



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 1 Tahun 2024 Page 5765-5773

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Analisis Efek Penambahan Asam dan Suhu terhadap Glikolisis dalam Sel Ragi pada Metabolisme Karbohidrat

Mauritz Pandapotan Marpaung<sup>1✉</sup>, Dani Prasetyo<sup>2</sup>

Universitas Kader Bangsa, Palembang

Email: [mauritzchem@gmail.com](mailto:mauritzchem@gmail.com)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Glikolisis merupakan salah satu bagian dari tahapan metabolisme karbohidrat untuk menghasilkan energi yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu dan penambahan asam. Tujuan dari percobaan ini adalah menganalisis efek suhu dan penambahan asam terhadap proses glikolisis pada sel ragi. Perlakuan terdiri dari tiga bagian yaitu penambahan glukosa pada ragi, penambahan glukosa dan ragi yang telah dipanaskan dan penambahan glukosa dan ragi yang telah ditambahkan dengan asam klorida yang masing-masing dihubungkan dengan larutan  $\text{CaCO}_3$  dan diukur ketinggian gas karbondioksida yang dihasilkan. Hasil percobaan menunjukkan pada penambahan glukosa dalam sel ragi menghasilkan ketinggian gas  $\text{CO}_2$  sebesar 2 cm. Pada penambahan glukosa terhadap sel ragi yang telah dipanaskan tidak menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  sedangkan penambahan glukosa pada sel ragi yang telah ditambahkan dengan asam klorida menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  setinggi 1,8 cm. Kesimpulan dalam hasil percobaan adalah terhambatnya proses glikolisis pada sel ragi dengan adanya peningkatan suhu dan penambahan asam.

Kata Kunci: *Asam, Glikolisis, Ragi, Suhu*

## Abstract

Glycolysis is one of the stages of carbohydrate metabolism to produce energy that can be influenced by various factors such as temperature and acid addition. The purpose of this experiment is to analyze the effect of temperature and acid addition on the glycolysis process in yeast cells. The treatment consisted of three parts, namely the addition of glucose to the yeast, the addition of glucose and yeast that had been heated and the addition of glucose and yeast that had been added with hydrochloric acid, each of which was connected to a  $\text{CaCO}_3$  solution and measured the height of carbon dioxide gas produced. The experimental results showed that the addition of glucose in yeast cells produced a  $\text{CO}_2$  gas level of 2 cm. The addition of glucose to yeast cells that have been heated does not produce  $\text{CO}_2$  gas while the addition of glucose to yeast cells that have been added with hydrochloric acid produces  $\text{CO}_2$  gas as high as 1.8 cm. The conclusion in the experimental results is the inhibition of the glycolysis process in yeast cells with an increase in temperature and the addition of acid.

Keywords: *Acid, Glycolysis, Temperature, Yeast*

## PENDAHULUAN

Metabolisme karbohidrat merupakan suatu proses biokimia yang fundamental dalam sel, menyediakan energi yang diperlukan untuk fungsi-fungsi seluler esensial. Dalam metabolisme karbohidrat terdapat empat tahapan yaitu tahap glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus asam sitrat (siklus Krebs) dan tahap transfer elektron. Pada tahap glikolisis yang merupakan tahap awal dalam metabolisme karbohidrat merupakan jalur pemecahan glukosa untuk menghasilkan energi kimia berupa ATP (Adenosin Trifosfat). ATP merupakan sumber utama energi seluler dalam memproduksi metabolit-metabolit yang berperan dalam berbagai jalur metabolik sel. Pada proses glikolisis ini terjadi di organel sitosol (sitoplasma) secara aerob (memerlukan oksigen dalam metabolisme) dan terjadi secara anaerob. Setiap tahapan yang terjadi dalam glikolisis memerlukan enzim dalam mendukung terjadinya reaksi seperti enzim heksokinase, fosfoheksoisomerase, fosfofruktokinase, enolase, laktatdehidrogenase, piruvat kinase, dan fosfoglisarat kinase (Guo et al., 2012).

Untuk menganalisis proses terjadinya glikolisis dalam metabolisme karbohidrat dapat dipergunakan ragi. Ragi merupakan sediaan mikroorganisme hidup (tumbuhan eukariotik bersel satu) yang diperlukan dalam proses peragian (fermentasi) dalam menghasilkan suatu produk pangan seperti roti, bir, acar, tape, keju, yogurt dan tempe. Fermentasi merupakan suatu proses metabolisme dengan menggunakan organisme untuk mengubah karbohidrat menjadi alkohol atau asam dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) secara anaerobik. Hal ini disebabkan pada sel ragi memiliki enzim amilase yang dapat membantu dalam penguraian glukosa menjadi alkohol (etanol) dan  $\text{CO}_2$ . Peristiwa ini dikenal dengan fermentasi alkohol (Maharani et al., 2021).

Aktivitas enzim dalam proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah keberadaan inhibitor dan suhu. Hal ini disebabkan karena inhibitor memiliki fungsi yang penting dalam mengaktifkan atau menghambat aktivitas suatu enzim. Jenis inhibitor yang dapat mempengaruhi proses glikolisis dalam metabolisme karbohidrat diantaranya dapat berupa ion arsenat ( $\text{AsO}_4^{3-}$ ), ion fluorid ( $\text{F}^-$ ), iodoasetat, dan asam (Ngili, 2013).

Oleh sebab itu berdasarkan pemaparan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peranan sel ragi dalam proses glikolisis melalui pengukuran tinggi kolom  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dan pengaruh suhu serta efek penambahan asam terhadap keberlangsungan proses glikolisis pada ragi. Dari hasil tersebut diharapkan dapat memahami faktor pendukung dan penghambat proses glikolisis sebagai salah satu bagian dari metabolisme karbohidrat.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipergunakan yaitu bunsen, gelas kimia, pipet tetes, gelas ukur, pipet tetes, selang air, penangas air, dan batang pengaduk. Sedangkan bahan-bahannya berupa akuades, ragi, larutan glukosa 5%, larutan  $\text{CaCO}_3$  1M, dan larutan HCl 1 M.

### Identifikasi Proses Glikolisis Pada Glukosa dan Sel Ragi

Menyiapkan dua tabung reaksi yaitu campuran 2 mL larutan glukosa 5% sebagai kontrol dan 5 mL suspensi ragi (tabung I) dan ditutup selama 15 menit. Selanjutnya diukur ketinggian gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan. Pada tabung II dimasukkan 2 mL larutan  $\text{CaCO}_3$  1 M masing-masing dihubungkan dengan tabung I dan tabung II melalui selang selama 15 menit. Kemudian dilakukan masing masing pengukuran ketinggian gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan.

### Identifikasi Faktor (Inhibitor dan Suhu) Pada Proses Glikolisis Dalam Sel Ragi

Tabung I yang telah berisi larutan glukosa 5% (2 mL) dimasukkan ke dalam 5 mL suspensi ragi yang telah dipanaskan selama 5 menit. Kemudian ditutup selama 15 menit dan dilakukan pengamatan. Selanjutnya dihubungkan melalui selang dengan tabung yang berisi larutan  $\text{CaCO}_3$  dan ditutup kembali selama 15 menit. Lalu ditentukan ketinggian gas  $\text{CO}_2$  yang terbentuk.

Dalam mengidentifikasi pengaruh inhibitor pada proses glikolisis dalam sel ragi yaitu menambahkan 2 tetes HCl 1 M ke dalam masing tabung reaksi yang berisi larutan glukosa 5% (2 mL) dan suspensi ragi (5 mL). Kemudian ditutup selama 15 menit dan ditentukan

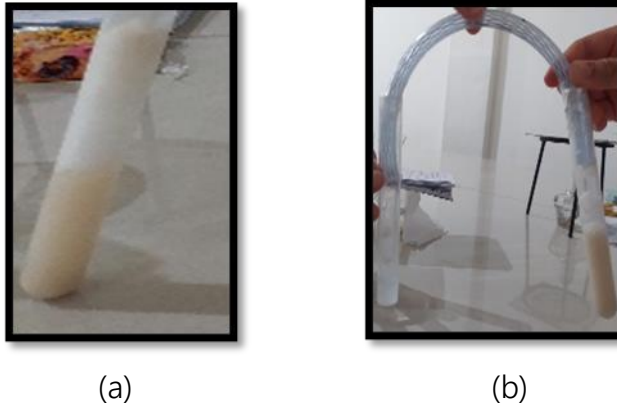
ketinggian gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan masing masing tabung. Lalu dihubungkan melalui selang dengan larutan CaCO<sub>3</sub> (3 mL) dan ditutup kembali selama 15 menit. Kemudian diukur kembali ketinggian gas CO<sub>2</sub> yang terbentuk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis pengaruh inhibitor dalam proses glikolisis pada sel ragi dilakukan tiga perlakuan. Perlakuan I merupakan kontrol positif yaitu perlakuan tanpa memberikan perlakuan inhibitor terhadap sel ragi dan glukosa. Pada perlakuan I memberikan ketinggian gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 2 cm ketika penambahan glukosa dan ragi (Tabel 1). Adanya pembentukan gas CO<sub>2</sub> memberikan gambaran terjadinya proses glikolisis pada ragi dan berkurangnya kadar glukosa yang diuraikan menjadi gas CO<sub>2</sub> dan etanol (Gambar 1a). Proses reaksi yang terjadi antara glukosa dan ragi adalah merupakan proses fermentasi. Penggunaan ragi dalam fermentasi digunakan dalam proses tersebut untuk mengubah glukosa menjadi alkohol (etanol, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Oleh sebab itu fermentasi yang terjadi antara reaksi glukosa dan ragi merupakan proses glikolisis yang bersifat anaerob (Voidarou et al., 2021).

Tabel 1. Hasil Uji Glikolisis Pada Sel Ragi

Perlakuan	Sampel	Ketinggian gas CO <sub>2</sub>
1	Glukosa + ragi	2 cm
	Glukosa + ragi dan CaCO <sub>3</sub>	4 cm
2	Glukosa (dipanaskan) + ragi (dipanaskan)	0 cm
	Glukosa (dipanaskan) + ragi (dipanaskan + CaCO <sub>3</sub> )	0 cm
3	Glukosa + HCl dan ragi + HCl	1,8 cm
	Glukosa + HCl dan ragi + HCl dan CaCO <sub>3</sub>	3,7 cm



Gambar 1. Proses glikolisis pada ragi (a: penambahan glukosa pada ragi; b: campuran ragi dan glukosa yang dihubungkan dengan larutan  $\text{CaCO}_3$ )

Glikolisis merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *glykys* berarti gula dan *lysis* berarti penguraian atau pemecahan. Jadi glikolisis berarti rangkaian tahapan reaksi untuk memecahkan atau menguraikan glukosa (molekul yang terdiri dari 6 atom karbon) menjadi dua molekul asam piruvat (molekul terdiri dari 3 atom karbon) secara aerob; atau laktat secara anaerob bersama dengan sejumlah kecil energi. Energi yang dihasilkan dalam glikolisis dalam bentuk NADH (Nikotinamida Adenina Dinukleotida Hidrogen) yang merupakan koenzim mengikat elektron (H) sehingga disebut elektron berenergi tinggi dan ATP yaitu sumber energi kimia tinggi (Asamau & Wardani, 2021).

Proses yang terjadi pada pencampuran glukosa dalam ragi merupakan jenis respirasi bersifat anaerob. Dalam proses respirasi sel pada glikolisis dapat terjadi secara aerob dan anaerob. Respirasi sel secara anaerob merupakan pernapasan sel tidak membutuhkan gas  $\text{O}_2$  (oksigen) sebagai akseptor (penerima elektron) terakhir dalam menghasilkan ATP sedangkan respirasi aerob membutuhkan gas oksigen (Mitha, 2023). Ciri-ciri yang terdapat pada respirasi secara anaerob selain tidak tergantung pada keberadaan gas oksigen, energi kimia yang dihasilkan berupa ATP tergolong lebih sedikit dari respirasi aerob. Selain itu, pada jenis respirasi ini memberikan hasil sampingan berupa asam laktat atau etanol. Respirasi ini juga terjadi di tempat yang berbeda dibanding dengan respirasi aerob dimana respirasi anaerob terjadi di organel sitoplasma sedangkan respirasi aerob terjadi di sel mitokondria. Respirasi anaerob juga tidak terdapat tahapan transfer elektron seperti respirasi aerob karena tidak terdapatnya oksigen sebagai akseptor terakhir elektron sehingga molekul-molekul lain digunakan sebagai alternatif akseptor (Pijar Belajar, 2023).

Pada perlakuan I memperlihatkan ketika dihubungkan dengan larutan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) terjadi peningkatan terbentuknya gas  $\text{CO}_2$  dengan ketinggian 4 cm (Tabel 1 dan Gambar 1b). Hal ini memperlihatkan adanya peranan kalsium karbonat yang signifikan terhadap proses glikolisis dalam sel ragi. Pengaruh  $\text{CaCO}_3$  terhadap glikolisis dalam ragi

dapat terjadi karena dapat bertindak sebagai penyangga pH, menjaga lingkungan pH yang stabil yang sangat penting untuk berfungsinya enzim yang terlibat dalam glikolisis. Selain itu,  $\text{CaCO}_3$  juga dapat menyediakan sumber ion kalsium yang sangat penting untuk aktivitas beberapa enzim glikolisis. Oleh karena itu,  $\text{CaCO}_3$  dapat memiliki pengaruh positif pada glikolisis ragi dengan mempertahankan pH optimal dan menyediakan kofaktor yang diperlukan (Berg et al., 2015).

Pada perlakuan II dilakukan pemanasan masing-masing sampel yaitu glukosa dan ragi sebelum dicampur secara homogen. Dari pencampuran tersebut memperlihatkan tidak menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  baik sebelum dan sesudah dihubungkan dengan larutan  $\text{CaCO}_3$ . Hal ini memperlihatkan pemanasan merupakan salah satu penghambat (inhibitor) terjadinya penguraian glukosa dalam glikolisis. Pemanasan pada ragi menunjukkan suhu pada sel ragi meningkat yang memperlihatkan enzim mengalami denaturasi. Denaturasi merupakan peristiwa kerusakan enzim secara biologis dan kimia karena terputusnya ikatan-ikatan berupa ikatan hidrogen dan ikatan ion yang menunjang struktur (Romualdo et al., 2010; Rusli & Setiani, 2020). Peristiwa tersebut terjadi karena adanya pengaruh dari lingkungan diantaranya berupa tekanan, pH dan temperatur. Enzim dalam keadaan terdenaturasi membuat kinerja enzim tersebut menjadi lemah dan sisi aktif enzim menjadi tidak optimal (terganggu). Selain itu dengan temperatur tinggi melalui pemanasan membuat sel ragi mati dan tidak aktif (Kusumaningrum et al., 2019).

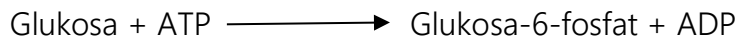
Pada perlakuan III menunjukkan adanya penambahan asam berupa HCl ke dalam glukosa dan ragi sebelum dicampurkan. Dari hasil perlakuan tersebut menunjukkan ketinggian gas  $\text{CO}_2$  sebelum dan setelah dihubungkan dengan larutan  $\text{CaCO}_3$  masing-masing sebesar 1,8 cm dan 3,7 cm (Tabel 1). Hal ini memperlihatkan adanya penurunan tinggi gas  $\text{CO}_2$  dari perlakuan I. Adanya penurunan tersebut disebabkan oleh inhibitor yang mengakibatkan terganggunya kinerja enzim dalam memecahkan glukosa. Suatu inhibitor enzim merupakan zat kimia yang dapat menurunkan laju reaksi penggabungan enzim dengan substrat. Pengaruh asam klorida pada glikolisis dalam sel ragi berupa terjadinya penurunan pH dengan meningkatnya konsentrasi ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dalam lingkungan sel. Ini akan menurunkan pH sitoplasma sel ragi. Perubahan pH dapat mempengaruhi aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam glikolisis karena enzim-enzim ini memiliki pH optimum tertentu. Selain itu, dengan penambahan HCl mempengaruhi aktivitas enzim mengikat substrat akibat dari perubahan pH. Hal ini akan mengubah aktivitas katalitik enzim (Mandei et al., 2021).

Pada lintasan glikolisis terdiri dari 10 (sepuluh) tahap yang terdiri dari lima tahap penggunaan energi dan lima tahap pelepasan energi dengan mengikutsertakan 10 enzim

yang berbeda (Asamau & Wardani, 2021). Adapun tahapan penggunaan energi pada lintasan glikolisis adalah (Asamau & Wardani, 2021; Karomah, 2023; Yuliana, 2018):

1. Tahap I merupakan fosforilasi glukosa menghasilkan glukosa-6-fosfat dan ADP dengan bantuan enzim heksokinase atau glukokinase. Pada proses ini membutuhkan energi (satu ATP) dengan melepaskan gugus fosfat dari ATP ke atom C<sub>6</sub> glukosa. Persamaan yang terjadi pada tahap ini adalah:

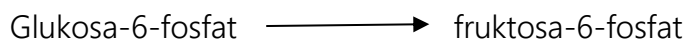
heksokinase



2. Tahap II merupakan isomerisasi glukosa-6-fosfat yaitu mengubah glukosa-6-fosfat menjadi fruktosa-6-fosfat melalui katalisis enzim fosfoheksosa (fosfoglukosa) isomerase. Tujuan dari tahap ini mengubah karbohidrat aldosa (glukosa) menjadi jenis karbohidrat ketosa (fruktosa) agar memudahkan penguraian gula heksosa (6 atom C) menjadi dua senyawa masing-masing terdiri dari 3 atom C.

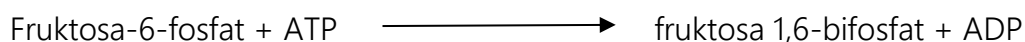
Fosfoheksosa

isomerase



3. Tahap III merupakan sintesis fruktosa bifosfat yaitu mengubah fruktosa-6-fosfat menjadi fruktosa 1,6-bifosfat melalui enzim fosfofruktokinase. Tahap ini membutuhkan satu molekul ATP untuk mendonorkan fosfat menghasilkan molekul ADP.

fosfofruktokinase



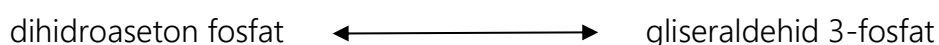
4. Tahap IV merupakan pembelahan fruktosa 1,6-bifosfat menjadi dua molekul gula yaitu gliseraldehid 3-fosfat dan dihidroaseton fosfat. Enzim yang berperan sebagai katalis pada tahap ini adalah enzim aldolase (fruktosa 1,6-bifosfat aldolase).

enzim adolase



5. Tahap V merupakan isomerisasi dihidroaseton fosfat menjadi gliseraldehid 3-fosfat dengan bantuan enzim fosfotriosa isomerase. Reaksi yang terjadi pada tahap ini merupakan jenis reaksi reversibel (bolak-balik).

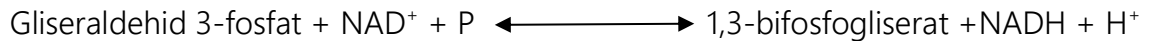
fosfotriosa isomerase



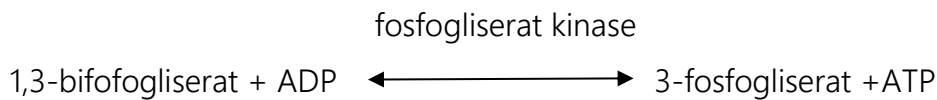
6. Tahap VI dengan bantuan enzim gliseraldehida dehidrogenase 3-fosfat, terjadi reaksi oksidasi dari gliseraldehid 3-fosfat menjadi 1,3-bifosfoglisarat dan NADH.

Gliseraldehida 3-fosfat

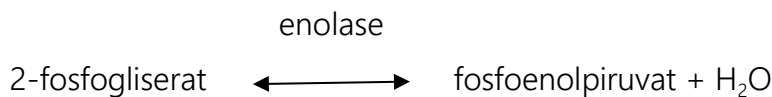
dehidrogenase



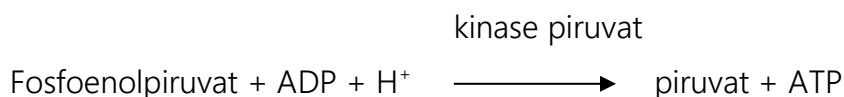
7. Tahap VII menunjukkan adanya reaksi pemindahan 1 molekul fosfat dari 1,3-bifosfogliserat ke ADP menghasilkan 3-fosfogliserat dan ATP. Enzim yang terlibat pada tahap ini berupa fosfogliserat kinase.



8. Tahap VIII memperlihatkan pemindahan posisi atom karbon ketiga (C3) ke atom C kedua (C2) pada sisa fosfat pada tahap VII yaitu 3-fosfogliserat membentuk 2-fosfogliserat dengan katalis fosfogliserat mutase.
9. Tahap IX terjadi pelepasan molekul air (kondensasi) dari molekul 2-fosfogliserat menjadi fosfoenolpiruvat melalui katalis enzim enolase.



10. Tahap X merupakan reaksi akhir glikolisis menghasilkan piruvat dan ATP dari transferisasi gugus fosfat pada fosfoenolpiruvat ke molekul ADP dengan bantuan enzim kinase piruvat.



Dari hasil fermentasi yang terjadi pada sel ragi menunjukkan terjadinya respirasi secara anaerob. Tahapan yang terjadi selama respirasi aerob adalah tahapan glikolisis yang telah dijelaskan sebelumnya dengan sepuluh tahapan. Selanjutnya adalah tahapan pembentukan asam laktat yang disebut fermentasi asam laktat atau pembentukan alkohol yang disebut fermentasi alkohol. Tahapan terakhir dari respirasi tersebut adalah adanya akseptor elektron terakhir oleh senyawa lain (bukan oksigen) seperti alkohol, asam laktat, energi (ATP) yang dihasilkan sekitar 2 ATP (Asamau & Wardani, 2021).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa sel ragi dalam glukosa mengalami glikolisis yang merupakan bagian dari tahapan respirasi secara anaerob dengan menghasilkan gas karbondioksida. Dengan adanya faktor pemanasan dan penambahan asam pada sel ragi mengakibatkan proses glikolisis dan respirasi secara anaerob menjadi terganggu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asamau, J. W., & Wardani, T. S. (2021). *Biokimia Farmasi*. Pustaka Baru Press.
- Berg, J. M., Stryer, L., Tymoczko, J. L., & Gatto, G. J. (2015). *Biochemistry* (8th ed.). Macmillan Learning.
- Guo, X., Li, H., Xu, H., Woo, S., Dong, H., Lu, F., Lange, A. J., & Wu, C. (2012). Glycolysis in the control of blood glucose homeostasis. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2(4), 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2012.06.002>
- Karomah, L. (2023, December 9). *Proses Glikolisis: Tahapan & Fungsinya*. Mikrobio.Id.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I. B. W., & Wijaya, I. M. M. (2019). Optimasi Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase menggunakan Response Surface Methodology (RSM) . *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* , 7(2), 243–253.
- Maharani, M. M., Bakrie, M., & Nurlela. (2021). Pengaruh Jenis Ragi, Massa Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Limbah Biji Durian. *Jurnal Universitas PGRI Palembang*, 6(1), 57–65.
- Mandei, J. H., Sjarif, S. R., & Tumbel, N. (2021). Pengaruh Jenis Asam dan pH terhadap Aktivitas Enzim Dehidrogenase dan Indeks Browning Daging Buah Salak Pangu. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1), 11–18.
- Mitha. (2023, December 1). *Respirasi Anaerob: Pengertian, Skema, Proses, Tahap, Tabel*. Gurubelajarku.Com.
- Ngili, Y. (2013). *Biokimia Dasar*. REkayasa Sains, Bandung.
- Pijar Belajar. (2023, August 21). *Respirasi Anaerob: Fermentasi Alkohol dan Fermentasi Asam Laktat*. Pijarbelajar.Id.
- Romualdo, A., Wuryanti, & Suprihati. (2010). Uji Aktivitas Isolat L-Asparaginase Dari Rimpang Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb) Terhadap Sel Hela. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13(2), 43–45.
- Rusli, Z., & Setiani, L. A. (2020). Modifikasi Metode Analisis Daya Hambat terhadap Proses Denaturasi Protein yang Diinduksi oleh Panas. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 3(2), 55–62.
- Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Skoufos, I., Varzakas, T., Lagiou, A., & Bezirtzoglou, E. (2021). Fermentative foods: Microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues. In *Foods* (Vol. 10, Issue 1). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10010069>
- Yuliana, A. (2018). *Buku Ajar Biokimia Farmasi*. Jakad Publishing.