

RESEARCH ARTICLE

Analisis Kadar Etanol dalam Minuman Legen Menggunakan GC-FID dan Tinjauan Fatwa MUI tentang Produk Fermentasi

Detection of Alcohol Contained in Legen Drinks Using GC-FID and Implications for MUI Fatwa Guidelines

Haidar Rafli Putra Suhardi*, Atiqoh Zummah, Dea Ma'rifatul Zahro, Firda Maghfiratur Rahmah, Anya Hayyu Ainida, Titis Eka Rani

Program Studi Biologi, UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

*E-mail: 09040121055@student.uinsby.ac.id

ABSTRAK

Legen merupakan minuman tradisional hasil sadapan nira pohon siwalan yang berpotensi mengalami fermentasi alami sehingga menghasilkan etanol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar etanol dalam sampel legen yang diperoleh dari kawasan Surabaya menggunakan metode *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID), serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan ketentuan halal berdasarkan fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 10 Tahun 2018. Sebanyak tujuh sampel legen dikumpulkan secara acak dari pedagang kaki lima dan dianalisis kandungan etanolnya, disertai pengamatan karakteristik organoleptik (warna, aroma, dan viskositas) untuk mendeteksi indikasi fermentasi. Hasil menunjukkan kadar etanol bervariasi antara 0,15% (3B) hingga 11,31% (4B). Sampel dengan kandungan alkohol tertinggi memiliki aroma asam yang kuat yang mengindikasikan proses fermentasi terus berlanjut serta ketersediaan gula sebagai substrat fermentasi. Tiga sampel (1B, 2A, dan 4B) melebihi ambang batas etanol halal ($< 0,5\%$) sebagaimana ditetapkan MUI, sehingga dinyatakan tidak memenuhi kriteria halal. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengawasan mutu pada produk minuman fermentasi tradisional untuk memastikan keamanan konsumsi dan kesesuaiannya dengan syariat Islam.

Kata Kunci: Legen, fermentasi, alkohol, kromatografi gas, keislaman

ABSTRACT

Legen is a traditional beverage obtained from the sap of the lontar palm, which has the potential for natural fermentation, thereby producing ethanol. This research aims to analyze the ethanol content in legen samples obtained from the Surabaya area using the GC-FID method, and to evaluate its compliance with halal provisions based on the MUI fatwa Number 10 of 2018. Seven legen samples were randomly collected from street vendors, and their ethanol content was analyzed, accompanied by observations of organoleptic characteristics (color, aroma, and viscosity) to detect indications of fermentation. The results showed ethanol content varied from 0.15% (3B) to 11.31% (4B). Samples with the highest alcohol content had a strong sour aroma characteristic, indicating that the fermentation process continued as well as the availability of sugar as a fermentation substrate. Three samples (1B, 2A, and 4B) exceeded the halal ethanol threshold ($< 0.5\%$) as stipulated by MUI, thus being declared non-halal. This research emphasizes the importance of quality control in traditional fermented beverage products to ensure their safety for consumption and compliance with Islamic law.

Keywords: Legen, fermentation, alcohol, gas chromatography, islamic

Submitted: February 11th 2025 | Revised: June 24th 2025 | Accepted: June 30th 2025 | Published: June 30th 2025

Pendahuluan

Legen merupakan minuman tradisional yang berasal dari hasil sadapan nira pohon siwalan (*Borassus flabellifer*), yang banyak dikonsumsi masyarakat di beberapa daerah di Indonesia. Legen memiliki cita rasa manis khas dan kerap dikonsumsi sebagai minuman penyegar. Namun, sifat alami nira yang mudah terfermentasi dapat menyebabkan meningkatnya kandungan etanol apabila penyimpanan atau penanganannya tidak tepat.

Kehadiran etanol dalam minuman tradisional menjadi isu penting, terutama dalam konteks kehalalan produk pangan

dan minuman. Majelis Ulama Indonesia (MUI) melalui fatwa Nomor 10 Tahun 2018 menyatakan bahwa minuman yang mengandung etanol alami hasil fermentasi dalam kadar $< 0,5\%$ (v/v), tidak membahayakan, dan bukan dimabukkan, tetap dapat dinyatakan halal. Oleh karena itu, analisis kadar etanol dalam produk tradisional seperti legen penting untuk dilakukan, baik dari aspek kesehatan maupun hukum Islam.

Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) merupakan metode analitik yang umum digunakan untuk mendeteksi dan mengukur kadar etanol secara sensitif dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar

etanol dalam beberapa sampel legen yang beredar di Surabaya, serta mengevaluasi kelayakan halalnya berdasarkan ketentuan fatwa MUI.

Etanol yang masuk ke dalam darah menuju jantung dan otak melalui penyerapan sistem pencernaan akan berpengaruh sebagai penekan sistem saraf pusat. Keracunan alkohol dalam darah dapat menyebabkan keracunan dalam bentuk pusing, kehilangan koordinasi, depresi atau stimulasi sistem saraf pusat, mual, muntah, pelebaran pembuluh darah, produksi panas, dan bahkan kematian [1]. Sehubungan dengan hal tersebut, etanol membutuhkan pengawasan khusus salah satunya dengan pembatasan peredaran. Pemerintah Republik Indonesia menetapkan kebijakan untuk minuman dengan kadar etanol kurang dari 1%, termasuk minuman beralkohol, dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 86/Men.Kes/Per/IV/77 tentang Minuman Keras. Terkait dengan alkohol, Pemerintah Republik Indonesia menetapkan dalam Peraturan Menteri Perdagangan No. 20/M-DAG/PER/4/2014 tentang Pengendalian dan Pengawasan Terhadap Pengadaan, Peredaran, dan Penjualan Minuman Beralkohol, bahwa minuman dengan kadar etanol $\geq 1\%$ dianggap sebagai minuman keras [2].

Legen atau sering disebut nira siwalan, dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat minuman keras (legen), asam cuka, dan minuman segar. Istilah legen berasal dari bahasa Jawa, "*legi*" yang berarti manis [3]. Legen yang mengalami proses fermentasi dalam waktu lama akan berubah menjadi minuman keras (legen) [4]. Legen yang dibuat dari nira pohon aren atau kelapa memiliki efek memabukkan karena sifatnya yang mudah terfermentasi [5]. Alkohol merupakan senyawa organik yang tersusun atas gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon, hidrogen, dan oksigen yang memiliki sifat unik yaitu dapat bercampur dengan senyawa hidrokarbon lain seperti metana, propana, butana, dan bahan kimia lainnya [6]. Alkohol dalam minuman legen diperoleh melalui fermentasi karbohidrat oleh ragi yang dikenal juga sebagai etil alkohol [7].

Kadar alkohol dalam legen akan terus meningkat selama terdapat gula dalam cairan tersebut. Kadar alkohol dalam legen berbeda-beda setiap saat karena proses fermentasi yang masih berlangsung. Secara umum, kadar alkohol dalam legen berkisar antara 5-15%. Kadar alkohol legen tergantung pada berapa lama legen tersebut disimpan [8]. Berdasarkan penelitian Putri [9], kadar alkohol legen hasil penyimpanan pada hari pertama hingga hari kelima terus mengalami peningkatan. Penyimpanan legen pada hari pertama: 8,1512%; hari kedua: 8,2340%; hari ketiga: 9,1170%; hari keempat: 10,6214%; dan hari kelima: 11,6150%. Legen tersebut termasuk ke dalam minuman keras golongan B karena memiliki kandungan alkohol sekitar 8-12%. Penelitian Aryasa dkk. [10] terhadap kandungan alkohol dalam minuman legen di Kabupaten Tabanan, Bali, dianalisis menggunakan metode kromatografi gas. Kadar etanol dari minuman tersebut masing-masing adalah 4,839%, 5,076%, 5,233%, 5,173%, 4,971%, 4,954%, dan 4,927%. Nilai pH legen (yang menunjukkan tingkat keasamannya) menunjukkan nilai rata-rata 4. Penelitian lain oleh Walangare dkk. [11] mengenai penentuan kadar alkohol pada legen aren yang diperjualbelikan di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara mendapatkan hasil pengujian kadar alkohol sebesar 4,93-8,47% yang termasuk minuman beralkohol. Sampel A mengandung alkohol 1-5% dan sampel B mengandung alkohol 5-20%.

Menurut fatwa MUI No. 10 Tahun 2018, minuman dengan kandungan etanol di bawah 0,5% tidak dikategorikan sebagai

khamr dan berada di bawah ambang batas yang ditoleransi oleh MUI untuk produk makanan dan minuman [12]. Dalam konteks ini, *khamr* merujuk pada minuman yang memabukkan dan dilarang dalam hukum Islam karena potensi efeknya yang dapat mengubah kesadaran dan perilaku seseorang. Kata "*khamr*" yang berarti minuman keras, disebut enam kali dalam Al-Qur'an, termasuk dalam surah al-Baqarah:219, An-Nisa:43, An-Nahl:67, Al-A'ra7:31, dan al-Māidah:90-91. Dari segi agama, legen sangat tidak diperbolehkan karena mengandung alkohol dengan kadar yang bervariasi [13].

Penentuan kadar etanol dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk pendekatan volumetrik, spektrofotometri, dan kromatografi [2]. *Gas Chromatography* (GC) adalah metode yang paling banyak digunakan untuk analisis senyawa yang mudah menguap. Oleh karena itu, metode ini sering digunakan untuk menentukan kadar etanol dalam berbagai sampel. Metode GC dipilih karena memiliki kemampuan melakukan pemisahan dinamis, mengidentifikasi semua jenis senyawa organik yang mudah menguap, kecepatan analisisnya dan menunjukkan sensitivitas yang tinggi [10], [14] untuk mendeteksi konsentrasi serendah ppm atau *parts per million* (bagian per juta) dan bahkan ppb atau *parts per billion* (bagian per miliar). Metode GC dengan etanol standar membantu untuk menentukan dan membandingkan kadar etanol dalam minuman legen dan legen, sehingga membantu umat muslim dalam memilih produk yang aman dan halal untuk dikonsumsi.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades, etanol 96%, dan sampel minuman. Sebanyak tujuh sampel minuman diperoleh secara *random sampling* dari pedagang legen kaki lima di kawasan Surabaya. Alat yang digunakan adalah botol vial, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, pipet ukur, *bulb*, *microtube*, *vortex*, *sentrifuge*, instrumen GC-FID.

Metode

1. Pembuatan Larutan Standar dan Pengenceran Sampel

Larutan standar yang digunakan pada penelitian ini adalah etanol. Etanol 96% diencerkan menjadi etanol 5% sebanyak 20 mL. Pengenceran dilakukan dengan dicampurkan 1 mL alkohol dengan 9 mL aquades. Dihomogenkan larutan standar menggunakan *vortex* selama beberapa menit. Setelah homogen, diambil larutan sebanyak 1,5 mL kemudian dimasukkan ke dalam *microtube*.

Sampel minuman legen diencerkan terlebih dahulu untuk memaksimalkan hasil yang akurat dan presisi. Pengenceran sampel dilakukan dengan dicampurkan sampel legen atau legen sebanyak 0,5 mL dengan 9,5 mL aquades lalu dihomogenkan. Sebanyak 1,5 mL larutan sampel diambil dan dimasukkan ke dalam *microtube*. *Microtube* yang berisi larutan standar dan sampel kemudian dimasukkan ke dalam *sentrifuge* selama 5,5 menit dengan kecepatan 2500 rpm pada suhu ruang. Selanjutnya sebanyak 2 mL larutan dimasukkan ke dalam botol vial untuk uji kromatografi gas.

2. Deteksi Alkohol Menggunakan GC-FID

Optimalisasi kromatografi gas memerlukan pemilihan sistem dan kondisi yang sesuai, sehingga memastikan

pemisahan senyawa yang diinginkan secara efektif. Injektor berfungsi menguapkan sampel hingga masuk ke dalam kolom menggunakan gas pembawa, khususnya nitrogen sebagai fase gerak, sedangkan fase diam yang digunakan adalah kolom *Chromosorb 102*. Kolom berfungsi dalam pemisahan komponen-komponen dari campuran. Komponen yang terpisah secara individual akan keluar menuju detektor. Detektor *Flame Ionization Detector* digunakan untuk komponen sampel yang mengandung gugus alkil (C-H). Pengaturan instrumen GC dilakukan pada suhu injektor 150°C dan suhu detektor 200°C. Suhu awal oven 50°C ditahan selama tiga menit, kemudian suhu dinaikkan secara bertahap sebesar 10°C/menit hingga suhu mencapai 150°C, kemudian ditahan selama dua menit. Pada instrumen GC-FID, sampel diinjeksi dengan *syringe* dalam *vaporizer*. Setelah injeksi sampel, *syringe* dicuci dengan etanol 5% untuk membersihkan sisa sampel. Hal ini bertujuan untuk mencegah kontaminasi dan memastikan akurasi.

Hasil dari ionisasi ini diukur sebagai kromatogram yang ditampilkan dalam komputer. Hasil kromatogram tersebut meliputi waktu retensi, luas puncak, dan persentase luas puncak. Waktu retensi merupakan waktu yang dibutuhkan sampel untuk muncul pada detektor yang dihitung dari waktu injeksi. Luas puncak yang terdapat pada larutan standar, dan larutan sampel digunakan untuk menghitung kadar etanol dalam sampel. Kadar etanol dalam sampel dihitung menggunakan persamaan [15]:

$$\text{Kadar etanol (\%)} = \frac{\text{Luas area sampel}}{\text{Luas area standar}} \times \text{Kontrol} \quad (1)$$

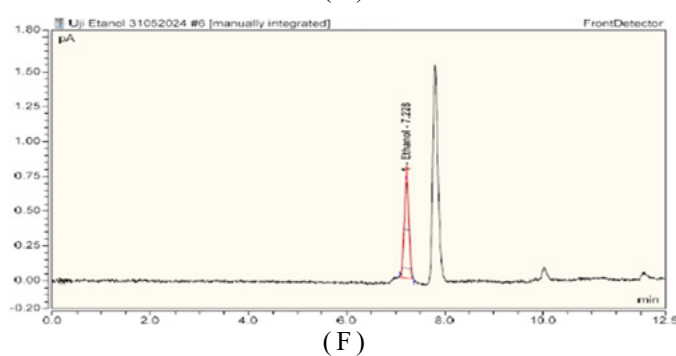
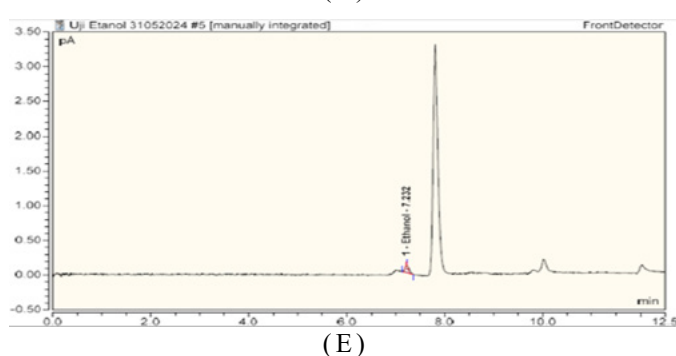
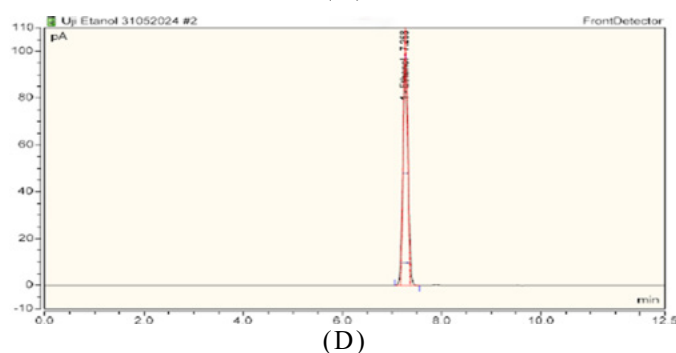
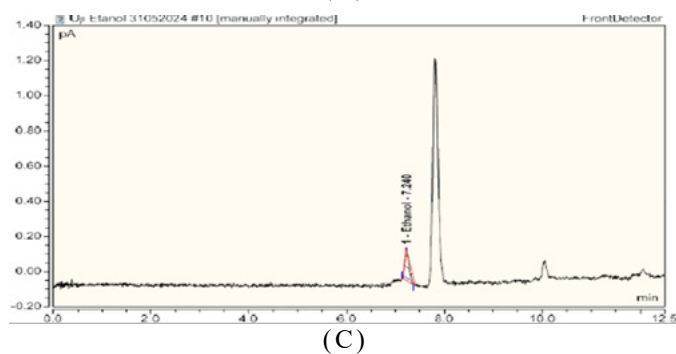
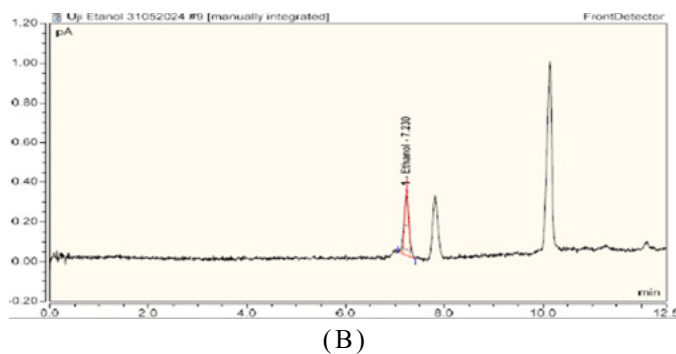
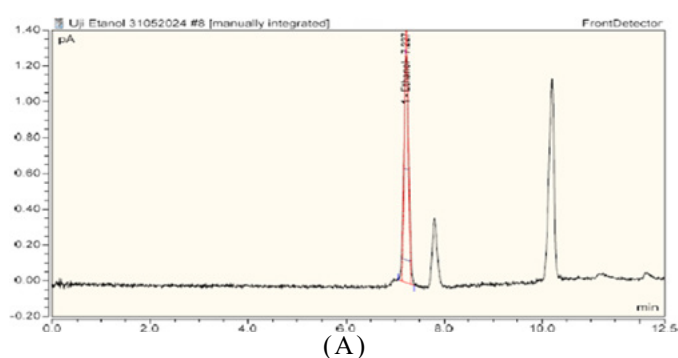
Hasil

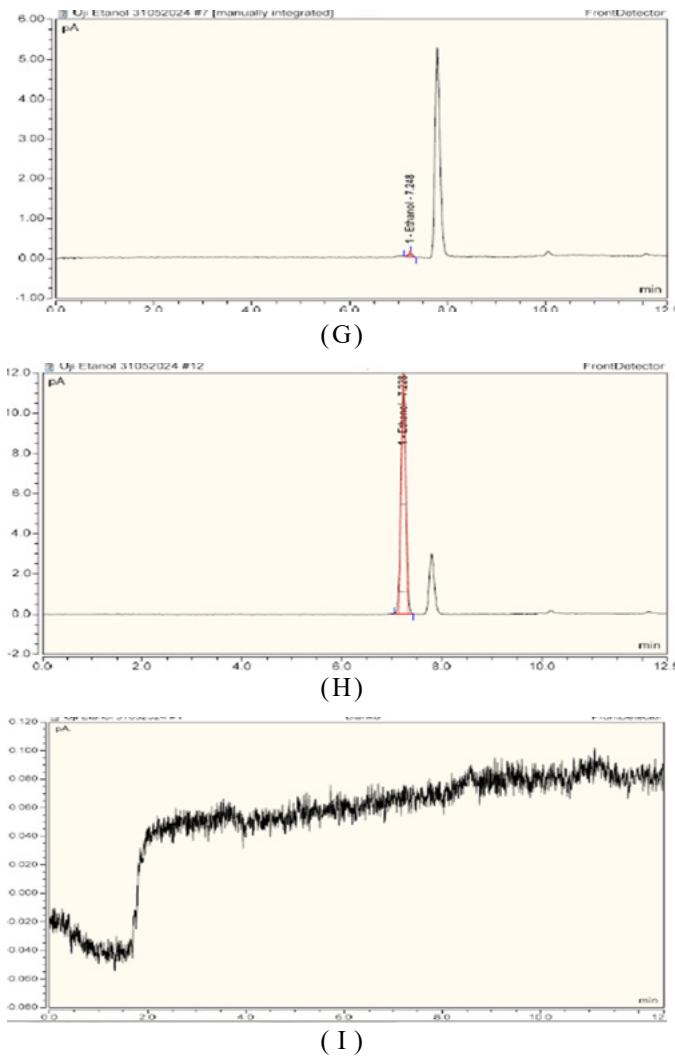
Pengamatan setiap sampel minuman legen (**Tabel 1**) digunakan untuk mendapatkan karakteristik berupa warna, sifat dan aroma sebagai penentuan sifat fisik atau kimia dalam deteksi kandungan alkohol.

Tabel 1. Karakteristik sampel legen

Jenis sampel	Warna dan sifat	Aroma
Legen (1B)	Putih sedikit kuning, sedikit berbusa	Asam sedikit menyengat
Legen (2B)	Putih keruh, sedikit berbusa	Segar sedikit asam
Legen (3B)	Putih keruh	Segar asam
Legen (4B)	Putih kekuningan, sedikit berbusa	Asam, menyengat.
Legen (1A)	Putih keruh	Segar
Legen (3A)	Putih keruh, sedikit berbusa	Segar asam
Legen (2A)	Putih keruh kekuningan dan berbusa	Segar cenderung asam

Hasil deteksi kadar alkohol dengan menggunakan GC-FID berupa kromatogram dapat diamati pada **Gambar 1**.





Gambar 1. Grafik kromatogram GC sampel. (A) 1B, (B) 2B, (C) 3B, (D) 4B, (E) 1A, (F) 2A, (G) 3A, (H) Kontrol 5%, (I) Blanko

Selain hasil perbandingan grafik sampel dengan kontrol, kadar alkohol dapat dihitung dengan rumus yang menggunakan kemunculan waktu retensi, luas area retensi dan tinggi *peak*. Hasil tersebut dapat diamati pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil perhitungan kadar alkohol

Jenis Sampel	Waktu Retensi	Luas Area Retensi	Tinggi Peak	Kadar Etanol (%)
Legen 1B	7,227	0,1487	1,271	1,29%
Legen 2B	7,230	0,0362	0,305	0,31%
Legen 3B	7,240	0,0168	0,155	0,15%
Legen 4B	7,228	1,2757	10,908	11,13%
Legen 1A	7,232	0,0124	0,114	0,04%
Legen 3A	7,248	0,0791	0,103	0,08%
Legen 2A	7,228	0,0103	0,695	0,69%

Pembahasan

Sampel yang didapatkan diuji karakteristik warna, sifat, dan aroma untuk mengetahui ciri khas minuman fermentasi terkandung etanol maupun tidak. Selain itu membandingkan hasil literatur sebagai informasi masa penyimpanan minuman fermentasi dan konsumen yang memanfaatkan minuman

tersebut. Pemilihan kontrol etanol 0,5% disesuaikan dengan fatwa MUI (halal) dan peraturan yang sudah ditetapkan di Indonesia. Hasil uji karakteristik dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Dalam memastikan hasil kromatografi lebih valid dan akurat, penelitian ini menggunakan blanko yang dapat mengidentifikasi adanya kontaminasi atau gangguan berasal dari pelarut, reagen, dan instrumen. Hasil blanko tidak menunjukkan adanya *peak* yang signifikan sehingga tidak mengindikasikan adanya kontaminan dari pelarut atau bahan lain. Terlihat hasil kromatogram blanko (**Gambar 1**) tidak tampak puncak yang signifikan, menandakan bahwa setiap sinyal yang terdeteksi pada analisis sampel benar berasal dari komponen dalam sampel bukan dari gangguan eksternal [16].

Sampel yang mengeluarkan aroma asam pada **Tabel 1** disebabkan proses fermentasi, dimana terjadi perombakan kandungan gula menjadi produk asam dan senyawa metabolit [9]. Selain itu aroma asam kuat dikarenakan perkembangan mikroorganisme (lipolitik dan proteolitik) tidak baik disebabkan konsentrasi alkohol yang dominan menimbulkan aroma alkohol asam dan warna kekuningan [17]. Rasa dan bau asam minuman fermentasi biasanya terjadi disebabkan penurunan kadar gula yang terdapat pada minuman tersebut. Gula yang terkandung memecah menjadi etanol, asam, CO₂ dan senyawa aroma [9]. Perubahan warna sampel pada **Tabel 1** dari putih menjadi keruh dihasilkan dari bahan pengawet alami legen yang disebut lau atau sabut kelapa [9].

Instrumen GC dapat memisahkan komponen kompleks pada suatu campuran atau sampel yang digunakan sehingga menghasilkan kromatogram dan spektrum massa [18]. Hasil kromatografi dapat dianalisis menggunakan kecocokan spektrum setiap *peak* dan kromatogram dengan senyawa kontrol atau data base *Wiley* untuk mengetahui jenis senyawa. Luas area tabel menunjukkan kuantitas atau banyaknya senyawa yang terdeteksi pada instrumen GC, sedangkan tinggi *peak* sebagai indikator konsentrasi kandungan senyawa sebuah sampel [16].

Grafik kromatogram (**Gambar 1**) menunjukkan setiap sampel secara otomatis menyesuaikan *peak* kontrol (etanol 5%) dengan rentan waktu retensi sekitar 7,248. Hasil penelitian Ulfa dkk. [19] menunjukkan bahwa perbandingan waktu retensi GC-MS standar baku dengan retensi sampel berbeda 0,017 menit dapat dinyatakan terkandung senyawa yang diuji. Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan gas pembawa, laju alir, panjang kolom, diameter kolom, pre-kolom dan kondisi saat eksperimen [19]. Gelombang yang muncul tidak sesuai pada retensi kontrol (etanol 5%) menandakan senyawa campuran dari hasil fermentasi produk legen dan legen selain etanol [15].

Penemuan senyawa etanol pada produk sampel paling banyak yaitu pada sampel legen 1B dan legen 4B dengan luas retensi area 0,1487 dan 1,2757. Tingginya kadar etanol pada minuman legen dan legen dipengaruhi oleh masa penyimpanan selama fermentasi serta tersedianya energi fermentasi, yaitu gula. Menurut penelitian Aryasa dkk. [10], variasi waktu penyimpanan legen yang memiliki kadar etanol paling tinggi pada hari ke 3 sampai 4. Hal tersebut dikonfirmasi melalui penelitian Irvan dkk. [20], yang menyatakan proses fermentasi pembuatan etanol atau bioetanol paling optimal ialah 3 hari penyimpanan, apabila melebihi akan mengalami konversi menjadi ester atau senyawa lain [15].

Perhitungan kadar etanol yang paling tinggi, yaitu sampel legen 4B (11,31%) dan terendah sampel legen 3B (0,15%). Hasil penelitian Putri [9], menunjukkan bahwa kandungan etanol legen aren tertinggi pada penyimpanan hari kelima sekitar 11,615%. Hal tersebut memungkinkan sampel 4B yang didapatkan di kawasan sampling tersimpan selama lima hari. Kandungan etanol dalam minuman memiliki ambang batas yang dapat masuk ke dalam tubuh. Data Badan Pengawas Obat dan Makanan 2016, minuman hasil pemanfaatan mikroba atau fermentasi, seperti aren atau kelam tidak kurang dari 7% dan tidak lebih dari 24% serta kandungan metanol dibawah 0,01% v/v [21]. Sedangkan menurut fatwa MUI, konsumsi minuman fermentasi yang mengandung alkohol dengan kadar kurang dari 0,5% diperbolehkan dalam hukum Islam, dengan syarat minuman tersebut tidak menimbulkan risiko medis bagi kesehatan individu [22].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kadar etanol dalam minuman legen bervariasi secara signifikan antar sampel. Tiga dari tujuh sampel memiliki kadar etanol melebihi batas aman menurut fatwa MUI Nomor 10 Tahun 2018, yaitu > 0,5%. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi alami yang tidak terkontrol dapat menyebabkan minuman tradisional seperti legen menjadi tidak memenuhi kriteria halal.

Diperlukan upaya kontrol mutu dan edukasi kepada produsen maupun konsumen mengenai penanganan dan penyimpanan legen yang sesuai agar tetap aman dan halal untuk dikonsumsi. Metode GC-FID terbukti efektif dalam mendeteksi kadar etanol secara akurat dan dapat digunakan sebagai alat verifikasi halal dalam konteks minuman fermentasi alami.

Referensi

- [1] Wiraagni IA, Suhartini IBG, Surya PW, Suriyanto H, Rusyad A. Materi Penunjang Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Jilid 1. 1st ed. Bandung: UGM PRESS; 2021. 166 p.
- [2] Pulungan I, Sugijanto K, Prawita A. Validation Gas Chromatography-Fid Method for Analysis of Ethanol Content in Vinegar Metode Validasi Gas Chromatography-Fid Untuk Analisis Konten Ethanol Pada Cuka. *J Halal Prod Res*. 2018;01(02):22–32. doi: <https://doi.org/10.20473/JHPR.VOL.1-ISSUE.2.22-31>
- [3] Ulfa M, Astuti RY, Alam RB, Suharsanti R, Tinggi S, Farmasi I, et al. Kadal Iran (Ethanol Content Nira Siwalan (*Borassus flabellifer*)) with GC-MS (gas chromatography mass spectrometry) ANALYSIS. *Media Farm Indones*. 2019;14(2):1522–4.
- [4] Putra IWS. Arak Bali Dalam Kehidupan Masyarakat Karangasem Bali Perspektif Sosioreligius. *Widya Katambung*. 2023 Dec;14(2):95–104. doi: <https://doi.org/10.33363/wk.v14i2.1067>
- [5] Suryanto, Nurbaya S. Pemeriksaan kadar alkohol dalam minuman tuak. *J Farmanesia*. 2016;1(1):22–3. doi: <https://doi.org/10.12691/jfnr-6-9-8>
- [6] Baharum NB, Awang MD, Arshad S, Salwa S, Gani A. Kajian Literatur : Konsep Alkohol Menurut Islam. *J al-Sirat*. 2020;19:33–40. doi: <http://dx.doi.org/10.18502/kss.v4i9.7338>
- [7] Restu Setiawati D, Rafika Sinaga A, Kurnia Dewi T. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok. *J Tek Kim*. 2013;19(1):9–15. doi: <http://dx.doi.org/10.29103/jtku.v8i1.1915>
- [8] Mira P. Karakteristik Minuman Alkohol Tradisional Tuak Kelapa Karangasem Melalui Uji Organoleptik. *J Hosp Tour Innov*. 2021;5(2):43–53.
- [9] Putri D. Kajian karakteristik objektif dan subjektif tuak aren (*Arenga pinnata*) berdasarkan lama waktu penyimpanan. *Meditory J Med Lab*. 2017;5(1). doi: <https://doi.org/10.33992/m.v5i1.99>
- [10] Aryasa IWT, Artini NPR, Risky DP, Hendrayana IMD. Kadar Alkohol Pada Minuman Tuak Desa Sunda Kecamatan Pupuan Menggunakan Metode Kromatografi Gas K. *J Ilm Medicam*. 2019;5(1):33–8. doi: <https://doi.org/10.36733/medicamento.v5i1.837>
- [11] K. B. A. Walangare, A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung BAS, Jurusan. Penentuan kadar alkohol pada tuak aren yang diperjualbelikan di nagori dolok kecamatan silau kahean kabupaten simalungun sumatera utara. *J Kim Saintek Dan Pendidik*. 2019;III(2):41–4. doi: <https://doi.org/10.35793/jtek.v2i2.1786>
- [12] Kusnadi J, Sari RA, Effendi FD. Konfirmasi Kadar Etanol Minuman Fermentasi Tradisional Indonesia Menggunakan Gas Chromatography- Flame Ionization Detector. *Semin Teknol Pertan Indones*. 2023;(2):401–11.
- [13] Mahmud H. Hukum Khamr dalam Perspektif Islam. *MADDIKA J Islam Fam Law*. 2020 Jul;1(1):28–47. doi: <https://dx.doi.org/10.24256/maddika.v1i1.1559>
- [14] Hasibuan NH, Katolina R, Irma M, Martinni M. Kromatografi Gas. 1st ed. Aulia H, Briliant RN, editors. Institut sains dan Teknologi Nasional. Jl. Gerilya No. 292 Purwokerto Selatan, Kab. Banyumas Jawa Tengah: PT. Pena Persada Kerta Utama; 2016. 1–14 p.
- [15] Sudarma N, Parwata IMO. Determination Ethanol In Arak With Gas Chromatography. *Bali Med J*. 2017 Dec;4(2):126–35. doi: <http://dx.doi.org/10.36376/bmj.v4i2.10>
- [16] Hartono K, Hadisoebroto G. Pengembangan Dan Validasi Metoda Analisis Penentuan Kadar Tablet Dietilkarbamazine Sitrat 100 Mg Dengan Metoda Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *J Sabdariffarma*. 2019;1(1):11–21. doi: <https://doi.org/10.53675/jsfar.v1i1.15>
- [17] Mussa R. Kajian Tentang Lama Fermentasi Nira Aren (*Arenga Pinnata*) Terhadap Kelimpahan Mikroba Dan Kualitas Organoleptik Tuak. *BIOPENDIX J Biol Pendidik dan Terap*. 2014;1(1):56–60. doi: <http://dx.doi.org/10.30598/biopendixvol1issue1page56-60>
- [18] Al-Rubaye AF, Hameed IH, Kadhimi MJ. A Review: Uses of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Technique for Analysis of Bioactive Natural Compounds of Some Plants. *Int J Toxicol Pharmacol Res*. 2017 Mar;9(01). doi: <http://dx.doi.org/10.25258/ijtp.v9i01.9042>
- [19] Ulfa DM, Riski N&, Irwandi D. Assay Of Paracetamol Syrup in Different Storage Temperatures by High Performance Liquid Chromatography Submitted :10 October 2019; Accepted: 10 October 2019 Asetaminofen (parasetamol) merupakan metabolit fenasetin dengan efek antipiretik yang sama dan. *Sanitas J Teknol Daan Seni Kesehat*. 2019;10(1):72–80. doi: <http://dx.doi.org/10.36525/sanitas.2019.7>

- [20] Irvan, Popphy Prawati, Bambang Trisakti. Pembuatan Bioetanol Dari Tepung Ampas Tebu Melalui Proses Hidrolisis Termal Dan Fermentasi: Pengaruh Ph, Jenis Ragi, Dan Waktu Fermentasi. *J Tek Kim USU*. 2015 Jun;4(2):27–31. doi: <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i2.1467>
- [21] Kartika AA. Analisis Kadar Alkohol Pada Minuman Tuak Dan Arak Menggunakan Metode Berat Jenis Dan Kromatografi Gas-FID. *Acta Holistica Pharm*. 2022 Oct;4(2):80–106. doi: <https://doi.org/10.62857/ahp.v4i2.136>
- [22] Purwana AS, Sutartib M. Relaksasi Fasilitas Tidak Dipungut Cukai Mnea Kadar Rendah Dikemas Untuk Penjualan Eceran. *J Perspekt Bea Dan Cukai*. 2021 Sep;5(1):123–43. doi: <http://dx.doi.org/10.31092/jpbc.v5i1.1153>