



Kinetic Study of the Hydrolysis Reaction of Kepok Banana Peel Cellulose (*Musa Paradisiaca L.*) into Glucose Using the H₂SO₄ Catalyst

Zulnazri Zulnazri^{1,2}, Fikri Fadli Ramadani¹, Agam Muarif^{1,2}, Azhari¹, Rizka Nurlaila^{1,2}

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe 24355

²Center of Excellence Technology Natural Polymer and Recycle Plastics, Malikussaleh University, 24355

Korespondensi: e-mail: zulnazri@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini memaparkan tentang kajian kinetika reaksi hidrolisis selulosa kulit pisang kepok (*musa paradisiaca l.*) sebagai glukosa. Kulit pisang merupakan biomassa yang jumlahnya cukup melimpah di alam namun belum dimanfaatkan dengan sentuhan teknologi sebagai produk bernilai ekonomi. Salah satu kandungan yang terdapat pada kulit pisang kepok adalah pati. Pati dapat diubah menjadi gula melalui metode hidrolisis dengan penambahan katalis. Kadar glukosa tertinggi yaitu 5,28 mg/L yang diperoleh pada kondisi hidrolisis menggunakan katalis H₂SO₄ 2,5 M dengan waktu reaksi 90 menit dan temperatur 95°C. Kinetika reaksi hidrolisis kulit pisang kepok menggunakan H₂SO₄ 2,5 M dari hasil penelitian ini merupakan reaksi orde satu.

Kata kunci : Kulit Pisang kepok, Pati, Hidrolisis, Katalisator, Glukosa

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.13885>

1. Pendahuluan

Pisang merupakan tumbuhan hortikultura yang merupakan salah satu komoditas ekspor non migas yang sangat potensial untuk dikembangkan. Pisang juga merupakan jenis tanaman non musim yang setiap saat dapat dipanenkan. Akar, bonggol, batang, daun sampai kulit pisang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan rumah tangga dan industri. Pisang mempunyai kandungan gizi sangat baik dan kaya mineral seperti kalium, magnesium, fosfor, besi, dan kalsium. Pisang juga mengandung vitamin : C, B kompleks, B6, dan serotonin yang aktif sebagai neuro transmitter dalam kelancaran fungsi otak (Julfan et al., 2016). Pisang merupakan tanaman penting di dunia, perkebunan pisang menghasilkan berton-ton residu setelah setiap musim panen dan selama pemrosesan untuk mendapatkan ampas pisang. Endapannya mungkin meliputi daun, batang semu, tangkai, dan

bunga, namun 35%–50% dari total massa buah mewakili kulit pisang (Gomes et al., 2020).

Kulit pisang mempunyai kandungan pektin dan selulosa. Gugus aktif dari pektin dan selulosa berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif bahan baku adsorben ion logam berat (Dewi, 2015). Kulit pisang mengandung senyawa selulosa sebesar 14,4%. Selulosa merupakan polimer sederhana, membentuk ikatan kimia yang memiliki permukaan rantai selulosa seragam dan membentuk lapisan berpori. Material padatan berpori ini mampu menyerap bahan-bahan berbahaya bagi lingkungan. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa melalui reaksi hidrolisis asam.

Industri kimia sering mengalami kesulitan dalam melakukan transformasi bahan yang murah dan bahan sisa menjadi bahan yang berguna dan berkualitas tinggi. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam pengolahan limbah kulit pisang adalah ketebalan kulit pisang yang mencapai 41 bagian buah. Berdasarkan kondisi tersebut dibutuhkan pemikiran kreatif dari para wirausaha untuk mengolahnya. Data kinetika adalah salah satu komponen penting yang diperlukan dalam pengolahan limbah terutama untuk desain reaktor. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis pati, diantaranya rasio komposisi bahan, waktu hidrolisis, suhu reaksi, konsentrasi dan jenis katalis. Oleh karena itu, suspensi pati dengan konsentrasi rendah memberikan hasil yang lebih baik daripada suspensi berkonsentrasi tinggi (Groggins, 1958).

Sukowati dkk (2014) melakukan hidrolisis pati dari kulit pisang menggunakan katalis asam sulfat dengan parameter konsentrasi asam dan waktu hidrolisis. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan optimum untuk hidrolisis asam menggunakan larutan H_2SO_4 pada konsentrasi 0,050 M selama 15 menit menghasilkan gula yang berkurang pada konsentrasi 11,25 mg / 100 ml.

Sri dkk (2010) telah melakukan hidrolisis pati dari bonggol pisang diperoleh glukosa sebesar 13,080 gram/100 mL pati. Menurut Sri semakin kecil perbandingan padatan terhadap air gula pereduksi maka hasil yang didapatkan cenderung mengalami kenaikan. Dengan perbandingan optimal didapat 1:5 glukosa sebesar 13,080 gram/100 mL. Semakin lama reaksi hidrolisis pati berlangsung maka kadar

glukosa yang dihasilkan akan semakin meningkat, begitu juga dengan jumlah *yield*. Penelitian yang dilakukan oleh Novy dkk (2015) menunjukkan bahwa kadar glukosa tertinggi sebesar 10,7 mg/mL diperoleh dengan kondisi waktu reaksi hidrolisis selama 60 menit dan temperatur 100°C. Penelitian yang dilakukan oleh Endang (2010), menunjukkan kadar glukosa tertinggi dapat diperoleh pada suhu reaksi 103 °C dengan rentang suhu 70-103°C. Endang juga menyatakan semakin tinggi suhu hidrolisis maka konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar sehingga reaksi dapat mencapai kesetimbangan semakin cepat dan kadar glukosa yang terbentuk semakin banyak. Selain itu, apabila konsentrasi katalis semakin tinggi maka kadar glukosa yang dihasilkan akan semakin besar.

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini dilakukan kajian yang lebih mendalam terkait proses hidrolisis dengan variasi waktu dan suhu reaksi hidrolisis pati berbasis kulit pisang kepok sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal.

2. Metode

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan antara lain adalah kulit pisang kepok, asam sulfat 2,5 M, *aquadest*, NaOH 1%, kertas saring, labu leher tiga, neraca analitik, termometer, *erlenmeyer*, gelas ukur, *hot plate*, *oven*, *magnetic stirrer*.

Proses pembuatan glukosa terdiri dari preparasi bahan (pati), proses ekstraksi, dan proses hidrolisis. Variabel pada penelitian ini yaitu variasi suhu 75°C, 80°C, 85°C, 90°C, 95 °C dan waktu reaksi hidrolisis 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Analisa yang dilakukan yaitu analisa kadar glukosa (ppm), pH, dan analisa konversi glukosa.

2.2 Preparasi Sampel

Pada proses preparasi pati, kulit buah pisang dikeringkan kemudian dihaluskan, selanjutnya dilakukan sieving mesh dengan ukuran 50 *mesh*.

Ekstraksi dilakukan untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam kulit pisang kepok. Proses ekstraksi berlangsung dalam *reactor batch*, dengan

mereaksikan 200 gram kulit pisang kepek dan 250 ml NaOH 1% menggunakan suhu tertentu sambil diaduk selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*.

2.2 Proses Hidroilisis

Proses hidrolisa dilakukan dalam *reactor kontinu* dengan variasi waktu reaksi yaitu selama 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dan suhu reaksi 75°C, 80°C, 85°C, 90°C dan 95°C. Setelah suhu dan waktu reaksi tercapai, sampel diambil dan disaring. Selanjutnya dilakukan analisa kadar glukosa, pH, dan konversi glukosa.

3. Hasil dan Diskusi

Table 3.1 menunjukkan konversi dan kadar glukosa yang diukur melalui spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm.

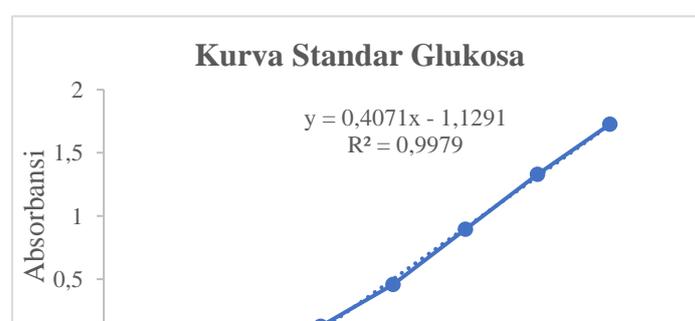
Tabel 3.1 Kadar glukosa dari selulosa kulit pisang kepek dengan H₂SO₄ 2,5 M

Suhu (°C)	Waktu (menit)	pH	Konversi [X] (%)	Kadar Glukosa (ppm)
75	30	5.3	19.4568	2.92
	45	5.5	20.9957	3.14
	60	5.6	23.3866	3.50
	75	5.7	25.6301	3,84
	90	6.3	29.6913	4.45
80	30	6.1	20.9629	3.14
	45	6.4	22.5186	3.38
	60	6.5	24.2709	3.64
	75	6.6	29.6913	4.45
	90	6.9	31.8202	4.77
85	30	6.0	23.3866	3.50
	45	6.1	25.5154	3.82
	60	6.3	29.9206	4.49
	75	6.6	30.0352	4.48
	90	6.8	33.2940	4.99
90	30	5.7	23.6322	3.54
	45	5.6	25.8921	3.88
	60	5.8	27.8736	4.18
	75	6.3	33.2122	4.98
	90	6.7	33.6543	5.04
95	30	6.0	23.6322	3.54
	45	6.1	26.6454	4.00
	60	6.2	28.1847	4.22
	75	6.6	33.1958	4.97
	90	6.8	35.2264	5.28

Tabel 3.2 Penentuan orde reaksi berdasarkan hasil konversi.

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Ln(X)	1/(X)
75	30	2.968	5.139
	45	3.045	4.762
	60	3.152	4.275
	75	3.244	3.902
	90	3.391	3.368
80	30	3.043	4.771
	45	3.114	4.440
	60	3.189	4.120
	75	3.391	3.368
	90	3.460	3.143
85	30	3.152	4.275
	45	3.239	3.918
	60	3.399	3.342
	75	3.403	3.329
	90	3.562	2.838
90	30	3.163	4.232
	45	3.254	3.862
	60	3.328	3.588
	75	3.503	3.011
	90	3.505	3.004
95	30	3.163	4.232
	45	3.283	3.752
	60	3.339	3.549
	75	3.503	3.012
	90	3.516	2.972

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang berlangsung antara air dengan biomassa (selulosa) untuk menghasilkan glukosa. Reaksi antara pati dan air berjalan sangat lambat sehingga diperlukan penambahan katalis asam. Penambahan katalis ini bertujuan untuk mempercepat berlangsungnya reaksi hidrolisis. Hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat akan menghasilkan produk dengan jumlah yang lebih besar. Hal ini terjadi karena jika dibandingkan dengan asam kuat lain, asam sulfat memiliki jumlah ion hidronium yang lebih banyak sehingga dapat menyebabkan degradasi total monomer dalam pati terjadi (Jatmiko, 2011).



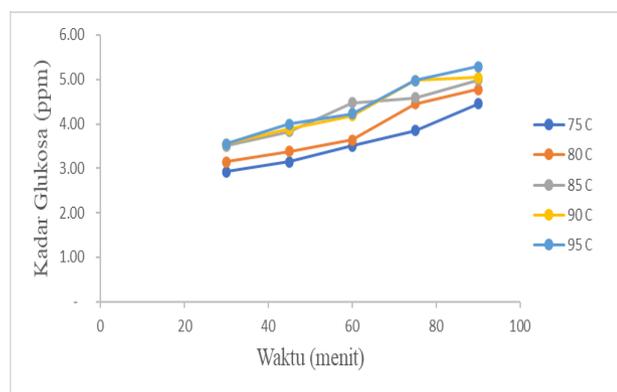
Gambar 3.1 Kurva Standar Glukosa

Data kadar glukosa pada Tabel diatas didapatkan dengan memasukan data absorbansi yang didapat pada pengujian sampel glukosa menggunakan alat spektrofometer UV-Vis 1800 kedalam persamaan $y = 0.4017x - 1.1291$. Kurva standar glukosa diatas didapat dengan plot nilai absorbansi pengujian larutan standar glukosa dengan menggunakan alat Spektrofometer Uv-Vis 1800 dengan panjang gelombang 600 nm.

Kinetika reaksi hidrolisis kulit pisang kepek ditentukan dengan menganalisis kadar glukosa menggunakan hukum stoikiometri. Perhitungan tersebut dapat menentukan jumlah pati yang bereaksi. Reaksi molar yang didapatkan dari mol awal disebut konversi. Nilai konversi glukosa ditentukan dengan membagi jumlah mol pati yang bereaksi dengan jumlah mol pati sebelum reaksi.

3.1 Kadar Glukosa

Kadar glukosa merupakan jumlah glukosa (mg/L) yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis pati kulit pisang menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) 2,5 M dengan waktu reaksi 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dan tempertaur 75, 80, 85, 90 dan 95 °C. Kadar glukosa yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan kurva grafik pengaruh suhu dan waktu terhadap kadar glukosa ditunjukkan pada Gambar 3.2.

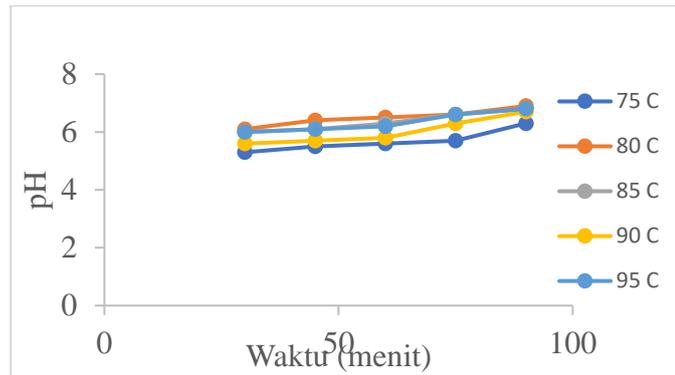


Gambar 3.2 Pengaruh waktu reaksi hidrolisa terhadap kadar glukosa

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa nilai glukosa tertinggi adalah 5,28 ppm selama 90 menit pada suhu 95 °C. Gambar 3.2 menunjukkan bahwa waktu hidrolisis mempengaruhi kadar glukosa. Kadar glukosa yang dihasilkan berbanding lurus dengan waktu reaksi hidrolisis. Waktu hidrolisis yang semakin lama akan menyebabkan pati yang dipecah oleh katalis asam sulfat untuk menghasilkan glukosa akan semakin meningkat. Hal tersebut juga berlaku pada variasi suhu reaksi, dimana semakin tinggi suhu reaksi yang digunakan maka kadar glukosa yang dihasilkan akan semakin meningkat (Levenspiel, 1972).

3.2 Nilai pH Glukosa

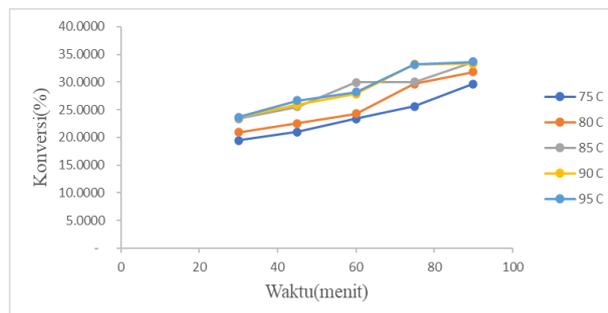
Pada tabel nilai pH juga mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu akan membuat larutan tersebut dalam kondisi suasana basa, hal ini dikarenakan kereaktifan katalis sudah mulai menurun. pH mempengaruhi kadar glukosa yang dihasilkan dimana semakin rendah pH larutan maka kadar glukosa yang dihasilkan juga semakin rendah (Retno, 2017). Hubungan waktu terhadap pH pada berbagai suhu dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik Pengaruh waktu hidrolisis terhadap pH glukosa

3.3 Konversi Glukosa

Tabel diatas juga memperlihatkan konversi glukosa juga mengalami kenaikan terhadap waktu dan suhu reaksi. Konversi tertinggi adalah 33,65 % pada temperatur 95°C dan waktu hidrolisis 90 menit. Hubungan antara waktu dan konversi pada suhu reaksi yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 3.4.



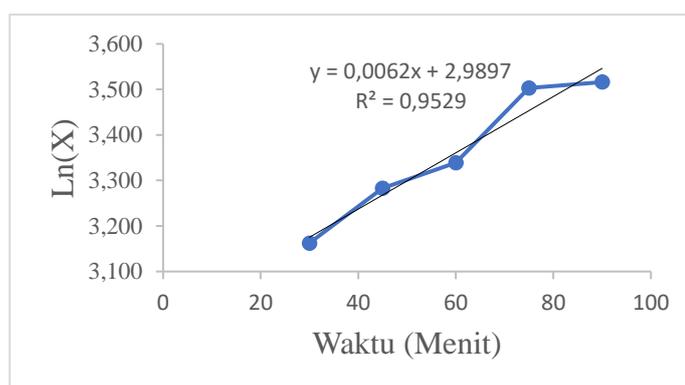
Gambar 3.4 Grafik Pengaruh waktu terhadap konversi pada berbagai suhu

Berdasarkan persamaan Arrhenius laju hidrolisis karbohidrat dipengaruhi oleh suhu, dimana semakin tinggi suhu reaksi maka nilai konversi yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Namun, apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi maka konversi yang dicapai akan menurun. Hal ini terjadi karena adanya glukosa yang terurai yang ditunjukkan dengan adanya perubahan warna larutan. Reaksi dapat berjalan dengan baik pada suhu yang tidak terlalu tinggi atau dibawah titik didih air. Hal ini bertujuan agar air yang berperan sebagai bahan hidrolitik tetap berada dalam fase cair sehingga terbentuk ikatan yang baik antara molekul serbuk kulit pisang dengan sebagian air (Soebijanto, 1989).

3.4 Orde Reaksi Hidrolisis Pati Kulit Pisang Kepok

1. Reaksi Orde 1

Kinetika reaksi menjelaskan perbandingan antara kecepatan reaksi terhadap waktu reaksi dan konsentrasi katalis, semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan maka kecepatan reaksi semakin meningkat dan waktu yang diperlukan untuk bereaksi akan semakin singkat. Kinetika reaksi kimia ditentukan dari harga konstanta kecepatan reaksi yang diperoleh berdasarkan reaksi yang terjadi pada tingkat atau orde tertentu (Dewati dalam Islamiyah, 2013). Penetapan orde reaksi dan konstanta laju reaksi hidrolisis ditentukan melalui hubungan waktu reaksi dengan konversi kadar glukosa menggunakan metode grafik dan metode substitusi yang diuji dengan persamaan orde-1 dan orde-2. Metode grafik diperoleh berdasarkan hasil plot antara nilai konsentrasi [A] dengan waktu hidrolisis. Penentuan orde-1 menunjukkan gambaran tentang perubahan [A] dan penurunan laju reaksi seiring dengan perubahan waktu. Reaksi orde pertama disebut lengkap jika secara teknis $[A] = 0$. Kondisi ini hanya menyentuh permukaan sumbu x sepenuhnya setelah beberapa kali tak terhingga yang diwakili oleh garis linier pada sumbu y (Endang, 2013). Bila orde 1 ditentukan secara grafis yaitu dengan menggunakan hubungan antara konversi glukosa ($\ln[X]$) dan waktu hidrolisis, yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.

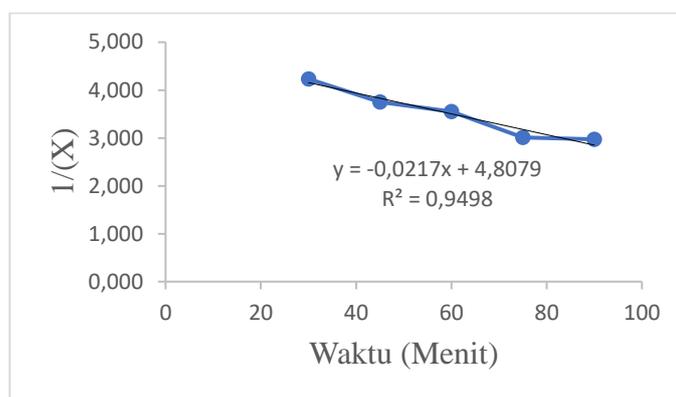


Gambar 3.5 Kurva $\ln(X)$ vs Waktu pada Suhu Hidrolisa 95°C

Pada Gambar 3.5 Terlihat bahwa nilai $\ln[X]$ berbanding lurus dengan waktu, dimana semakin besar nilai $\ln[X]$ maka waktu hidrolisis yang terjadi akan semakin lama. Berdasarkan Gambar 3.5 diperoleh nilai regresi sebesar 0,9529 dengan tingkat kepercayaan 95%.

2. Reaksi Orde 2

Penentuan orde-2 dengan metode grafik ditentukan dengan melakukan *plotting* antara konversi glukosa ($1/[X]$) dengan waktu reaksi. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kurva $1/(X)$ vs Waktu pada Suhu Hidrolisa 95°C

Gambar 3.6 menunjukkan nilai regresi yang diperoleh adalah 0,9498 dengan tingkat kepercayaan 94%. Nilai koefisien regresi merupakan nilai statistik dalam regresi linier yang menggambarkan kekuatan dan arah hubungan linier antara variabel terikat dengan variabel bebas. Nilai ini adalah nilai default karena rentang nilainya adalah -1 hingga 1. Semakin tinggi nilai ini (mendekati 1), maka prediksi yang dihasilkan akan semakin akurat (Kramer, 2006). Berdasarkan hal tersebut, dapat ditentukan bahwa reaksi hidrolisis pati kulit pisang kepok menjadi glukosa mengikuti reaksi orde satu dengan nilai regresi 0,9529 dan tingkat kepercayaan 95%.

4. Simpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis asam sulfat dan suhu hidrolisis yang digunakan maka kadar glukosa yang dihasilkan semakin besar. Kadar glukosa tertinggi adalah 5,08 mg/l dan dicapai pada kondisi reaksi pada suhu 95°C selama 90 menit. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian ini dapat ditentukan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin cepat laju reaksinya. Reaksi hidrolisis kulit pisang kepok menghasilkan glukosa merupakan reaksi orde satu.

Saran kepada peneliti selanjutnya untuk melakukan optimasi waktu reaksi dan suhu hidrolisis agar diperoleh yield dan kadar glukosa yang lebih tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Dewi, M.S., 2015. Pemanfaatan arang kulit pisang raja teraktivasi H₂SO₄ untuk menurunkan kadar ion Pb²⁺ dalam larutan. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- [2] Endang, S., Yudi, M., dan Saleh, A. 2011. Kinetika Hidrolisis pati biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) menggunakan katalisator asam klorida (HCl). *Al-Kimia*, 11-24
- [3] Gomes, S., Vieira, B., Barbosa, C., & Pinheiro, R. (2022). Evaluation of mature banana peel flour on physical, chemical, and texture properties of a gluten-free Rissol. *Journal of Food Processing and preservation*, 46(8), e14441.
- [4] Grogins D. H., (1998) Unit Proseses in Organic Synthesis, McGraw Hills-International Book Company, 5 th
- [5] Jatmiko, W.; Wusana, A.W.; Yulian, A.R.; Atika, K., (2011) Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Glukosa Terbentuk Dan Konstanta Kecepatan Reaksi Pada Hidrolisis Kulit Pisang. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta.
- [6] Julfan, Harun, N., & Rahmayuni. (2016). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok. *Jom Faperta*, 3(2), 1–12.
- [7] Levenspiel., (1972) Chemical Reaction Engineering, John Wiley and Sons, New York, 2nd edition.
- [8] Novy, S.; Meriatna, H., (2010) Kinetika Kulit Pisang Kepok Menjadi Glukosa menggunakan Katalis Asam Klorida, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4, 51-65.
- [9] Retno, W., (2017) Pengaruh Suhu, Ph, Waktu Hidrolisis, dan Konsentrasi H₂SO₄ Terhadap Kadar Glukosa yang dihasilkan Oleh Limbah Kulit Kakao, Fakultas Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [10] Sukowati, A., Sutikno, Samsul Rizal. 2014. Produksi bioethanol dari kulit pisang melalui hidrolisis asam sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian* 19(3) : 274-288