

Proses Hidrolisis Biji Cempedak dengan HCL untuk Bahan Baku Pembuatan Bioethanol

(Hydrolysis Process of Cempedak Seeds With Hcl as Raw Material for Making Bioethanol)

Aliyah Yuliani¹, Dinda Fadia^{2*}, Jaksen M. Amin³, Erwana Dewi⁴

Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia^{1,2,3,4}

dwisetiakurniawanmanis@gmail.com¹, dindafadia17@gmail.com^{2,3,4}



Riwayat Artikel

Diterima pada 5 Januari 2025

Revisi 1 pada 30 Januari 2025

Revisi 2 pada 14 Februari 2025

Revisi 3 pada 25 Februari 2025

Disetujui pada 27 Februari 2025

Abstract:

Purpose: This study aims to determine what variables affect during hydrolysis, and the results of this hydrolysis process will be tested for raw materials in making Bioethanol

Research methodology: The research was carried out for 3 months, namely April – June 2023, which was carried out at the Laboratory of the Chemical Engineering Department of the Sriwijaya State Polytechnic, Palembang.

Results: The ethanol content obtained from the hydrolysis of cempedak seeds is 28.37%..

Conclusion: The highest brix value of 8.7% was obtained at 100 minutes of hydrolysis with 3% HCl concentration. GC-MS results showed an ethanol content of 28.37% with a refractive index of 1.335.

Limitations: One of the main limitations of this study might be related to the laboratory-scale nature of the research. Many studies are conducted on a small scale and have not been applied to industrial-scale production. This can be a constraint because a hydrolysis process that works at a small scale may not be easily translatable to mass production.

Contribution: This article contributes to the utilization of agricultural waste, specifically cempedak seeds, which are often discarded or underutilized. This has the potential to reduce waste and add value to a product previously considered useless.

Keywords: *Acid Hydrolysis, Bioethanol, Cempedak Seeds, Glucose.*

How to Cite: Fadia, D., Amin, J, M., Dewi, E. (2024). Proses Hidrolisis Biji Cempedak dengan HCL untuk Bahan Baku Pembuatan Bioethanol. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 2(1), 1-15.

1. Pendahuluan

Cempedak (*Artocarpus Champeden*) merupakan buah yang banyak tumbuh di daerah tropis dan menjadi buah khas pulau Kalimantan. Jika dilihat sekilas buah ini terlihat mirip dengan buah nangka, hanya saja buah dan biji cempedak berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan Nangka (Utomo, Azizah, & Pangestu, 2022). Di Indonesia cempedak begitu melimpah, rasa daging buahnya yang manis membuat banyak orang menyukai buah ini, namun penggunaan dan pemanfaatan dari biji buah cempedak itu sendiri masih sangat kurang (Melvi, Nurhayati, Batubara, Septama, & Ulvan, 2023). Tidak dapat dipungkiri bahwa limbah hasil pengolahan cempedak akan semakin meningkat seiring dengan banyaknya buah cempedak. Limbah yang dihasilkan diantaranya adalah berupa biji yang biasanya akan dibuang begitu saja. Dari permasalahan inilah, sehingga muncul pemikiran untuk memanfaatkan limbah biji cempedak untuk diolah menjadi sirup glukosa (gula cair) yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol karena didukung dengan kandungan selulosa yang ada pada buah cempedak tersebut (Riesna, Pujiyanto, Efendi, Nugroho, & Saputra, 2023).

Adapun kandungan gizi pada biji buah cempedak tiap per 100 gram nya mengandung energi sebesar 165 kkal, karbohidrat 36,7 g, protein 4,2 g, lemak 0,1 g, kalsium 33 mg, fosfor 200 mg, dan zat besi 1 mg. Dimana dengan adanya kandungan karbohidrat, dalam biji buah cempedak tersebut, dapat berpotensi untuk dijadikan tepung dan di proses (Suroto & Friadi, 2023). Karbohidrat (CH_2O)_n yang sering kita temui adalah tepung, amilum dan pati. Karbohidrat ini merupakan salah satu jenis senyawa yang dapat dihidrolisa. Hidrolisa (hidrolisis) merupakan reaksi pemecahan suatu senyawa dengan menggunakan air. Hidrolisis karbohidrat dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatis. Penggunaan asam atau enzim dalam proses hidrolisis berfungsi untuk mempercepat reaksi hidrolisis pati (Febrianto & Wartariyus, 2023). Asam Klorida (HCl) merupakan katalisator yang dapat digunakan dalam reaksi hidrolisis untuk membantu proses pemecahan karbohidrat menjadi gula. Metode hidrolisis secara asam lebih sederhana, tanpa harus melalui beberapa tahapan seperti pada hidrolisis secara enzimatis. Selain itu juga hidrolisis secara asam memerlukan waktu proses yang relatif lebih singkat dan pengaturan kondisi proses yang lebih mudah (Taufik, Muhaqiqin, Ilman, & Sholehurrohman, 2023).

Glukosa merupakan bentuk monomer dari karbohidrat yang termasuk dalam monosakarida dengan rumus kimia $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (Edahwati, 2010). Tumbuh - tumbuhan dapat menyimpan glukosa sebagai karbohidrat didalam biji – bijian. Glukosa ini juga termasuk kedalam gula pereduksi. Gula pereduksi adalah semua gula yang memiliki kemampuan untuk mereduksi dikarenakan adanya gugus aldehid dan keton bebas (Mardiono, Nanra, & Rican, 2023). Gula pereduksi terdiri dari golongan monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa) dan disakarida (laktosa, maltosa), kecuali polisakarida (sukrosa dan pati) (Salim, Jatnika, & Yudiana, 2023). Sirup Glukosa atau gula cair yang dihasilkan dari proses hidrolisis mengandung gula sederhana yang dapat di proses lagi melalui fermentasi dengan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dilanjutkan dengan proses distilasi untuk menghasilkan produk berupa Bioethanol. Proses fermentasi dilakukan dengan pH optimum untuk pertumbuhan khamir di kisaran 4.0 – 4,5 (Irvan et al., 2016).

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel ramah lingkungan dan berasal dari biomassa yang dikembangkan dengan teknologi bioproses (Windarti et al., 2014). Bioethanol sebagai salah satu sumber bahan bakar alternatif yang dapat diolah dari tumbuhan, Dimana memiliki keunggulan seperti kemampuan menurunkan emisi CO₂. Berbeda dengan bahan bakar fosil, bioethanol merupakan sumber energi terbarukan yang di produksi melalui fermentasi gula (Sun & Cheng, 2002). Bioetanol dapat di produksi dari bahan baku utama seperti pati jagung, sari tebu dan molase (Limayem & Ricke, 2012). Sebagian besar tangka fluida dibangun dari bahan logam, plastik atau beton dengan permasalahan utama berupa kebocoran, khususnya pada kebocoran kecil yang dapat menyebabkan rembesan (Arif Muda Batubara et al., 2023). HAPS merupakan platform komunikasi udara kuasi-stationer berupa balon udara atau pesawat yang beroperasi pada lapisan stratosfer yang lokasinya 17-22 km diatas permukaan bumi. HAPS dapat menjadi alternatif bagi infrastruktur telekomunikasi selular lain dari dua metode yang sudah ada saat ini yaitu terrestrial dan satelit (Melvi, Nurhayati, et al., 2023).

Adapun tujuan utama penelitian perancangan antenna helix adalah pengukuran LoS (line off sight) pada antenna helix frekuensi 433 MHz dengan menggunakan modul telemetry 433 MHz (Melvi, Lestari, et al., 2023). Pada pembuatan aspal beton maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Agregat kasar yang digunakan batu pecah dengan ukuran maksimal $\frac{1}{2}$ (Yando et al., 2023). VMA adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat. Nilai VMA mempengaruhi kinerja campuran aspal, di mana nilai VMA yang terlalu kecil menyebabkan campuran aspal akan mengalami masalah durabilitas sedangkan nilai VMA yang terlalu besar akan menimbulkan masalah pada stabilitas (Suciati et al., 2023).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Bahan Baku Bioetanol

Limbah pertanian seperti biji cempedak merupakan sumber biomassa yang berpotensi diolah menjadi produk bernilai tambah. Cempedak (*Artocarpus champeden*), yang banyak dijumpai di wilayah tropis seperti Indonesia, menghasilkan limbah biji dalam jumlah besar yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal (Nisya, Wulansari, & Wartariyus, 2023). Kandungan karbohidrat yang cukup tinggi

dalam biji cempedak, yakni 36,7 gram per 100 gram biji, menjadikannya bahan potensial untuk konversi menjadi glukosa dan bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi (Taufik et al., 2023).

2.2 Hidrolisis Asam pada Proses Konversi Karbohidrat

Hidrolisis adalah proses pemecahan molekul kompleks menjadi molekul sederhana dengan bantuan air. Dalam konteks konversi karbohidrat menjadi glukosa, metode hidrolisis asam banyak digunakan karena lebih sederhana dan efisien dibandingkan metode enzimatik (Dewi et al., 2018). Asam klorida (HCl) berfungsi sebagai katalis yang efektif untuk memutus ikatan polisakarida menjadi monosakarida seperti glukosa. Penelitian menunjukkan bahwa HCl memiliki reaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan asam lainnya seperti H_2SO_4 (Dharma, Agustina, & Windah, 2021), sehingga menghasilkan konversi glukosa yang lebih tinggi pada suhu dan waktu yang sama.

2.3 Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol

Glukosa hasil hidrolisis kemudian dapat difermentasi oleh mikroorganisme, terutama ragi *Saccharomyces cerevisiae*, untuk menghasilkan bioetanol. Proses fermentasi ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi ragi, pH medium, serta waktu fermentasi. pH optimum untuk fermentasi oleh *S. cerevisiae* berkisar antara 4,0 – 5,0 (Wikrama Yuda et al., 2018), dan fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan produksi etanol karena berkurangnya nutrisi dalam substrat (Nasrun et al., 2017).

2.4 Bioetanol sebagai Energi Alternatif

Bioetanol merupakan bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan dan mampu mengurangi emisi CO_2 dibandingkan bahan bakar fosil. Proses pembuatannya yang menggunakan limbah pertanian seperti biji cempedak menjadikannya solusi ganda: mengurangi limbah dan menyediakan sumber energi alternatif (Limayem & Rieke, 2012; Sun & Cheng, 2002). Kualitas bioetanol yang dihasilkan dapat diuji melalui teknik kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) untuk mengetahui kadar etanol secara akurat (Ibnu et al., 2010).

3. Metode penelitian

3.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1	Biji cempedak	:	500 gr
2	Ragi	:	30 gr
3	Aquades	:	5 liter
4	Larutan HCl 32%	:	1 liter
5	Larutan NaOH 25%	:	100 ml
6	Urea	:	10 gr
7	NPK	:	10 gr

3.2 Alat

1	Pipet tetes	:	3 buah
2	Labu destilasi	:	3 buah
3	Gelas ukur 250 ml	:	1 buah
4	Erlenmeyer 250 ml	:	3 buah
5	Batang pengaduk	:	1 buah
6	Alumunium Foil	:	1 roll

7	Hot plate	:	1 buah
8	Gelas Kimia 300 ml	:	3 buah
9	Gelas Kimia 500 ml	:	2 buah
10	Kertas pH	:	1 kotak
11	Termometer	:	1 buah
12	Kertas saring	:	18 buah
13	Botol fermentasi	:	6 buah
14	Spatula	:	1 buah
15	Corong	:	3 buah
16	Oven		
17	Refraktometer		
18	Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS)		
19	Neraca analitis		

3.3 Perlakuan dan Rancangan Percobaan

3.3.1 Perlakuan Penelitian

1. Pra – Penelitian

Dilakukan *pre-treatment* atau persiapan bahan baku berupa biji cempedak sebelum melalui proses hidrolisis.

2. Pasca Penelitian

Pada pasca penelitian dilakukan analisis kandungan glukosa melalui %brix pada hasil produksi gula cair dengan menggunakan alat refraktometer, sedangkan pada hasil uji berupa Bioethanol akan dilakukan Analisa kandungan kadar Ethanol dengan menggunakan alat GC-MS.

3.3.2 Rancangan Penelitian

1. Variabel tetap

Suhu hidrolisis : 100°C

Konsentrasi ragi : 3%

Waktu fermentasi : 6 hari Massa tepung biji cempedak : 30 gr.

2. Variabel bebas

Konsentrasi Asam Klorida : 1%, 2% dan 3%

Konsentrasi Waktu hidrolisis : 40, 60, 80, 100 dan 120 menit.

3. Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

- Biji cempedak dicuci bersih terlebih dahulu, kemudian dipotong kecil-kecil, dan direndam dengan menggunakan kapur sirih untuk menghilangkan getah yang masih menempel di biji cempedak.
- Biji cempedak kemudian dijemur selama 2-3 hari. 3. Biji dihaluskan dengan cara ditumbuk hingga menjadi tepung dan di ayak.

3.3.3 Proses Hidrolisis

- Diambil sampel berupa biji cempedak dengan berat sebesar 30 gram dan dicampur dengan aquadest sebanyak 150 ml.
- Kemudian dihidrolisis dengan HCl dengan variasi konsentrasi yaitu 1%, 2% dan 3% sebanyak 150 ml dan dengan variasi waktu selama 40, 60, 80, 100 dan 120 menit hingga terbentuk slurry.

3. Hasil hidrolisis disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memperoleh larutan gula sederhana (glukosa).
4. Diukur pH larutan glukosa yaitu antara 4-5 dimana pH dinetralkan dengan larutan NaOH.
5. Setelah proses hidrolisis selesai, bahan didinginkan hingga suhu kamar dengan cara sampel dalam gelas kimia dimasukkan kedalam ember yang berisi air hingga suhunya turun.

3.3.4 Analisis Kadar Air (AOAC, 2005)

1. Dilakukan pengeringan cawan porselen ke dalam oven perselen selama 20 menit, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit untuk didinginkan.
2. Ditimbang cawan porselen tersebut dan dicatat.
3. Ditimbang sampel sebanyak ± 10 gram.
4. Dimasukkan sampel ke dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya.
5. Selanjutnya sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100- 105°C selama 1 jam lalu didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang dan dicatat hasil timbangan tersebut.
6. Kemudian dipanaskan kembali ke dalam oven selama 30 menit, didinginkan lagi dalam desikator dan ditimbang.
7. Perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan.
8. Perhitungan kadar air dapat dilakukan dengan persamaan : $\text{Kadar air (\%)} = (W1 - W2) / W1 \times 100\%$ Keterangan : W1 = Berat sampel sebelum dikeringkan (gram) W2 = Berat sampel sesudah dikeringkan.

3.3.5 Analisa pH

Analisa pH dilakukan dengan menggunakan kertas pH hingga didapatkan pH berkisar antara 4 – 5 dengan penetralan menggunakan NaOH.

3.3.6 Fermentasi

1. 3 Sampel gula cair terbaik hasil proses hidrolisis dituang ke dalam 3 botol yang berbeda.
2. Ditambahkan Urea dan NPK masing – masing sebanyak 0,5%
4. Ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 3% ke dalam setiap wadah dan ditutup menggunakan tutup gabus.
5. Dilakukan fermentasi selama 6 hari dengan suhu maksimum mencapai 36°C.

3.3.7 Destilasi

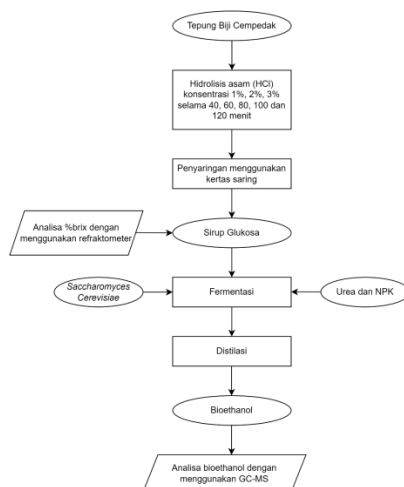
1. Disiapkan seperangkat alat destilasi, kemudian hasil fermentasi dituangkan ke dalam labu destilasi.
2. Selama proses destilasi berlangsung perhatikan suhu destilasi pada 78-80°C dan proses destilasi dihentikan.
3. Hasil destilasi disaring kembali dan diambil padatnya, sedangkan destilat ditampung dan diukur volume destilat serta indeks biasnya.

2.3.8 Analisa Kadar Ethanol

Analisa dilakukan dengan menggunakan alat Kromatografi Gas– Spektrometri Massa (GC–MS).

3.4 Diagram Alir

Proses Hidrolisis Biji cempedak:



Gambar 1. Diagram Alir Proses

3.5 Rancangan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua variabel, yaitu :

1. Waktu Hidrolisis : 40, 60, 80, 100 dan 120 menit.
2. Konsentrasi asam (HCl) : 1%, 2% dan 3%

Parameter yang diamati pada proses hidrolisis meliputi pH, volume, %brix dan kadar air. Sedangkan untuk tahap fermentasi dalam pengujian bioethanol, parameter yang diamati berupa indeks bias dan kadar etanol. Setiap data dari parameter yang di uji dilakukan satu kali tanpa pengulangan. Tingkat kesalahan dari penelitian ini di asumsikan sebesar 5%. Data diolah dengan menggunakan ANNOVA (*Analysis of Variance*) yang merupakan Teknik untuk menguji signifikansi perbedaan beberapa variabel. Annova yang digunakan adalah annova dua arah tanpa pengulangan atau tanpa interaksi dengan menggunakan program *Microsoft Excell*.

4. Hasil dan pembahasan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya selama 5 minggu, mengenai Proses Hidrolisis Biji Cempedak dan HCl dengan variasi penelitian yaitu waktu hidrolisis dan konsentrasi asam. Proses Hidrolisis dilakukan pada suhu tetap 100°C dengan berat sampel sebanyak 30 gr. Produk yang dihasilkan berupa sampel gula cair atau sirup glukosa yang kemudian di analisa di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia. Reaksi hidrolisis biji cempedak berupa proses pemecahan pati biji cempedak menjadi glukosa dengan menggunakan bantuan katalisator. Pada penelitian ini digunakan katalisator berupa asam klorida (HCl). Hidrolisis dengan menggunakan asam akan memutuskan ikatan polisakarida menjadi monosakarida (Naid et al., 2012). Fermentasi alkohol merupakan proses aktivitas yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) yang penentuan kadarnya dilanjutkan dengan menggunakan kromatografi gas. Mekanisme reaksi hidrolisis biji cempedak meliputi proses pengeringan biji cempedak terlebih dahulu yang kemudian digiling. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan asam HCl hingga menghasilkan pati biji cempedak yang terpecah menjadi glukosa. Terakhir glukosa yang sudah terbentuk diubah menjadi bioetnaol melalui proses fermentasi dengan bakteri *saccharomyces cerevisiae*.

4.1 Hasil

Pada proses hidrolisis biji cempedak, variabel yang digunakan adalah waktu hidrolisis dan konsentrasi asam. Asam yang digunakan adalah asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% dan waktu hidrolisis selama 40, 60, 80, 100 dan 120 menit. Data hasil proses hidrolisis biji cempedak dapat dilihat pada tabel berikut. Data yang ditampilkan sudah dianalisis dan relevan, pembahasan menjelaskan

kaitannya dengan teori/hipotesis, dan menjelaskan pentingnya hasil yang diperoleh untuk kepentingan pengembangan penelitian selanjutnya/ penerapan teknologi/rekomendasi rumusan kebijakan.

Tabel 1. Data hasil hidrolisis biji cempedak dengan HCl

Sampel	HCl %	Waktu Hidrolisis (menit)	Volume Produk (ml)	pH		NaOH	Kadar Air (%)	% brix
				Awal	Akhir			
A1	1	40	306	4	4	-	97.09	5.5
A2		60	302	4	4	-	96.50	5.5
A3		80	300	4	4	-	96.67	5.8
A4		100	296	4	4	-	96.45	5.8
A5		120	290	4	4	-	97.09	6.2
B1	2	40	290	4	4	-	97.33	7.1
B2		60	284	4	4	-	96.43	7.2
B3		80	276	4	4	-	97.69	7.2
B4		100	268	4	4	-	96.46	7.5
B5		120	264	4	4	-	95.33	7.1
C1	3	40	284	3	4	12	96.67	7.5
C2		60	278	3	4	12	96.25	7.4
C3		80	272	3	4	12	96.88	7.6
C4		100	268	3	4	12	96.33	8.7
C5		120	262	3	4	12	96.75	8.5

Setelah dilakukan proses hidrolisis, didapatkan volume produk dari setiap sampel dengan perlakuan yang berbeda. Berat sampel yang di hidrolisis adalah sebesar 30 gr lalu ditambahkan aquadest 150 ml dan di hidrolisis dengan HCl dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% sebanyak 150 ml, jadi volume awal larutan saat diukur adalah 310 ml. Lalu dilakukan pengecekan pH pada setiap sampel sebelum dan sesudah proses hidrolisis penetralkan pH larutan menjadi 4-5 dengan menambahkan NaOH. Setelah pH larutan berada di 4-5, selanjutnya dilakukan analisa %brix dengan menggunakan alat refraktometer digital. Sampel larutan yang sudah ditentukan dituang kedalam 3 botol berbeda lalu ditambahkan sebanyak 0,5% Urea, 0,5% NPK dan 3% ragi *Saccharomyces cerevisiae* lalu dilakukan proses fermentasi selama 6 hari. Larutan hasil fermentasi kemudian disaring dan di distilasi selama ± 5 jam pada suhu 78 - 80°C hingga diperoleh distilat berupa bioethanol. Untuk mengetahui kadar bioethanol, dilakukan pengecekan indeks bias dengan menggunakan alat refraktometer. Hasil analisa indeks bias yang didapatkan dari sampel hasil hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil analisis indeks bias

Sampel	Waktu fermentasi (hari)	Konsentrasi Ragi (%)	Volume distilat bioethanol (ml)	Indeks bias	Tampakan
A5	6	3	3.8	1.332	Jernih dan tidak ada endapan
B4			4.2	1.334	

C5			4.5	1.335	
----	--	--	-----	-------	--

Sampel dengan indeks bias tertinggi kemudian dianalisa dengan menggunakan alat Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS) untuk mengetahui kadar etanol totalnya.

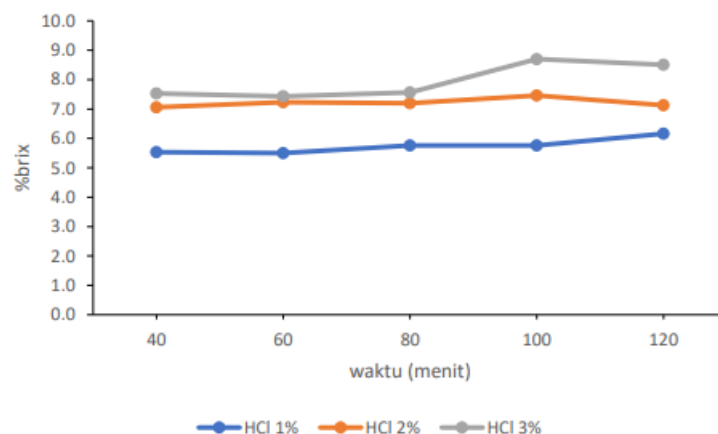
4.2 Pembahasan

Pada penelitian ini variabel yang di variasikan berupa waktu hidrolisis dan konsentrasi asam. Sedangkan untuk variabel tetapnya berupa pH, suhu dan asam yang digunakan hanya menggunakan satu jenis yaitu asam klorida (HCl). Setelah dilakukan penelitian, dihasilkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka akan menghasilkan konsentrasi glukosa yang lebih tinggi. Hal lain yang dapat mempengaruhi perolehan nilai kadar bioethanol adalah lama proses fermentasi dan pH larutan. Semakin lama waktu fermentasi, maka semakin tinggi kadar bioethanol yang dihasilkan. Namun apabila terlalu lama, nutrisi didalam substrat akan habis sehingga *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat memproduksi alkohol (Nasrun et al., 2017). Dalam proses fermentasi, pH merupakan variabel pertumbuhan mikroorganisme yang sangat penting, karena mikroorganisme hanya dapat tumbuh pada kisaran pH tertentu. Untuk *Saccharomyces cerevisiae*, pertumbuhan yang optimal berlangsung dalam media dengan pH 4,0-5,0 (Wikrama Yuda et al., 2018).

Proses hidrolisis berpengaruh terhadap suhu, semakin tinggi suhu hidrolisisnya maka daya serap air semakin meningkat. Semakin tinggi suhu hidrolisis pati menggunakan asam menyebabkan semakin tinggi kadar gula reduksi yang dihasilkan, karena pati dengan suhu tinggi maka pati lebih cepat menggelembung dan mudah pecah sehingga ikatan antar unit glukosa dari amilosa dan amilopektin meregang dan lepas menghasilkan rantai pendek unit-unit glukosa (Salsabila & Fahrurroji, 2021). Jenis asam yang digunakan dalam proses hidrolisis juga dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan. Efektivitas jenis katalis HCl lebih tinggi menghasilkan glukosa pada suhu, konsentrasi dan waktu yang sama dibanding dengan H_2SO_4 . Hal ini karena sifat HCl lebih kuat dengan reaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan H_2SO_4 (Dewi et al., 2018).

4.2.1 Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi asam terhadap %brix

Dilakukan analisa %brix dengan menggunakan alat refraktometer digital pada sampel berupa gula cair hasil dari proses hidrolisis dengan variasi waktu hidrolisis dan konsentrasi asam yang dalam penelitian ini menggunakan asam klorida (HCl). Nilai %brix ini digunakan menggambarkan jumlah atau kadar zat padat yang terlarut dalam suatu larutan sederhana. Zat padat ini termasuk gula (sukrosa, glukosa dan fruktosa), pektin, asam amino, seluruhnya berkontribusi pada nilai brix. Total padatan terlarut atau derajat brix bertujuan untuk menunjukkan jumlah kandungan gula yang terkandung dalam suatu bahan pangan (Bayu dkk, 2017).



Gambar 2. Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi asam terhadap %brix

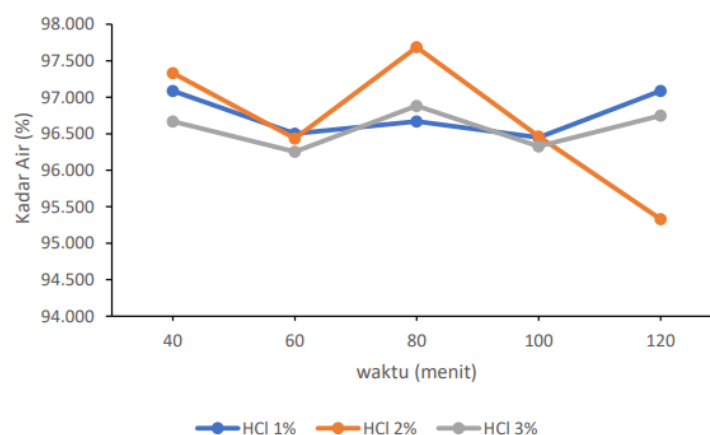
Berdasarkan Gambar dapat diketahui bahwa hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan cenderung akan menaikkan nilai %brix. Namun hal itu tidak berlaku pada pengaruh waktu hidrolisis karena pada waktu 100 – 120 menit pada konsentrasi asam 2% dan 3%

nilai %brix mengalami penurunan. Pada konsentrasi asam 1% kenaikan berada pada rentang 0,2 sampai dengan 0,4. Akan tetapi berbeda pada asam dengan konsentrasi 2% dimana %brix nya mengalami kenaikan pada rentang 0,1 sampai 0,3 lalu mengalami penurunan saat waktu hidrolisis mencapai 120 menit. Hal tersebut juga terjadi pada konsentrasi asam 3% dengan penurunan %brix di waktu hidrolisis 120 menit. Pengolahan data dilanjutkan dengan uji Anova pada Tingkat kesalahan 5% untuk faktor waktu didapatkan F hitung (2,64) < F tabel (3,83) yang menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata nilai %brix karena pengaruh perbedaan waktu. Sedangkan untuk faktor konsentrasi pada Tingkat kesalahan yang sama yaitu 5% didapatkan F hitung (63.7) > F tabel (4.45) yang menunjukkan bahwa ada beda nyata nilai %brix disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi. Pengolahan data dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk melakukan uji banding. Hasilnya didapatkan bahwa terdapat beda nyata antar tiap perlakuan pada konsentrasi 1% dengan 2%, perlakuan konsentrasi 1% dengan 3%, dan pada perlakuan konsentrasi 2% dengan 3%.

Dari analisa %brix dengan menggunakan refraktometer didapatkan 3 nilai %brix dari tiap konsentrasi yaitu pada perlakuan konsentrasi asam 1% dengan waktu hidrolisis 120 menit nilai %brix sebesar 6,2, pada perlakuan konsentrasi asam 2% dengan waktu hidrolisis selama 100 menit nilai %brix sebesar 7,5, dan pada perlakuan konsentrasi asam 3% dengan waktu hidrolisis selama 100 menit nilai % brix sebesar 8.7. Dari ketiga sampel gula cair ini akan dilakukan uji pembuatan bioethanol melalui proses fermentasi. Seharusnya gula akan menurun selama fermentasi yang disebabkan perubahan gula dalam bahan pangan yang difermentasi menjadi alkohol. Lamanya fermentasi menyebabkan semakin tingginya zat padatan terlarut (Sintasari dkk, 2014).

4.2.2 Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi asam terhadap kadar air

Pengukuran kadar air pada larutan gula cair hasil hidrolisis dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam suatu bahan yang dinyatakan dalam persen (%). Pengujian kadar air pada produk gula cair dilakukan untuk mengetahui kualitas dan daya simpan produk.



Gambar 2. Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi asam terhadap kadar air

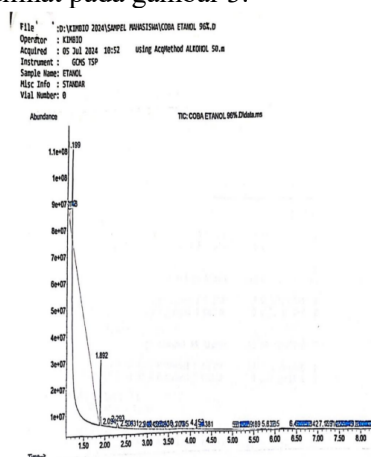
Menurut Yuniarti (2004), semakin lama waktu hidrolisis semestinya kadar air akan semakin rendah karena terjadi penguapan air yang semakin banyak. Namun berdasarkan gambar dapat kita ketahui bahwa semakin lama waktu hidrolisis, cenderung menaikkan kadar air. Hal ini bisa terjadi karena penguapan air yang terjadi saat proses hidrolisis tidak bisa mengimbangi kenaikan kadar air yang disebabkan karena penambahan asam dan terdapat penambahan air yang terkandung dalam larutan asam HCl. Pengolahan data dilanjutkan dengan uji Anova pada Tingkat kesalahan 5% untuk faktor waktu didapatkan F hitung (1.23) < F tabel (3.83) yang menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata nilai kadar air karena perbedaan waktu. Hal tersebut juga terjadi pada Tingkat kesalahan 5% untuk faktor konsentrasi didapatkan F hitung (0.13) < F tabel (4.45) yang menunjukkan bahwa tidak ada beda nyata nilai kadar air karena pengaruh perbedaan konsentrasi. Dari analisa kadar air ini dapat disimpulkan bahwa tidak perbedaan signifikan yang terjadi pada gula cair yang dihasilkan dengan variasi waktu hidrolisis dan konsentrasi asam yang ditambahkan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan proses hidrolisis biji

cempedak ini dilakukan pada suhu yang sama untuk setiap perlakuan yaitu 100°C. Kadar air dipengaruhi oleh suhu dan waktu hidrolisis (Sitompul, dkk, 2017) sehingga pada suhu hidrolisis yang lebih tinggi, akan menyebabkan lebih banyak air dalam sampel yang menguap

4.2.3 Analisis Kadar Bioethanol dengan GC-MS

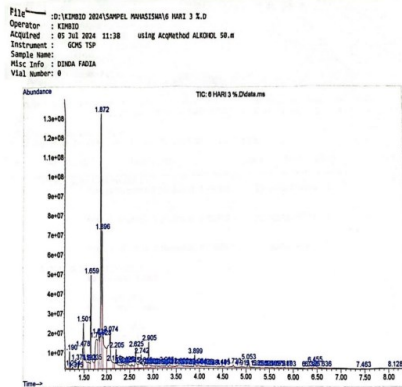
Pengujian kadar etanol dilakukan dengan menggunakan kromatografi gas yang dilakukan di Laboratorium Forensik POLDA Palembang. Analisis menggunakan GC-MS dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya kadar etanol yang terkandung didalam sampel produk bioethanol hasil fermentasi yang sudah di distilasi. Produk bioethanol yang diuji dengan menggunakan GC-MS ini merupakan sampel terbaik yang didapatkan dari pengukuran indeks bias yaitu C4 dengan perlakuan waktu hidrolisis 100 menit dan konsentrasi asam 3% yang mempunyai nilai indeks bias sebesar 1,335 diukur dengan menggunakan refraktometer. Pada penelitian ini, analisis komposisi bioethanol dilakukan dengan menggunakan Teknik Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS). Instrumen ini merupakan metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometri massa. Hal ini berarti sampel yang di analisis dipisahkan terlebih dahulu dengan alat GC untuk menganalisa senyawa berdasarkan kepolarannya, kemudian diidentifikasi dengan MS untuk menganalisis struktur molekul analit.

Pemeriksaan etanol pada sampel dilakukan dengan 2 tahap yaitu, tahap pemisahan dan tahap pengukuran kadar secara kuantitatif untuk mengetahui kadar etanol yang terdapat dalam sampel bioethanol. Pada alat kromatografi gas, sampel disuntikkan pada injektor. Injektor kemudian akan menguapkan sampel hingga masuk kedalam kolom dengan dorongan gas pembawa yaitu gas nitrogen sebagai fase gerak. Sedangkan fase diam nya adalah kolom didalam kromatografi. Didalam kolom akan terjadi proses pemisahan komponen dari campurannya, komponen-komponen campuran yang telah dipisahkan selanjutnya akan diteruskan menuju detektor yang digunakan untuk komponen sampel yang memiliki gugus alkil (C-H). Hasil pendeteksian oleh detektor lalu direkam dengan rekorder yang disebut dengan kromatogram yang terdiri dari beberapa peak. Jumlah peak yang dihasilkan menyatakan jumlah komponen (senyawa) yang terdapat dalam campuran. Sedangkan luas peak bergantung pada kuantitas (jumlah) suatu komponen dalam campuran (Ibnu, dkk. 2010). Dibuat larutan standar etanol, dengan hasil kromatogram dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kromatogram Larutan Standar

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa peak etanol muncul pada waktu retensi 1,199 menit dengan luas area 81,38. Waktu retensi adalah waktu yang digunakan oleh senyawa tertentu untuk bergerak melalui kolom menuju detektor. Kromatogram dapat digunakan untuk menghitung kadar bioethanol dalam sampel dengan membandingkan luas area dari waktu retensi etanol standar dan waktu retensi dari produk bioethanol. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 4.4 yang merupakan hasil kromatogram dari analisa sampel bioethanol.



Gambar 4. Kromatogram Produk Bioethanol

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa waktu retensi yang sama dengan yang tampil pada kromatogram etanol standar yaitu 1,199 menit dengan luas area 4,62. Selanjutnya adalah menjumlahkan semua luas area di setiap etanol dan sejenisnya muncul. Dengan membandingkan hasil dari kromatogram etanol standar dan produk bioetanol yang dihasilkan, didapatkan kadar etanol sebesar 28,37%.

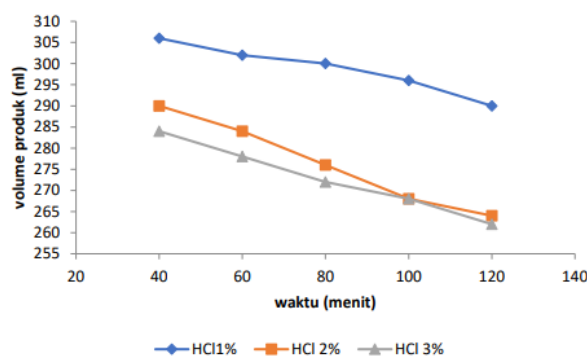
4.2.4 Kinetika Reaksi Hidrolisis

Untuk mempelajari kinetika reaksi hidrolisis biji cempedak dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi HCl dan variasi waktu hidrolisis. Dengan diketahuinya kadar glukosa dalam larutan hasil dalam bentuk %brix dan volume produk maka dapat dilihat hubungan antara variasi konsentrasi HCl dan variasi waktu hidrolisis terhadap bentuk % brix dan volume produk. Data hasil penelitian kinetika reaksi hidrolisis hidrolisis biji cempedak menggunakan variasi HCl dan variasi waktu hidrolisis terhadap volume produk dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 3. Hubungan antara variasi konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis terhadap volume produk

Waktu (menit)	Volume Produk (ml)		
	HCl 1%	HCl 2%	HCl 3%
40	306	290	284
60	302	284	278
80	300	276	272
100	296	268	268
120	290	264	262

Hubungan antara variasi konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis terhadap volume produk dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara variasi konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis terhadap volume produk

Tabel 3 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi HCl dan semakin lama waktu yang hidrolisis yang digunakan untuk reaksi, semakin sedikit volume produk yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi HCl maka proses hidrolisis semakin cepat sehingga proses pembentukan produk semakin banyak juga dan lama waktu hidrolisis mengakibatkan konsentrasi produk semakin lama semakin pekat sehingga konsentrasinya makin pekat sehingga volumenya semakin lama semakin berkurang.

Pada umumnya nilai konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh faktor tumbukan, energi aktivasi dan suhu reaksi yang bisa dinyatakan persamaan:

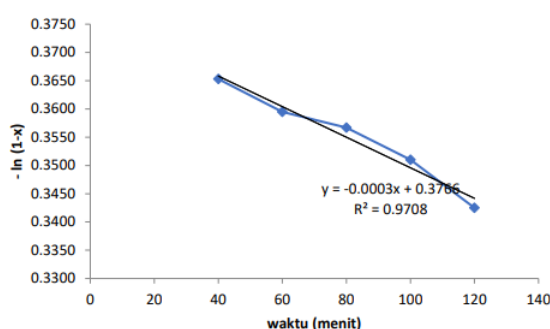
$$-\ln(1-x) = kt \dots (2) \text{ (Levenspiel, 1972)}$$

Apabila dibuat grafik hubungan $-\ln \frac{CA}{CA0!}$ versus t atau $-\ln(1-x)$ versus t akan mendekati garis lurus gradien dari garis tersebut. Tetapi apabila garis lurus maka dicoba orde reaksi yang lain (Yuniwati et al., 2011).

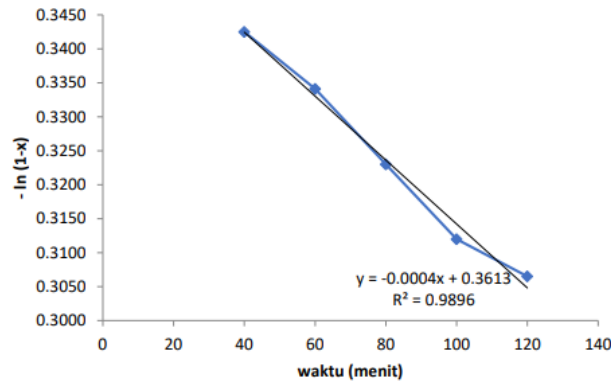
Maka penentuan orde reaksi dan nilai konstanta kecepatan reaksi hidrolisis ini dicoba dengan menggunakan reaksi orde satu. Diperoleh persamaan hubungan antara variasi konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis yaitu $-\ln(1-x) = kt$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dan waktu pada variasi konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis terhadap volume produk

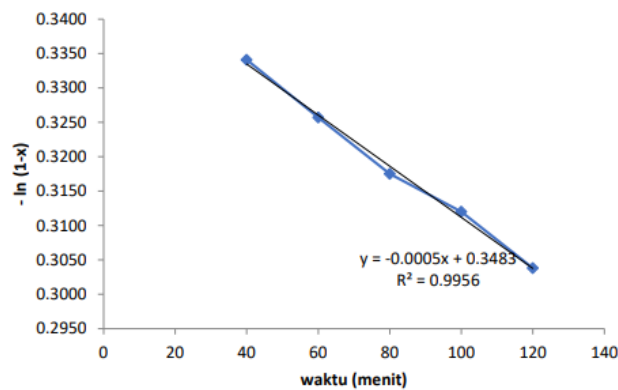
HCl %	$-\ln(1-x)$ pada berbagai waktu hidrolisis				
	40 menit	60 menit	80 menit	100 menit	120 menit
1 %	0.3653	0.395	0.3567	0.3510	0.3425
2 %	0.3425	0.3341	0.3230	0.3120	0.3065
3 %	0.3341	0.3257	0.3175	0.3120	0.3038



Gambar 6. Grafik Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dengan t pada konsentrasi HCl 1%



Gambar 7. Grafik Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dengan t pada konsentrasi HCl 2%



Gambar 8. Grafik Hubungan antara $-\ln(1-x)$ dengan t pada konsentrasi HCl 3%

Hasil perhitungan menggunakan grafik dapat disimpulkan bahwa reaksi hidrolisis biji cempedak dalam penelitian ini merupakan orde 1 terlihat dari grafik hubungan $-\ln(1-x)$ dengan waktu yang berupa garis lurus. Nilai konstanta kecepatan reaksi merupakan gradien dari garis tersebut yang dapat dihitung dengan menggunakan metode least square sehingga dapat dilihat bagaimana pengaruh konsentrasi HCl dan waktu hidrolis terhadap volume sampel. Didapatkan nilai konstanta reaksi pada HCL 1% $k = 0.0003$, HCl 2% $k = 0.0004$ dan HCl 3% $k = 0.0005$. Hal ini juga menunjukkan bahwa dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan bahwa HCl dengan konsentrasi terbaik adalah HCl 3% terbukti dengan nilai $R^2 = 0.9956$.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan didapatkan nilai brix tertinggi pada 8,7% dengan perlakuan waktu hidrolisis selama 100 menit dan konsentrasi 3%. Didapatkan juga hasil uji Annova yang menunjukkan bahwa ada beda nyata nilai %brix disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi. Dari penelitian juga didapatkan jumlah kadar etanol yang dihasilkan dari proses Hidrolisis Biji Cempedak dengan HCl menggunakan alat *Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS)* adalah sebesar 28,37% dengan nilai brix sebesar 8,7% dan nilai indeks bias 1,335.

Referensi

- Arif Muda Batubara, M., Aditama, A., Ulvan, A., Melvi, M., Lampung, U., & Artikel, R. (2023). Analisis Kapasitas Short Message Service (SMS) dan Probability Packet Loss pada Sistem Peringatan Dini Nirkabel di Tangki Fluida (Analysis of Short Message Service (SMS) Capacity and Probability of Packet Loss in Free Early Warning Systems in Fluid Tanks). *Jurnal Teknologi Riset Terapan (Jatra)*, 1(1), 37–50. <https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1789>
- Dharma, F., Agustina, Y., & Windah, A. (2021). Penerapan Manajemen Keuangan dan Digital Marketing pada Pelaku Usaha Rengginang di Desa Kunjir. doi:<https://doi.org/10.35912/jnm.v1i1.620>
- Dewi, N. K. A., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2018). Pengaruh Suhu Dan Jenis Asam Pada Hidrolisis Pati Ubi Talas (*Colocasia esculenta* L. Schott) TERHADAP KARAKTERISTIK GLUKOSA. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(4), 307. <https://doi.org/10.24843/jrma.2018.v06.i04.p05>
- Edahwati, L. (2010). Perpindahan Massa Karbohidrat Menjadi Glukosa (Luluk Edahwati) 1. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10, 1–5.
- Febrianto, M. D., & Wartariyus, W. (2023). Pemanfaatan Software Bone dalam Pembuatan Sistem Kasir pada Percetakan Kingprinting. *Jurnal Ilmu Siber dan Teknologi Digital*, 1(2), 135-141. doi:[10.35912/jisted.v1i2.2316](https://doi.org/10.35912/jisted.v1i2.2316)
- Irvan, Ayu Wandira Putri, Sri Ulina Surbakti, & Bambang Trisakti. (2016). Pengaruh Konsentrasi Ragi Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak (*Artocarpus champeden spreng*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(2), 21–26. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i2.1530>
- Limayem, A., & Ricke, S. C. (2012). Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potential issues and future prospects. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4), 449–467. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.03.002>
- Mardiono, D. A., Nanra, S., & Rican, D. (2023). Rancang Bangun Pengaman Pintu Menggunakan RFID Dengan Mikrokontroler Atmega 328. doi:<https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1872>
- Melvi, M., Nurhayati, N., Batubara, M. A. M., Septama, H. D., & Ulvan, A. (2023). Unjuk Kerja Teknologi Akses Jamak TD-CDMA dan TD-SCDMA pada Infrastruktur Jaringan High Altitude Platform Stations. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(1), 51-59. doi:[10.35912/jatra.v1i1.1790](https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1790)
- Melvi, M., Lestari, F., Ulvan, A., Aryanto, A., Arif, M., & Batubara, M. (2023). Perancangan Antena Helix Frekuensi 433 MHz Pita Lebar Riwayat Artikel. *Jurnal Teknologi ...*, 1(2), 97–112. <https://doi.org/10.35912/jatra.v1i2.2399>
- Naid, T., Baits, M., & Triana, Y. (2012). Produksi Bioetanol Dari Biji Buah Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Melalui Proses Hidrolisis Asam Sulfat Dan Fermentasi. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 4(2), 121–128. <https://doi.org/10.33096/jifa.v4i2.76>
- Nasrun, N., Jalaluddin, J., & Mahfuddhah, M. (2017). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 1. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.68>
- Nisya, I. S., Wulansari, O. D. E., & Wartariyus, W. (2023). Rancang Bangun Game Edukasi Bencana Alam Menggunakan Metode MDLC. doi:<https://doi.org/10.35912/jisted.v2i1.2374>
- Riesna, D. M. R., Pujiyanto, D. E., Efendi, A. J. I., Nugroho, B. A., & Saputra, D. I. S. (2023). Identifikasi Platform dan Faktor Sukses dalam Manajemen Proyek Teknologi Informasi. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(1), 1-9. doi:[10.35912/jatra.v1i1.1458](https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1458)
- Salim, A., Jatnika, R., & Yudiana, W. (2023). Hubungan Fear of Missing out dengan Social Media Addiction pada Pengguna Instagram. doi:<https://doi.org/10.35912/jisted.v2i1.2372>
- Suroto, S., & Friadi, J. (2023). Pengukuran Tingkat Capability IT Governance pada PT. Sarana Citranusa Kabil Menggunakan Framework Cobit 2019. *Jurnal Ilmu Siber dan Teknologi Digital*, 1(2), 81-90. doi:[10.35912/jisted.v1i1.1915](https://doi.org/10.35912/jisted.v1i1.1915)
- Salsabila, A. L., & Fahrurroji, I. (2021). Hidrolisis Pada Sintesis Gula Berbasis Pati Jagung. *Edufortech*, 6(1). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v6i1.33289>
- Suciati, H., Simamora, A. W., Panusunan, P., Fauzan, F., & Artikel, R. (2023). Analisa Campuran CPHMA terhadap Penambahan Variasi Aspal Penetrasi 60/70 pada Karakteristik Marshall (Analysis of CPHMA Mixture for the Addition of 60/70 Penetration Asphalt Variations on

- Marshall Characteristics). *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(2), 75–86. <https://doi.org/10.35912/jatra.v1i2.2294>
- Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)
- Taufik, R., Muhaqiqin, M., Ilman, I. S., & Sholehurrohman, R. (2023). Analisis Informasi Jaringan Homogen dan Heterogen pada Liga Champions UEFA. *Jurnal Ilmu Siber dan Teknologi Digital*, 1(2), 91-110. doi:[10.35912/jisted.v1i2.1928](https://doi.org/10.35912/jisted.v1i2.1928)
- Utomo, K. B., Azizah, A., & Pangestu, M. A. (2022). Peran Computer Assited Test dalam Implementasi Penilaian di SD Negeri 005 Palaran. doi:<https://doi.org/10.35912/jisted.v1i1.1529>
- Wikrama Yuda, I. G. Y., Mahaputra Wijaya, I. M., & Suwariani, N. P. (2018). Studi Pengaruh Ph Awal Media Dan Konsentrasi Substrat Pada Proses Fermentasi Produksi Bioetanol Dari Hidrolisat Tepung Biji Kluwih (*Actinocarpus Communis*) Dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115. <https://doi.org/10.24843/jrma.2018.v06.i02.p03>
- Windarti, A., Novia, & Rosmawati. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous an Fermentation (SSF) –. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3), 38–48.
- Yando, J. R., Panusunan, P., & Fauzan, F. (2023). *Penggunaan Filler Tanah (Silt) sebagai Perencanaan Campuran Aspal Beton AC-WC (Use of Soil Filler (Silt) for Asphalt Concrete AC-WC Mix Planning)*. 1(1), 19–24.
- Yuniwati, M., Ismiyati, D., & Kurniasih, R. (2011). Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Pisang Tanduk dengan Katalisator Asam Chlorida. *Jurnal Teknologi*, 4(2), 107.