

Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Menggunakan Katalis Asam Sulfat

Harun Bachtiar Juanda¹, Muhammad², Syamsul Bahri³, Jalaluddin⁴, Iqbal Kamar⁵

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
*e-mail: mhdtk@unimal.ac.id

Abstrak: Bioetanol yaitu cairan hasil fermentasi karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Karbohidrat dalam penelitian diperoleh dari limbah tanaman jagung. Metode yang digunakan mencakup proses hidrolisis, fermentasi, dan distilasi dengan suhu hidrolisis yang berbeda ialah 70°C, 80°C, dan 90°C serta durasi waktu fermentasi 3 hr, 5 hr, dan 7 hr. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa yield terbaik diperoleh pada temperatur hidrolisis 90°C, dengan lama fermentasi 7 hr sebesar 6,0085% dan densitas terbaik pada kondisi temperatur hidrolisis 90°C dan lama fermentasi 7 hr sebesar 0,7862 gr/ml, serta kadar bioetanol terbaik tercatat pada suhu hidrolisis 90°C dengan periode fermentasi selama 7 hr, mencapai 12,1846%. Tingkat konsentrasi bioetanol dipengaruhi oleh durasi fermentasi serta jumlah glukosa yang dihasilkan. Densitas bioetanol yang diperoleh telah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Pada uji GC-MS menunjukkan bahwa terdapat kandungan senyawa etanol pada sampel uji yaitu pada kondisi operasi 90°C dengan lama waktu fermentasi 7 hr yaitu dengan yield dan densitas serta kadar yang didapatkan yaitu 6,0085% dan 0,7862 gr/ml serta 12,1846%.

Kata Kunci: *Bioetanol, Densitas, Fermentasi, Limbah Tanaman Jagung, Ragi, dan Yield*

1. Pendahuluan

Penurunan ketersediaan bahan bakar jelas diikuti oleh peningkatan pemakaian bahan bakar minyak (BBM). Akibatnya, sumber energi alternatif seperti bioetanol semakin diminati oleh peneliti. Banyak penelitian telah dilakukan tentang cara membuat bioetanol dengan berbagai oilhian biomassa, baik dalam skala penelitian maupun di dunia nyata; bahkan ada beberapa pabrik bioetanol yang beroperasi di Indonesia (Kurniawan, 2011).

Proses fermentasi gula dengan bantuan mikroorganisme dari sumber karbohidrat (pati) menghasilkan cairan yang disebut bioetanol. Bioetanol terbuat dari pati, gula, dan selulosa. Limbah jagung adalah sumber yang sangat baik untuk menghasilkan bioetanol (Wiratmaja & Elisa, 2020)

Limbah jagung adalah limbah pertanian yang paling sedikit diolah dan tidak bernilai ekonomi di Indonesia. Pemanfaatan jagung selain dapat dikonsumsi langsung sebagai buah, jagung juga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan tepung, popcorn, dan menjadi produk makanan selingan seperti Jagung bakar. Hasil pengolahan pada jagung menghasilkan limbah berupa tongkol jagung, kulit jagung daun jagung dan batang jagung yang umumnya dibuang setelah proses pengolahan. Namun, pengolahan lanjut dengan hidrolisa enzimatis dan asam dapat menghasilkan etanol (Surianti & Syam, 2022).

Menurut penelitian Purwono (2016) menggunakan bahan baku tongkol jagung: larutan HCl pekat digunakan untuk menghidrolisis tongkol jagung selama dua jam pada suhu 80, 90, 100, dan 120°C. Kemudian difermentasikan dengan *Saccharomyces cereviceae* selama 3 hr dengan variasi ragi 1, 2, 3, 4, dan 5 gr. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa kondisi penambahan ragi terbaik adalah 0,43%, yaitu penambahan ragi 3 gr, dan waktu fermentasi terbaik adalah 0,66% dengan waktu fermentasi 3 hr.

Sedangkan menurut Muhammad Ikbal Yonas (2019) dengan bahan baku dari batang jagung. Dengan menggunakan larutan H_2SO_4 2%, jagung dihidrolisis selama satu jam pada suhu 100–120 °C. Selanjutnya difermentasikan dengan *Saccharomyces cereviceae* dengan waktu fermentasi 3, 5, dan 7 hr sebanyak 2,4 gr. Hasil penelitian membuktikan bahwa waktu fermentasi 3 hr adalah waktu terbaik untuk menghasilkan etanol dari batang jagung, dengan kadar etanol 5,34% dihasilkan selama waktu fermentasi tersebut. Penelitian ini akan dilakukan dengan proses hidrolisis, fermentasi, dan distilasi dengan mempertimbangkan variabel konsentrasi larutan selama hidrolisis serta suhu hidrolisis. Katalis H_2SO_4 yang digunakan ialah H_2SO_4 PA pekat 98 % dan variasi temperatur hidrolisa yang digunakan adalah 80, 90, 100 °C. Serta variasi dari lama waktu fermentasi adalah 3, 5, 7 hari. Dan diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini akan menghasilkan konsentrasi bioetanol yang signifikan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat serta bahan yang dibutuhkan untuk penelitian limbah tanaman jagung (*Zea Mays L.*), aquades, asam sulfat (H_2SO_4), urea, NPK, *saccharomyces cerevisiae* buret, hot plate, ayakan 80 mesh, ph meter, erlenmeyer 250 ml, termometer, labu ukur 500 ml, neraca analitik, beaker glass 500 ml, beaker glass 250 ml, gelas ukur 100 ml, stirer, kertas saring, oven, labu leher tiga dan kondensor

2.2 Metode Penelitian

Terdapat empat tahapan dalam penelitian ini: persiapan bahan baku, proses hidrolisis, proses pembuatan bioetanol limbah tanaman jagung, dan tahap analisa. Variabel tetap pada penelitian ini adalah limbah tanaman jagung 40 gr (10 gr batang jagung, 10 gr tongkol jagung, 10 gr daun jagung, dan 10 gr kulit jagung), waktu hidrolisa 1 jam, berat starter 8% dari berat hidrolisa dan Konsentrasi H_2SO_4 2 M. Variabel bebas dari penelitian ini yaitu temperatur hidrolisa 70, 80, dan 90°C dan waktu fermentasi 3, 5 dan 7 hr. Adapun variabel terikatnya adalah kadar glukosa, kadar bioetanol, yield bioetanol, densitas bioetanol dan analisa *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk mengetahui komponen dan senyawa yang terkandung dalam bioetanol

Pada proses bahan baku ini diawali dengan pengambilan limbah tanaman jagung dari hasil panen kebun jagung yang ada di kota lhokseumawe, kemudian limbah tanaman jagung dibersihkan, lalu dipotong kecil-kecil. Selanjutnya limbah tanaman jagung dianginkan pada udara terbuka hingga kering selama 3 hr. Kemudian limbah tanaman jagung yang sudah kering diblender hingga berbentuk serbuk, dilanjutkan dengan mengayak serbuk tanaman jagung pada ayakan 80 mesh.

Tahapan yang kedua adalah proses hidrolisis dilakukan dengan memasukkan limbah tanaman jagung yang telah dihaluskan sebanyak 40 gram kedalam larutan H_2SO_4 98% 2M sebanyak 60 ml yang berfungsi sebagai katalis sementara aquadest 250 ml sebagai pelarut reaktan. Selanjutnya reaksi dijalankan dalam rangkaian alat hidrolisis dengan variasi suhu 70, 80, dan 90°C. Kemudian hasil dari hidrolisis dianalisa kadar glukosanya menggunakan alat *Refractometer Brix* 0-32%. Dilanjutkan dengan mencari kadar glukosa dengan rumus sebagai berikut:

Massa Glukosa

$$\% \text{ Massa Glukosa} = \frac{\text{Massa Glukosa}}{\text{Massa Glukosa} + \text{Air}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

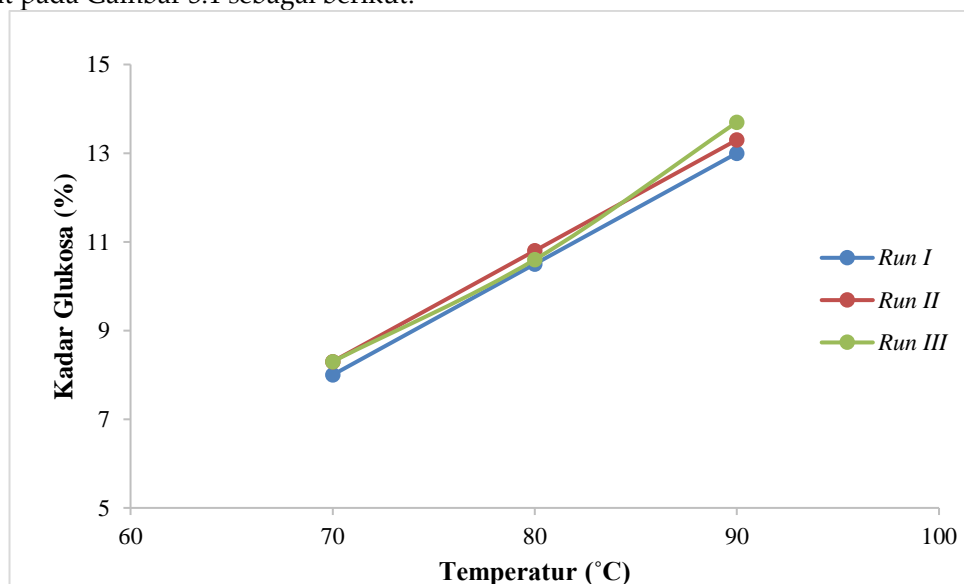
Tahap ketiga yaitu proses pembuatan bioetanol limbah tanaman jagung dilakukan dengan pengambilan setiap masing-masing sampel yang sudah dihidrolisis. Kemudian dilakukan fermentasi dengan variasi waktu selama 3, 5, 7 hari dalam suhu kamar, dengan penambahan nutrisi Urea (46%) dari berat hasil hidrolisis disetiap masing-masing sampel. Selanjutnya erlenmeyer ditutup sehingga tidak ada kontak dengan udara. Lalu larutan hasil fermentasi dipisahkan dari ampas limbah tanaman jagung dan dimurnikan menggunakan metode distilasi pada suhu 80°C. Kemudian dianalisis komponen bioetanolnya dengan menggunakan alat GC-MS. Dilanjutkan Tahap yang terakhir yaitu tahap analisa yang meliputi *yield* bioetanol, densitas bioetanol, kadar bioetanol dan dilanjutkan dengan analisa komponen bioetanol menggunakan GC-MS

3. Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui variasi suhu hidrolisis dan waktu fermentasi dari proses pembentukan bioetanol dari limbah tanaman jagung berdasarkan parameter uji *yield*, densitas, kadar bioetanol dan uji komponen bioetanol menggunakan alat uji *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)

3.1 Pengaruh Suhu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa

Jumlah glukosa didapatkan untuk menentukan temperatur hidrolisis, terdapat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



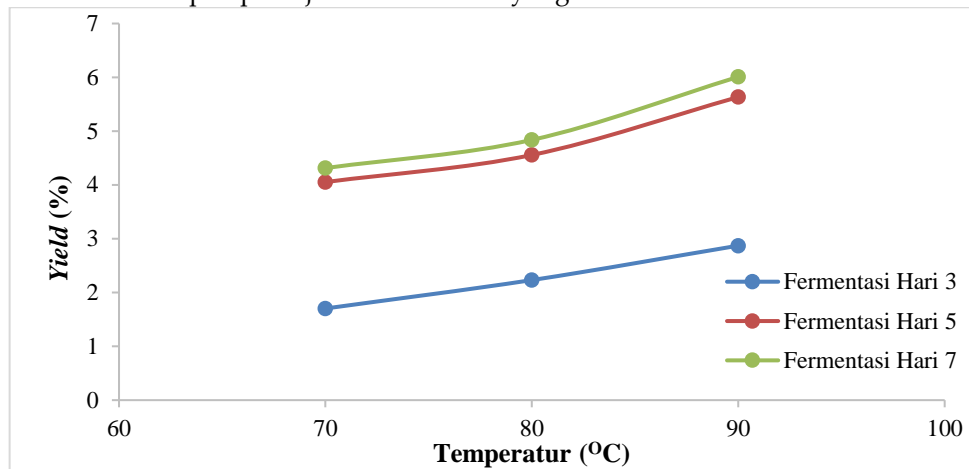
Gambar 3.1 pengaruh terhadap suhu hidrolisis dan kadar glukosa

Proses hidrolisis limbah tanaman jagung ini menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dengan variasi temperatur hidrolisis. menunjukkan bahwa pada perlakuan suhu hidrolisis 90 °C, kadar glukosa tertinggi mencapai 13,3%, dan pada perlakuan suhu hidrolisis 70 °C, kadar glukosa terendah mencapai 8,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu reaksi berpengaruh signifikan terhadap kecepatan hidrolisis. Temperatur suhu hidrolisis berkontribusi pada peningkatan kadar glukosa yang dihasilkan. Karena hidrolisis adalah reaksi endotermis yang membutuhkan panas, hal ini terjadi.

Karena peningkatan suhu mempercepat proses hidrolisis, lebih banyak glukosa diproduksi. Selain itu, peningkatan suhu meningkatkan laju reaksi, yang pada gilirannya menghasilkan lebih banyak glukosa (Fibarzi dkk., 2023).

3.2 Analisa Yield Bioetanol

Gambar 3.2 berikut menunjukkan bagaimana suhu hidrolisis dan waktu fermentasi berdampak pada jumlah bioetanol yang dihasilkan.



Gambar 3.2 Pengaruh suhu hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap *yield* bioetanol

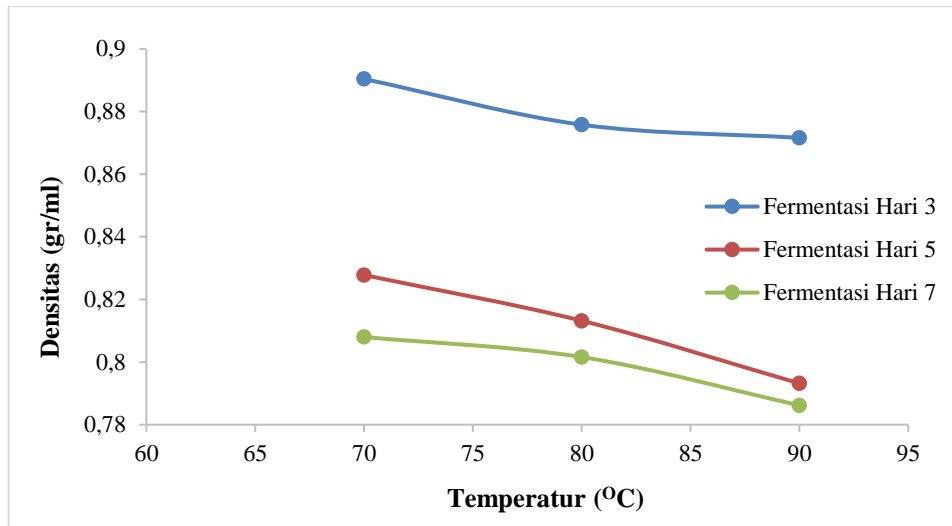
Gambar di atas menunjukkan bagaimana suhu hidrolisis serta waktu fermentasi memengaruhi kadar bioetanol yang dibuat. Sehingga *yield* bioetanol dengan waktu fermentasi dan temperatur hidrolisis yang tertinggi adalah 6,0085% yaitu pada temperatur hidrolisis 90°C dengan waktu fermentasi 7 hr sedangkan *yield* bioetanol yang terendah ialah 1,7038% yaitu pada temperatur hidrolisis 70°C dengan waktu fermentasi 3 hr.

Berdasarkan lamanya proses fermentasi, produksi bioetanol meningkat. Menurut Saragih dkk (2024), Karena waktu fermentasi yang lebih lama, kadar ragi berubah menjadi tinggi, berarti jumlah pati dihidrolisis menjadi glukosa dan ragi adalah perombak glukosa menjadi alkohol. Pengaruh lama perendaman fermentasi terhadap nilai produksi yang dihasilkan menunjukkan bahwa kadar etanol yang dihasilkan lebih tinggi ketika fermentasi berlangsung lebih lama. Produksi etanol mulai meningkat secara signifikan saat proses ini mengalami fase lag (Indraswari dkk., 2021).

Hal ini menunjukkan bahwa pada titik ini, pertumbuhan ragi mengalami fase eksponensial, di mana ragi berkembang dengan cepat untuk menghasilkan etanol dari glukosa dengan cepat. Waktu fermentasi terbaik untuk mengubah kadar glukosa menjadi bioetanol adalah empat hingga enam hari, dan jika waktu fermentasi lebih lama, ragi akan mengalami fase kematian karena kekurangan nutrisi yang diperlukan untuk menghasilkan bioetanol dari glukosa.

3.3 Analisa Densitas Bioetanol

Gambar 3.3 menunjukkan bagaimana suhu hidrolisis dan waktu fermentasi memengaruhi densitas bioetanol yang dihasilkan sebagai berikut.



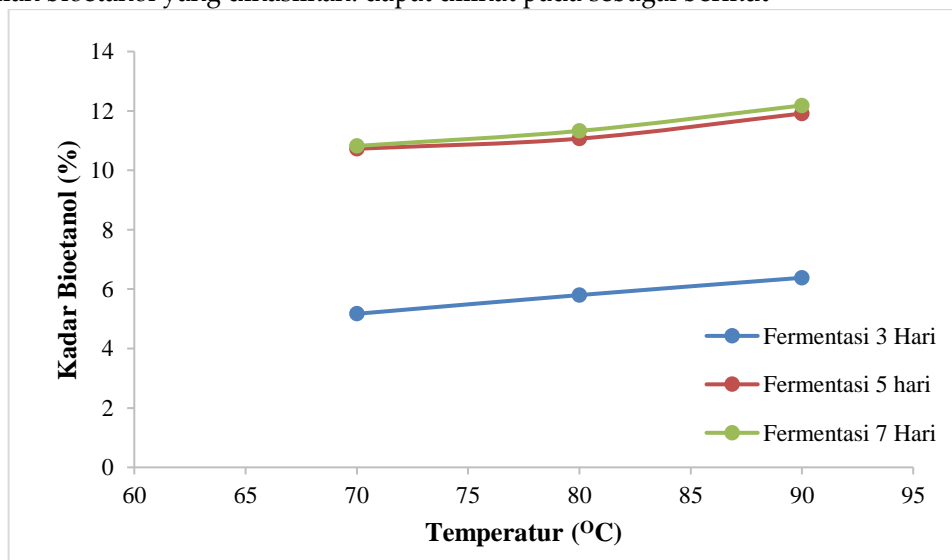
Gambar 3.3 Pengaruh suhu hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap densitas bioetanol

Densitas adalah ukuran yang menunjukkan massa persatuan volume. Dari Gambar 3.3, dapat diketahui bahwa densitas optimal sebesar 0,7862 gr/ml tercapai pada fermentasi selama 7 hr, sementara densitas tertinggi bioetanol mencapai 0,8904 gr/ml pada fermentasi selama 3 hr. Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh durasi fermentasi pada proses distilasi. Hasil penelitian menunjukkan variasi densitas yang berkaitan dengan durasi fermentasi semakin lama fermentasi, semakin mendekati densitas etanol yang diinginkan. (Nasrun, 2015).

Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa densitas bioetanol meningkat dengan durasi fermentasi; lebih lama fermentasi, lebih tinggi densitasnya, yang membuktikan bahwa jumlah ragi dan lamanya proses fermentasi mempengaruhi densitas bioetanol yang diproduksi. Dalam kondisi ini, jumlah bakteri yang berkontribusi pada transformasi glukosa menjadi bioetanol meningkat. (Fatmawati, 2018). Setelah fermentasi selama tujuh hari dengan suhu hidrolisis 90°C, tingkat bioetanol yang ideal mencapai 0,7862, mendekati standar etanol yang diinginkan, yaitu 0,7851.

3.4 Analisa Kadar Bioetanol

Gambar 3.4 pengaruh temperatur hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap jumlah bioetanol yang dihasilkan. dapat dilihat pada sebagai berikut



Gambar 3.4 Pengaruh suhu hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

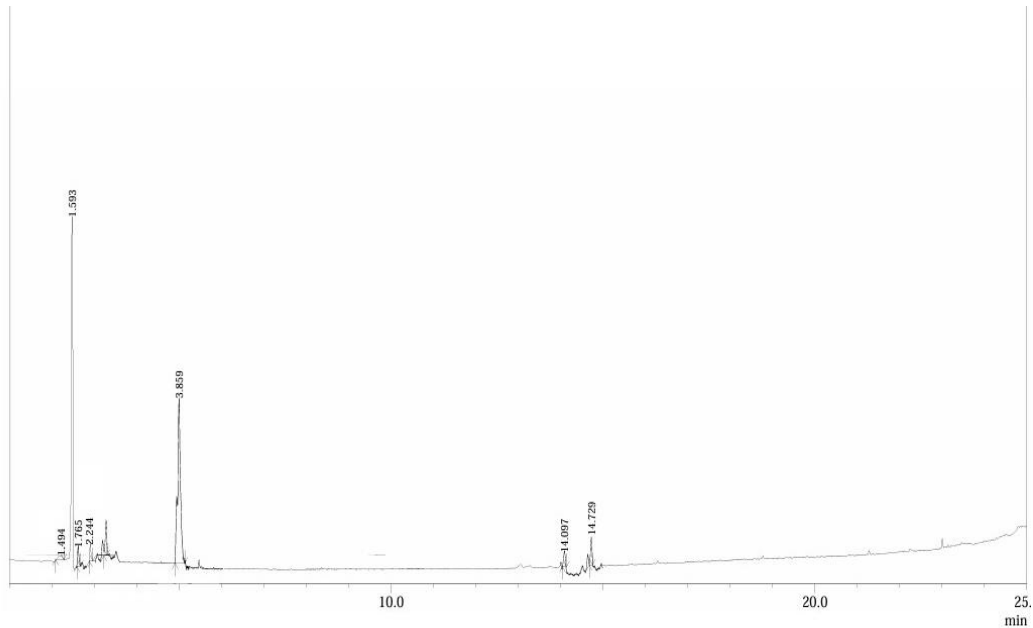
Pada gambar diatas menunjukkan pengaruh variasi suhu hidrolisis serta waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol. Kadar bioetanol variasi sebesar 5,2111% dengan waktu fermentasi tiga hari sebesar 90°C. Untuk kadar bioetanol variasi temperatur hidrolisis 90°C dan waktu fermentasi 5 hr sebesar 11,9144%. Untuk kadar bioetanol variasi temperatur hidrolisis 90°C dengan waktu fermentasi 7 hr sebesar 12,1846%. Sehingga kadar bioetanol dengan waktu fermentasi 7 hari yang tertinggi adalah 12,1846% yaitu pada temperatur hidrolisis 90°C dengan waktu fermentasi 7 hr sedangkan kadar bioetanol yang terendah adalah 5,17% yaitu pada temperatur hidrolisis 70°C dengan waktu fermentasi 3 hari.

Media dan mikroorganisme digunakan dalam penelitian untuk memengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi. Selama fermentasi, jumlah khamir, konsentrasi gula, keasaman, kehadiran oksigen, dan suhu juga harus diperhatikan. Semakin lama fermentasi berlangsung, lebih sedikit mikroba yang ada dan lebih cepat menuju fase kematian. Ini disebabkan oleh peningkatan jumlah alkohol yang dihasilkan dan penurunan jumlah nutrisi makanan mikroba (Irvan dkk., 2015).

3.5 Analisa Menggunakan Gas Chromatography and Mass Spectroscopy (GC-MS)

Analisis kuantitatif dan kualitatif yang digunakan dalam analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kandungan yang terdapat dalam bioetanol serta jumlah kandungan tersebut. Analisis GC-MS terhadap bioetanol menunjukkan dua puncak utama, dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6 sebagai berikut

Peak Report TIC							
Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Name
1	1.494	904970	6.55	349958	2.71	3.68	Oxalyl chloride
2	1.593	5378698	38.93	5614820	43.48	0.98	Ethanol (CAS) Ethyl alcohol
3	1.765	718449	5.20	583693	4.52	1.01	HEXABORANE-12
4	2.244	790294	5.72	604355	4.68	1.13	Ethane, 1,1-dimethoxy- (CAS) Dimethylace
5	2.465	873192	6.32	676671	5.24	1.43	Acetic acid, ethyl ester (CAS) Acetic acid e
6	2.508	1192349	8.63	1339137	10.37	1.81	Acetic acid (CAS) Ethylic acid
7	3.859	3145979	22.77	3216770	24.91	2.45	2-Butanone, 3-hydroxy- (CAS) Acetoin
8	14.097	353698	2.56	192412	1.49	3.42	2,4-Decadienal, (E,E)- (CAS) trans,trans-2,4
9	14.729	458702	3.32	335753	2.60	2.35	2-Undecenal, E-
		13816331	100.00	12913569	100.00		

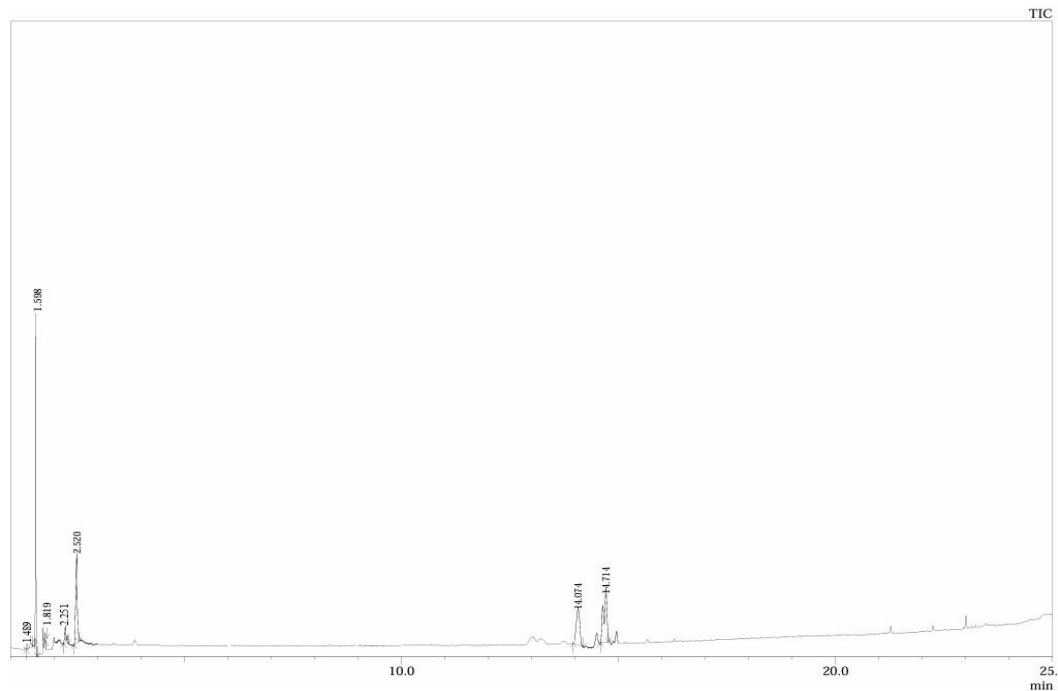


Gambar 3.5 Analisa GC-MS Variasi Suhu 90°C dan Waktu Fermentasi 5 Hari

Berdasarkan gambar 3.5 komposisi etanol menggunakan GC-MS, menggunakan bahwa senyawa puncak pertama dengan retensi waktu 1,593 adanya kandungan etanol sebesar 43,48% pada sampel uji bioetanol, senyawa lainnya juga terdeteksi seperti pada retensi waktu 2.465 dan 2.508, puncak ini mendeteksi kandungan asam asetat dan metil ester dimana senyawa tersebut mempunyai kandungan sebesar 5.24% dan 10.37% pada sampel ini sesuai dengan hasil penelitian Ratnasari dkk (2018) bahwa selain etanol, fermentasi menghasilkan asam format dan asam asetat. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa limbah jagung dapat menghasilkan bioetanol.

Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Name
1	1.489	1222983	7.42	310448	2.36	3.73	Oxalyl chloride
2	1.598	6627216	40.21	5793269	44.04	0.95	Ethanol (CAS) Ethyl alcohol
3	1.819	777962	4.72	647205	4.92	1.21	Acetic acid, methyl ester (CAS) Methyl ace
4	2.251	979046	5.94	676144	5.14	2.41	Acetic acid (CAS) Ethylic acid
5	2.520	3598077	21.83	2826915	21.49	2.48	2-Butanone, 3-hydroxy- (CAS) Acetoin
6	14.074	1536146	9.32	1423323	10.82	5.54	2,4-Decadienal, (E,E)- (CAS) trans,trans-2,4
7	14.714	1740526	10.50	1477257	11.23	5.58	2-Undecenal, E-
		16481956	100.00	13154561	100.00		



Gambar 3.6 Analisa GC-MS Suhu 90°C dan Waktu Fermentasi 7 Hari

Berdasarkan gambar 3.6 komposisi etanol menggunakan GC-MS, menggunakan bahwa senyawa puncak pertama dengan retensi waktu 1,598 adanya kandungan etanol sebesar 44,04% pada sampel uji bioetanol, senyawa lainnya juga terdeteksi seperti pada retensi waktu 1.819 dan 2.251, puncak ini mendeteksi kandungan asam asetat dan metil ester dimana senyawa tersebut mempunyai kandungan sebesar 4.92% dan 5.14% pada sampel ini sesuai dengan hasil penelitian Ratnasari dkk (2018) fermentasi menghasilkan asam format dan asam asetat. Berdasarkan hasil analisis uji GC-MS menunjukkan bahwa limbah tanaman jagung mampu menghasilkan bioetanol.

Dapat dilihat pada pergerakan peak kandungan bioetanol dari gambar 3.5 dan 3.6 diatas waktu fermentasi dan kadar glukosa proses fermentasi memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil yang diperoleh, seperti yang tergambar dalam hasil GC-MS di atas. Seiring dengan durasi fermentasi, kadar glukosa meningkat. Dengan demikian, komposisi terbaik bioetanol tercatat pada suhu hidrolisis 90°C dengan fermentasi selama 7 hr, mencapai 44,04%, sedangkan komposisi terendah terjadi pada kondisi yang sama, namun dengan persentase sebesar 43,48%.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya dalam pembuatan bioetanol menggunakan beberapa limbah tanaman jagung. Seperti pada penelitian Zul Fadly (2015) bahwa waktu fermentasi yang lebih lama menurunkan jumlah bioetanol yang dihasilkan karena mikroba kekurangan nutrisi dan mengalami fase kematian, di mana bioetanol dikonversi menjadi senyawa lain seperti ester. Bertentangan dengan temuan penelitian ini, jumlah waktu yang diperlukan untuk fermentasi komposisi bioetanol yang dihasilkan justru meningkat dengan selisih 0,56%, hal tersebut dikarenakan pencampuran bahan pada limbah tanaman jagung seperti pada batang yang masih mengandung beberapa nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol seperti nutrient pospor, nitrogen, karbon, sulfur, kalium, fosfat dan lainnya. Menurut Ruskandi (2005), batang jagung mengandung 0,92 persen nitrogen, 0,29 persen fosfor, dan 1,39 persen kalium.

4. Simpulan dan Saran

Penelitian ini mencapai kesimpulan berikut: limbah tanaman jagung dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan bakar nabati yang dapat diperbaharui seperti bioetanol dan dapat menambah nilai ekonomis dari limbah tanaman jagung yang banyak terbuang dan belum diolah kembali. Berdasarkan perhitungan dan hasil uji dari GC-MS kadar bioetanol yang didapatkan cukup tinggi yaitu pada temperature hidrolisis 90°C dengan waktu fermentasi 5 hari sebesar 43,48% dan pada temperature hidrolisis 90°C dengan waktu fermentasi 7 hari sebesar 44,04%. Pengaruh suhu hidrolisis terhadap jumlah bioetanol yang dihasilkan berbanding lurus; lebih tinggi suhu hidrolisis, lebih banyak bioetanol yang dihasilkan temperature optimum yaitu 90 – 100 °C. Waktu terbaik untuk pembentukan bioetanol adalah 5-6 hr.

Adapun saran pada penelitian ini ialah bioetanol sebaiknya dilakukan suhu hidrolisis yang lebih tinggi untuk meningkatkan jumlah glukosa yang dihasilkan, dan waktu fermentasi dilakukan pada variasi yang berbeda agar didapat bioetanol yang lebih baik serta menaikkan suhu distilasi agar kadar bioetanol yang dihasilkan semakin tinggi selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian GC-MS untuk mengetahui komponen komponen dari bioetanol yang dihasilkan

5. Daftar Pustaka

- Fatmawati, A., Soeseno, N., Chiptadi, N., dan Natalia, S. (2018). *Asam Sulfat Encer Digunakan untuk Menghidrolisis Batang Padi*. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 3. No. 3. Hal 20-27. <https://dx.doi.org/10.33005/tekkim.v3i1.99>
- Fibarzi, W. U., Nurlaila, R., Sirait, F., Sulhatun, S., & Ibrahim, I. (2023). *Proses hidrolisis asam klorida dari bahan dasar Manihot Esculenta menghasilkan glukosa cair..* Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 12(1), 49. <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i1.11624>
- Indraswari, J. A., Setyaningsih, M., & Susilo, S. (2021). *Pengaruh Waktu Kulit Pisang Siem (Musa x paradisiaca ABB, juga dikenal sebagai CV. Pisang Siem) terhadap Kadar Alkohol Al-Nakhlis: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.46339/al-nafis.v1i1.569>
- Irvan, Popphy Prawati, & Bambang Trisakti. (2015). *pH, jenis ragi, dan waktu fermentasi tepung ampas tebu berdampak pada pembuatan bioetanol melalui hidrolisis termal dan fermentasi.* Jurnal Teknik Kimia USU, 4(2), 27–31. <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i2.1467>
- Kurniawan, R., Juhanda, S., Syamsudin, R., & Lukman, M. A. (2011). *Pengaruh jenis dan kecepatan pengaduk pada fermentasi etanol secara sinambung dalam bioreaktor tangki berpengaduk sel tertambat.* STU 10 Novemb, 1-14.
- Mohammad Ikbal Yonas. 2019. *“Produksi Bioetanol dari Sampah Batang Jagung Organik”* Jurnal Pendidikan Kimia. Universitas Negeri Gorontalo.
- Nasrun, N., Jalaluddin, J., dan Mahfuddhah, M. (2017). *Pengaruh Waktu dan Jumlah Ragi pada Jumlah Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya.* Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 4(2), 1. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.68>
- Purwono Nugroho. 2016. *“Pembuatan Bioetanol dari Bonggol Jagung”* Vol. 1. No. 1. Jurnal Inovasi Proses. Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i4.448>
- Ratnasari, D., Hidayati, N. R., dan Dewi, N. K. (2018). *Konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) dan lama fermentasi memengaruhi tingkat bioetanol serasah lamun.* CHEESA: Chemical Engineering Research Articles, 1(1), 31 <https://doi.org/10.25273/cheesa.v1i1.2626>
- Saragih, A. Saputri, Abdul Halim Daulay, dan Masthura. (2024). *Proses Fermentasi Kulit Singkong untuk Membuat Bioetanol.* Jurnal Redoks, 9(1), 31–36. <https://doi.org/10.31851/redoks.v9i1.14154>
- Surianti, S., & Syam, S. B. (2022). *Pengolahan Jagung sebagai Pakan Ternak.* JASATHP:

Jurnal Sains dan Teknologi Hasil Pertanian, 2(1), 9–14.

<https://doi.org/10.55678/jasathp.v2i1.666>

Wiratmaja, I. G., & Elisa, E. (2020). Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i1.27298>

Zul Fadly, 2015. *Pembuat bioetanol dari limbah tongkol jagung menggunakan proses fermentasi dan sacharification bersamaan (Ssf), dengan variasi dalam konsentrasi enzim dan waktu fermentasi*. Laboratorium Teknologi Biopress, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau.