansyah, M.Y., Wahyudi, D.D. And Widodo, L.U. (2022). Pemanfaatan Eceng Gondok Menjadi Bioetanol Dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Envirotek*, 14(1), Pp. 74–79.
- Kerina, D.Y., Hardoyo And Atmono (2022). Fermentasi Bioethanol Dari Bahan Baku Biji Buah- Buahan Menggunakan Ragi Roti Dan Ragi Tape. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 5(1), pp. 24–34.
- Maharani, M.M., Bakrie, M. And Nurlela (2021). Pengaruh Jenis Ragi, Massa Ragi Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Biji Durian. *Jurnal Redoks*, 6(1), Pp. 57–65.
- Moeksin, R., Comerioresni, L. And Damayanti, R. (2016). Pembuatan Bioetanol Dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dengan Perlakuan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1), Pp. 9–17.

- Muin, R., Lestari, D. And Sari, T.W. (2014). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Yang Dihasilkan Dari Biji Alpukat. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), Pp. 1–7.
- Putri, J.D.R. Et Al. (2022). Pembuatan Bioetanol Dari Fermentasi Biji Proso Millet (*Panicum Mileaceum*) Menggunakan *Zymomonas Mobilis*. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVIII*, Pp. 24–28.
- Ratnasari, D., Hidayati, N.R. And Dewi, N.K. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Serasah Lamun. *Jurnal Cheesa (Chemical Engineering Research Articles)*, 1(1), Pp. 31–36.
- Safitri, R. Et Al. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Dalam Proses Hidrolisis Selulosa Dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Costaricensis*) Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Polban*
- Tyas Ramadhani, R., Arrachmah, N. and Suprianti, L. (2020). Proses Pembuatan Bioetanol Dari Buah Naga Merah. *Jurnal Chemical and Process Engineering (ChemPro)*, 01(02).
- Wardefisni, Z.N., Nafira, N.A. And Wahyusi, K.N. (2020). Studi Kesesuaian Katalisator Asam Pada Proses Pembuatan Bioethanol Dari Bahan Kulit Pisangraja. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVI*, Pp. 1–5.