

Analisis Kadar Etanol pada Sampel Minuman Sari Buah dengan Lama Penyimpanan menggunakan Instrumen *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID)

Iryani Agustin Imbiri^{1,a)*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Kec.Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13220, Indonesia

^aBadan Penyelenggara Jaminan Produk Halal, Jl. Raya Pd. Gede No. 13, Pinang Ranti, Kec. Makasar, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13560

*Email: iryanaiimbiri@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan jumlah muslim terbesar kedua di dunia, makanan dan minuman yang beredar harus halal sesuai dengan Fatwa yang berlaku. Minuman sari buah merupakan salah satu minuman halal, namun ternyata dapat mengalami fermentasi alami dan menghasilkan etanol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar etanol pada sampel minuman sari buah dan mengidentifikasi pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar etanol menggunakan instrumen Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC-FID). Penelitian dimulai dengan pembuatan larutan induk etanol dan propanol, kemudian pembuatan larutan standar dan kurva regresi larutan standar. Analisis sampel dimulai dengan distilasi sampel dan distilat yang dihasilkan diinjeksikan pada GC-FID. Hasil penelitian menunjukkan kadar etanol dalam sampel sebesar 0% serta lama waktu penyimpanan pada suhu rendah tidak mempengaruhi kadar etanol dalam sampel. Validitas metode menunjukkan hasil yang baik dan telah sesuai dengan syarat keberterimaan jaminan mutu internal Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal melalui uji system suitability test, uji recovery standar internal dan uji presisi.

Kata-kunci: halal, etanol, gas chromatography flame ionization detector, minuman sari buah

Abstract

Indonesia is a country with the second largest number of Muslims in the world, food and beverages in circulation must be halal in accordance with Fatwa that applies. Fruit juice drink is one of the halal drinks, but it turns out that it can undergo natural fermentation and produce ethanol. This study aims to analyse ethanol levels in fruit juice drink samples and identify the effect of storage time on ethanol levels using a Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC-FID) instrument. The research began with the preparation of ethanol and propanol mother solutions, then the preparation of standard solutions and standard solution regression curves. Sample analysis began with sample distillation and the resulting distillate was injected into the GC-FID. The results showed that the ethanol content in the sample was 0% and the length of storage time at low temperatures did not affect the ethanol content in the sample. The validity of the method showed good results and was in accordance with the internal quality assurance acceptance requirements of the Halal Product Guarantee Agency through the system suitability test, internal standard recovery test and precision test.

Keywords: halal, ethanol, gas chromatography flame ionisation detector, fruit juice drinks

Introduction

Indonesia merupakan negara dengan penduduk muslim terbanyak kedua di dunia. Dengan jumlah populasi muslim yang banyak, produk makanan dan minuman yang beredar harus sesuai dengan prinsip syariat Islam. Keamanan dan kehalalan produk juga diatur oleh pemerintah dalam Undang-Undang Nomor 7 Tahun 1996 terkait perlindungan konsumen, produsen pangan halal, aman dan sehat. Salah satu produk halal yang umum ditemui adalah minuman sari buah.

Minuman sari buah merupakan minuman yang dibuat dari satu atau lebih jenis buah dengan campuran air minum melalui proses pengepresan. Umumnya dalam pembuatan sari buah tidak dilakukan fermentasi (Khalisa, 2021). Akan tetapi, berdasarkan penelitian oleh Alsaleem (2022), beberapa minuman sari buah dapat mengalami fermentasi secara alami walaupun tanpa adanya ragi. Faktor utama terjadinya fermentasi secara alami (spontan) adalah keberadaan mikroorganisme alami, kandungan gula, suhu dan lama penyimpanan yang dapat merangsang pertumbuhan bakteri. Hasil fermentasi tersebut ditunjukkan dengan munculnya kadar etanol pada sampel yang diuji.

Berdasarkan Fatwa Majelis Ulama Indonesia No. 10 Tahun 2018 produk minuman hasil fermentasi yang mengandung alkohol/etanol kurang dari 0.5% hukumnya halal jika secara medis tidak membahayakan. Produk minuman non fermentasi yang mengandung alkohol/etanol kurang dari 0.5% yang bukan berasal dari khamr hukumnya halal, apabila secara medis tidak membahayakan, seperti minuman ringan yang ditambahkan flavour yang mengandung alkohol/etanol (Halal MUI, 2023). Etanol merupakan senyawa organik yang termasuk ke dalam jenis alkohol dengan sifat mudah menguap, tak berwarna, berbau khas dan memabukkan (Mahardika *et al*, 2022). Etanol yang terakumulasi di dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan jantung hingga menyebabkan stroke.

Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) adalah metode analisis untuk penentuan senyawa secara kualitatif dan kuantitatif, terutama senyawa yang mudah menguap dan stabil pada suhu tinggi (Yanti *et al*, 2019). Metode ini didasarkan pada prinsip pemisahan yang didasarkan pada perbedaan volatilitas komponen-komponen campuran (Rizalina *et al*, 2018). Keunggulan GC-FID adalah memiliki sensitivitas hingga 0,02 coulomb per gram hidrokarbon dan dapat mendeteksi hampir semua senyawa organik volatil hingga batas bawah 1 nanogram (Astuti *et al*, 2018). Metode ini juga menawarkan rentang respons linier yang sangat besar, hingga 106 kali lipat (Mabarokah dan Afandi, 2024). Selain itu, mampu memisahkan campuran alkohol dengan efisiensi yang tinggi, sehingga menjadi alat yang sangat efektif untuk menentukan kandungan etanol, alkohol lain atau senyawa volatil lainnya dalam suatu campuran (Mariana *et al*, 2018).

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan terhadap sampel minuman yang memungkinkan terjadinya fermentasi secara alami. Terlebih dalam lama penyimpanan, gula menjadi sumber energi mikroorganisme yang terdapat secara alami dalam sampel minuman sari buah. Kromatografi gas detektor ionisasi nyala 2 merupakan metode yang tepat dalam mendeteksi senyawa organik yang volatil. Jenis kromatografi ini bersifat sensitif dengan hasil yang presisi dan akurat. Dengan demikian, dilakukanlah penelitian analisis kadar etanol dalam sampel minuman sari buah dengan lama penyimpanan menggunakan instrumen GC-FID

Methods

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengujian kadar etanol dalam sampel sari buah mengacu pada metode SNI 8965:2021 yaitu neraca analitik, botol timbang, peralatan distilasi, pipet tetes, labu ukur 25 mL; 100 mL, vial 2 mL; 10 mL dan mikropipet 200 μ L; 1000 μ L. Instrumen yang digunakan dalam pengujian ini adalah Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) Thermo Scientific dilengkapi dengan peralatan terkait (monitor, syringe, kolom kromatografi fase polar, dan compressed air). Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sampel minuman sari buah rasa jeruk, etanol kualitas kromatografi gas (GC), propanol kualitas kromatografi gas (GC), metanol kualitas kromatografi gas (GC), gas helium kualitas UHP, gas hidrogen kualitas UHP dan aquades.

Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar

Larutan induk etanol 5% dan propanol 5% dibuat dengan cara ditimbang masing-masing menggunakan neraca analitik kemudian ditera dengan aquades hingga mencapai tanda batas labu ukur 100 mL dan dihomogenkan. Lalu, dibuat larutan deret standar melalui pengenceran larutan induk etanol dan propanol dengan tujuh level konsentrasi yaitu 0,001%; 0,005%; 0,01%; 0,05%; 0,1%; 0,5% dan 1% dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya, dimasukkan masing-masing larutan deret standar ke dalam vial 2 mL dan diinjeksikan pada GC-FID. Dihitung rasio luas area etanol dengan dibandingkan dengan luas area propanol pada masing-masing konsentrasi deret.

Preparasi Larutan Sampel Uji

Sampel minuman sari buah ditimbang menggunakan neraca analitik kemudian dimasukkan ke dalam labu distilasi. Lalu, aquades dan propanol (20:1) ditambahkan ke dalam labu distilasi dan dihomogenkan sejenak. Dilakukan proses distilasi dengan suhu 97-100°C, dihentikan proses distilasi setelah diperoleh distilat sebanyak 22-24 mL (di bawah garis batas labu ukur 25 mL) dan ditera menggunakan aquades. Proses distilasi dilakukan dengan pengulangan minimal tiga kali (triplo). Selanjutnya, dipipet larutan hasil distilasi ke dalam botol vial 2 mL.

Penentuan Kadar Etanol pada Sampel dengan GC-FID

Hasil perhitungan rasio luas area etanol dibandingkan rasio luas area propanol pada masing-masing deret standar dibuat persamaan regresi kurva standar antara konsentrasi larutan standar (sumbu-x) dalam % b/v dan rasio luas area etanol dengan propanol (sumbu-y). Kemudian, diinjeksikan vial distilat sampel pada GC-FID. Dicatat luas area etanol dan area luas propanol pada hasil sampel uji untuk selanjutnya diolah lebih lanjut sesuai dengan jaminan mutu internal BPJPH.

Jaminan Mutu Standar Internal

1. *System Suitability Test*

System Suitability Test adalah parameter yang digunakan untuk mengukur keakuratan dan reabilitas hasil analisis. Terdapat tiga parameter yang termasuk dalam SST yaitu:

- Tailing Factor atau Asimetri (T), parameter untuk mengukur simetri puncak yang dihasilkan. Berdasarkan jaminan mutu internal BPJPH, syarat keberterimaan asimetri adalah $T \leq 2$.
- Resolusi, merupakan perbandingan antara selisih waktu retensi t_1 dan t_2 dari dua puncak (*peak*) dengan rata-rata lebar area w_1 dan w_2 pada garis dasar masing-masing puncak (*peak*). Berdasarkan jaminan mutu internal BPJPH, syarat keberterimaan resolusi (R_s) adalah $R_s > 2$ antar puncaknya.
- Number of Theoretical Plates* (N), parameter pengukuran efisiensi kolom yang menggambarkan jumlah distribusi keseimbangan dinamis yang muncul di dalam kolom. Berdasarkan jaminan mutu internal BPJPH, syarat keberterimaan jumlah lempeng teoritis adalah $N > 2000$.

2. *Recovery Standar Internal*

Pengujian *recovery* standar internal bertujuan untuk membandingkan antara kadar propanol sebenarnya dengan kadar propanol teoritis sehingga didapatkan informasi terkait ketelitian metode analisis:

$$\% Recovery = \frac{C_1}{C_2} \times 100\%$$

Keterangan:

C1 = Konsentrasi standar internal sebenarnya (% b/b)

C2 = Konsentrasi standar internal secara teoritis (% b/b)

3. Presisi

Presisi merupakan parameter penggambaran kesalahan acak yang terjadi di dalam pengukuran. Rumus perhitungan % RSD dan CV Horwitz adalah sebagai berikut:

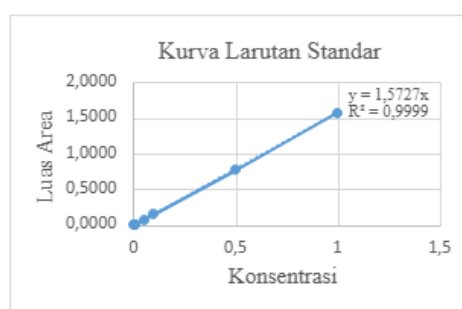
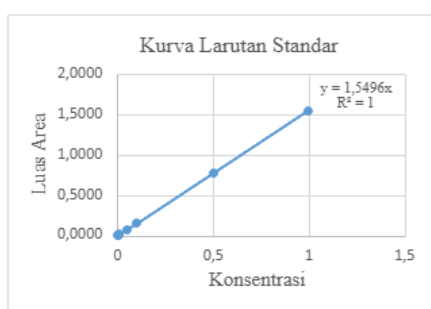
$$\% RSD = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rerata}} \times 100\%$$

$$CV \text{ Horwitz} = 2^{1-0,5C}$$

Keterangan:
C = Fraksi Konsentrasi

Results and Discussion

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar etanol dalam sampel minuman sari buah, mengidentifikasi pengaruh lama penyimpanan terhadap terjadinya fermentasi spontan dan kadar etanol dalam sampel. Sampel pada penelitian ini adalah minuman sari buah jeruk yang diekstrak menggunakan teknologi cold filling, tanpa sentuhan tangan manusia dan bebas bahan pengawet. Teknologi cold filling merupakan teknik pengisian minuman dengan suhu rendah dengan sterilitas tinggi. Teknik ini mampu menghambat pertumbuhan patogen misofilik atau mikroorganisme termofilik (Chen *et al*, 2019). Dalam penelitian digunakan kromatografi gas dengan detektor ionisasi nyala (GC-FID) Thermo Scientific Trace 1310 TriPlus RSH Autosampler. Metode ini cocok digunakan untuk menganalisis senyawa organik yang mudah menguap seperti etanol



Syarat keberterimaan nilai koefisien determinasi adalah $R^2 \geq 0,9999$. Berdasarkan hasil, didapatkan persamaan regresi linear dengan nilai koefisien korelasi (R) = 1 dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 1. Nilai ini menyatakan hubungan yang sangat linear antara konsentrasi larutan standar dengan rasio luas area puncak yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa rentang konsentrasi yang diukur telah sesuai dengan syarat dan mengindikasikan bahwa model kurva yang digunakan sesuai dengan parameter linearitas.

Setelah didapatkan nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi yang sesuai, dilakukan proses distilasi pada suhu 97-100°C. Destilasi merupakan teknik pemisahan campuran yang didasarkan oleh perbedaan titik didih. Pada penelitian, etanol menguap terlebih dahulu dikarenakan etanol memiliki titik didih yang lebih rendah yakni sebesar 78,4°C. Sedangkan propanol memiliki titik didih sebesar 97°C (Yanti *et al*, 2019). Data hasil analisis kadar etanol pada sampel hari ke-1 dan ke-45 disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1 Hasil Penentuan Kadar Etanol dalam Sampel Hari ke-1

Ulangan	Area Etanol (pA*min)	Area Propanol (pA*min)	Rasio Etanol	Hasil (%)	Rerata Hasil (%)
U1	0,0000	4,8713	0,0000	0,0000	0,0000
U2	0,0000	4,9378	0,0000	0,0000	
U3	0,00000	4,9865	0,0000	0,0000	

Tabel 2 Hasil Penentuan Kadar Etanol dalam Sampel Hari ke-45

Ulangan	Area Etanol (pA*min)	Area Propanol (pA*min)	Rasio Etanol	Hasil (%)	Rerata Hasil (%)
U1	0,0000	4,7249	0,0000	0,0000	0,0000
U2	0,0000	4,7554	0,0000	0,0000	
U3	0,0000	4,7359	0,0000	0,00000	

Berdasarkan data yang diperoleh, kadar etanol sampel pada pengujian hari ke-1 adalah 0%. Setelah disimpan selama 45 hari dalam mesin pendingin dengan suhu 6°C, kadar etanol yang didapatkan adalah 0%. Hasil menunjukkan bahwa sampel minuman sari buah yang digunakan tidak mengalami fermentasi spontan yang ditandai dengan kadar etanol konstan. Hal tersebut dikarenakan sampel minuman telah terjaga kualitasnya dengan teknologi cold filling, dimana sampel minuman telah steril saat sebelum maupun setelah pengemasan. Selain itu kondisi penyimpanan sampel yang berada di suhu rendah juga dapat mencegah terjadinya pertumbuhan mikroorganisme yang mampu menyebabkan terjadinya fermentasi spontan. Maka dapat diketahui bahwa kadar etanol dalam sampel telah sesuai dengan Fatwa MUI nomor 10 tahun 2018 yang menyatakan bahwa minuman dengan kadar di bawah 0,5% dinyatakan halal jika tidak membahayakan tubuh.

Pengujian jaminan mutu standar internal dilakukan untuk memastikan metode yang digunakan telah valid dan sesuai dengan standar Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal. Hasil pengujian jaminan mutu standar internal disajikan sebagai berikut.

Tabel 3 *System Suitability Test* (Hari ke-1)

Level	Konsentrasi (%)	Tailing Factor (T)	Resolusi (Rs)	Number of Theoretical Plates (N)
Syarat Keberterimaan		$T \leq 2$	$Rs > 2$	$N > 2000$
1	0,001	1,4200	41,98	38997
2	0,005	1,9700	43,98	47256
3	0,01	1,8500	43,91	47122
4	0,05	1,8600	46,07	53828
5	0,1	1,7100	45,46	51750
6	0,5	0,8500	49,98	65347
7	1	1,1200	44,25	48769

Tabel 4 *System Suitability Test* (Hari ke-45)

Level	Konsentrasi (%)	Tailing Factor (T)	Resolusi (Rs)	Number of Theoretical Plates (N)
Syarat Keberterimaan		$T \leq 2$	$Rs > 2$	$N > 2000$
1	0,001	1,9	45,01	53067
2	0,005	2	42,01	42861
3	0,01	1,9	42,28	43239
4	0,05	2	42,98	45961
5	0,1	2	43,07	46419
6	0,5	1,57	44,3	48744
7	1	1,21	42,46	45568

Berdasarkan data yang diperoleh, didapatkan hasil pengujian SST dengan nilai *tailing factor* berada pada rentang nilai 0,8500 hingga 2. Nilai *tailing factor* dibawah angka 1 menunjukkan bahwa puncak yang terbentuk simetris. Sedangkan, jika melebihi angka 1 menunjukkan bahwa terjadi pengekoran puncak. Dari data di atas, diketahui bahwa pada beberapa konsentrasi larutan standar terbentuk puncak yang simetris dan ada pula yang terjadi pengekoran. Namun hasil yang didapatkan masih berada dalam rentang syarat keberterimaan. Semakin besar nilai T maka semakin buruk pemisahan yang terjadi, sebaliknya semakin kecil nilai T maka semakin baik pemisahan yang terjadi.

Resolusi menunjukkan hubungan antara efisiensi kolom dengan pemisahan pada puncak yang terbentuk. Syarat keberterimaan resolusi berdasarkan jaminan mutu internal BPJPH adalah $Rs > 2$. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai resolusi pada larutan standar yang dibuat berada pada rentang

41,98 – 49,98. Nilai resolusi yang jauh lebih besar dari angka 2 ini menunjukkan bahwa puncak yang terbentuk telah terpisah dengan baik dan sesuai syarat keberterimaan jaminan mutu internal BPJPH. Resolusi juga menunjukkan bahwa metode yang digunakan memiliki kapasitas pemisahan yang sangat tinggi.

Jumlah lempeng teoritis yang diperoleh berada pada rentang 38.997 sampai dengan 65.347. Rentang tersebut menggambarkan bahwa kolom dapat menghasilkan puncak yang sempit dan mengindikasikan pemisahan berlangsung dengan efektif Hasil ini menunjukkan bahwa efisiensi kolom yang dihasilkan termasuk baik karena jauh lebih besar dari syarat keberterimaan.

Standar internal merupakan senyawa yang ditambah ke dalam sampel dengan tujuan untuk meminimalisir terjadinya variasi dalam respon alat dan perbedaan volume injeksi (Heri, 2011). Syarat suatu senyawa dapat digunakan sebagai standar internal adalah stabil, mudah terpisah dari sampel atau fasa gerak, memiliki struktur dan polaritas yang mirip dengan analit dan memiliki kemurnian tinggi (Riyanto, 2014). Hasil uji recovery standar disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5 Recovery Standar Internal (Hari ke-1)

Ulangan	Kadar Propanol Contoh (%)	Kadar Propanol Teoritis (%)	Recovery (%)	Syarat Keberterimaan	Hasil
U1	5,7566	5,8818	98	95 - 105 %	OK
U2	5,8352	5,8818	99		OK
U3	5,8925	5,8815	100		OK

Tabel 6 Recovery Standar Internal (Hari ke-45)

Ulangan	Kadar Propanol Contoh (%)	Kadar Propanol Teoritis (%)	Recovery (%)	Syarat Keberterimaan	Hasil
U1	5,7319	5,8815	97	95 - 105 %	OK
U2	5,7689	5,8815	98		OK
U3	5,7453	5,8815	98		OK

Berdasarkan data hasil analisis, didapatkan nilai % recovery standar internal pada tiap pengujian yakni 97%, 98%, 99% dan 100%. Hasil ini telah sesuai dengan rentang keberterimaan standar internal. Nilai recovery yang mendekati angka 100% menunjukkan bahwa metode yang digunakan memiliki akurasi yang baik dimana hasil pengukuran sebenarnya berada pada rentang nilai yang mirip dengan pengukuran teoritis. Nilai ini juga menunjukkan bahwa larutan propanol yang digunakan hanya mengalami sedikit penguapan.

Tabel 7 Data Uji Presisi (Hari ke-1)

Rerata Kadar (%)	Standar Deviasi	RSD	% RSD	CV Horwitz	2/3 CV Horwitz	Syarat Keberterimaan	Hasil
0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	7,3816	4,9211	%RSD < 2/3 CV Horwitz	OK

Tabel 8 Data Uji Presisi (Hari ke-45)

Rerata Kadar (%)	Standar Deviasi	RSD	%RSD	CV Horwitz	2/3 CV Horwitz	Syarat Keberterimaan	Hasil
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,0112	4,6742	%RSD < 2/3 CV Horwitz	OK

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai % RSD pada sampel baik pada pengujian hari ke-1 maupun hari ke-45 berada di bawah nilai 2/3 Horwitznya. Semakin besar nilai % RSD maka semakin buruk tingkat presisi metode yang digunakan. Sebaliknya, semakin kecil nilai % RSD maka semakin baik tingkat presisi metode yang digunakan (Rizalina *et al*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa metode analisis yang digunakan tepat dan hasil telah sesuai syarat. Adapun metode analisis dengan instrumen GC-FID ini memiliki hasil yang sangat presisi ditunjukkan oleh nilai % RSD yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai 2/3 CV Horwitznya.

Conclusion

Hasil analisis kadar etanol pada sampel minuman sari buah yang digunakan menunjukkan bahwa sampel tidak mengandung etanol. Setelah disimpan selama 45 hari dalam mesin pendingin dengan suhu rendah, kadar etanol pada sampel tetap 0%. Hal ini menunjukkan bahwa lama penyimpanan dengan suhu rendah mencegah terjadinya fermentasi alami oleh mikroorganisme. Hasil juga menunjukkan bahwa sampel minuman sari buah telah sesuai dengan Fatwa MUI nomor 10 Tahun 2017 yang menyatakan minuman halal jika kadar alkoholnya berada di bawah 0,5%.

Acknowledgment

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan sukses. Terima kasih banyak kepada pihak Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta dan Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian Praktik Kerja Lapangan. Terima kasih juga saya ucapkan kepada rekan-rekan mahasiswa yang turut serta mendukung penyelesaian kegiatan penelitian dan penulisan artikel ini.

References

- Alsaleem, T., Alsaleem, T., Al-Dhelaan, R., Allaheeb, G., Alkhidhr, M., Bintalhah, A., and Alowaiifeer, A. (2022). Evaluation of ethanol formation in fruit juices during refrigerated storage time and its Halal status. *International Journal of Halal Research*, 4(1), 19-28.
- Astuti, N. W., Suaniti, N. M., & Mustika, I. G. (2018). Validasi Metode Dalam Penentuan Kadar Etanol Pada Arak Dengan Menggunakan Kromatografi Gas Detektor Ionisasi Nyala. *Jurnal Kimia*, 11(2), 128-133.
- Chen, H., Chen, Y., Liu, S., Yang, H., Chen, C., and Chen, Y. (2019). Establishment The Critical Control Point Methodologies of Seven Major Food Processes in The Catering Industry to Meet The Core Concepts of ISO 22000: 2018 based on the Taiwanese experience. *Journal of Food Safety*, 39(6), e12691.
- Halal MUI. (2023). Fatwa MUI tentang Makanan dan Minuman Mengandung Alkohol. Diakses pada 10 Desember 2024 dari <https://halalmui.org/wp-content/uploads/2023/06/Fatwa-MUI-No.-10-Tahun-2018-tentang-Makanan-dan-Minuman-Mengandung-Alkohol>.
- Heri Mulyati, A., dan Dewi Apriyani, D. (2011). Validasi Metode Analisis Kadar Ambroksol Hidroklorida Dalam Sediaan Tablet Cystelis Secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Ekologia*, 11(2), 36-45.
- Khalisa, K., Lubis, Y. M., dan Agustina, R. (2021). Uji Organoleptik Minuman Sari Buah Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi. L). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 594-601.
- Mahardika, G. B., Nahara, A. R., & Gunawan, S. (2022). Titik kritis halal olahan natural products sebagai bahan aditif pangan. *Halal Research Journal*, 2(2), 112-119.
- Mariana, E., Cahyono, E., Rahayu, E. F., & Nurcahyo, B. (2018). Validasi metode penetapan kuantitatif metanol dalam urin menggunakan gas chromatography-Flame ionization detector. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 277-284.
- Mubarokah, L., & Efendi, M. R. S. (2024). Qualitative and Quantitative Identification of Alcohol using the Conway Microdiffusion Method and Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) on Evidence at the East Java Polda Bidlabfor. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 13(2), 135-142.

- Rizalina, H., Cahyono, E., Mursiti, S., Nurcahyo, B., & Supartono, S. (2018). Optimasi Penentuan Kadar Metanol dalam Darah Menggunakan Gas Chromatography. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 254-261.
- Yanti, A., Mursiti, S., Widiarti, N., Nurcahyo, B., & Alauhdin, M. (2019). Optimalisasi Metode Penentuan Kadar Etanol dan Metanol Pada Minuman Keras Oplosan Menggunakan Kromatografi Gas (KG). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1), 53-59.