

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjelaskan mengenai *Analisis Etil Palmitat Pada Rambut Dalam Rangka Memvalidasi Metode GC-MS yang di Gunakan* sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
Etil palmitat dianalisis dengan GC-MS dengan parameter validasi linearitas, LOD, LOQ, akurasi dan presisi (Suaniti dkk., 2020)	Hasil validasi metode menunjukkan bahwa nilai r: 0,9996, LOD: 2,5522; LOQ: 8,5073; nilai %CV: 3,59% dan %recovery: 110,05%.	Analisis etil palmitat dengan metode yang sama menggunakan GC-MS beserta validasinya.	Analisis menggunakan metode adisi standar dalam sampel.
Pengukuran analit menggunakan Trace GC Ultra gas chromatograph dengan ekstraksi menggunakan SPME dengan parameter validasi metode yang di uji linearits, akurasi, presisi dan LLOQ dengan adisi stanndar (Bastiani <i>et al.</i> , 2020)	Hasil validasi dengan SPME-GC-MS yaitu pada uji linearitas nilai r: 0,99; nilai %CV pada presisi 8,58-12,53% antar pengujian dan 6,12-6,82% intra pengujian. Sedangkan nilai akurasi (%recovery) sebesar 95,15-109,91%.	Analisis etil palmitat dalam rambut sebagai biomarker konsumsi alkohol.	Tidak dilakukan Tes Identifikasi Gangguan Penggunaan Alkohol (AUDIT) terkait pola penggunaan alkohol yang telah dilakukan dan analisis mrnggunakan metode GC-MS.
FAEE dianalisis dengan gas chromatography-tandem mass spectrometry using electron impact ionization dan ekstraksi dengan NH ₂ SPE cartridges. (Oppolzer <i>et al.</i> , 2017)	Hasil uji linearitas r: 0,9979 dengan nilai LLOQ 30 pg/mg dan nilai %CV 5,92-11,25%. %recovery: 93,2; 89,6 dan 78,3%.	Analisis biomarker konsumsi alkohol dalam rambut	Metode analisis menggunakan GC-MS dan biomarker yang digunakan Etil Palmitat (EtPa).

B. Landasan Teori

1. Penyalahgunaan dan Dampak Konsumsi Alkohol

Penyalahgunaan alkohol menjadi sebuah permasalahan yang cukup serius seiring dengan adanya penyalagunaan obat-obatan terlarang dan zat adiktif. Dengan perubahan zaman yang semakin berkembang terhadap kehidupan remaja, konsumsi alkohol pada remaja sendiri dapat didasari oleh banyak faktor salah satunya adalah pergaulan dan rasa penasaran yang membuat mereka mengkonsumsinya (Riskiyani *et al.*, 2016).

Berdasarkan data dari (Kemenkes, 2023) pada Survey Kesehatan Indonesia diketahui bahwa prevalensi konsumsi minuman beralkohol selama sebulan terakhir pada penduduk umur ≥ 10 tahun keseluruhan di Indonesia sebesar 2,2% dengan jumlah sebanyak 711.286. Untuk pengguna remaja berusia 15-19 tahun sebanyak 1,7% dengan jumlah 67.140 dan usia dewasa muda 20-24 tahun sebnayak 4,0% dengan jumlah 67.751. Hal ini menandakan bahwa alkohol dijadikan suatu kebiasaan yang mengakibatkan remaja menyalahgunakan minuman beralkohol.

Dengan banyaknya konsumsi alkohol di kalangan remaja maupun dewasa muda dapat menjadi sebab terjadinya masalah kesehatan, dimana dengan penggunaan minuman beralkohol dibawah umur dapat menyebabkan terjadinya resiko negative bagi kesehatan dan sosial seperti adanya gangguan perkembangan otak yang dapat mempengaruhi konsentrasi pada saat belajar, selain itu dapat menimbulkan stress atau depresi, meningkatkan resiko kejadian bunh diri, menyebabkan kekerasan terhadap orang disekitarnya, dan kecelakaan saat berkendara yang dapat menyebabkan kematian (Reyne dkk., 2023).

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), konsumsi alkohol yang berlebihan adalah penyebab utama lebih dari 200 penyakit dan cedera, serta berhubungan dengan kematian dini dan kecacatan. Diperkirakan setiap tahunnya, sekitar 3,3 juta orang di seluruh dunia meninggal akibat konsumsi alkohol. Pada tahun 1988, *International Agency for Research on Cancer* menggolongkan alkohol sebagai

karsinogen untuk manusia pada kategori 1 (IARC Working Group, 1987). Konsumsi alkohol diperkirakan menyebabkan 3,5% hingga 4,4% kematian akibat kanker setiap tahunnya di seluruh dunia (Nelson *et al.*, 2013).

Konsumsi alkohol dapat menyebabkan berbagai penyakit, salah satunya adalah gangguan fungsi hati, yang dikenal sebagai penyakit hati alkoholik (PHA). PHA disebabkan oleh konsumsi alkohol dalam jangka panjang dan terbagi menjadi tiga kategori: perlemakan hati, hepatitis alkoholik, dan sirosis. Perlemakan hati terjadi pada lebih dari 90% peminum alkohol berat, dan sekitar 10-30% dari mereka dapat berkembang menjadi hepatitis alkoholik, yang jika tidak diobati, dapat berlanjut ke sirosis (Longo *et al.*, 2011).

Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan (2022) menyatakan bahwa minuman beralkohol adalah minuman yang mengandung etanol, yang dihasilkan melalui fermentasi bahan nabati kaya karbohidrat, seperti biji-bijian, buah-buahan, dan nira. Konsumsi alkohol dalam jangka panjang dapat menyebabkan keracunan, merusak hati, serta menimbulkan gangguan neurologis, kardiovaskular, dan kesehatan mental, serta meningkatkan risiko kanker. Selain itu, konsumsi alkohol sering kali terkait dengan masalah kesehatan seperti sirosis hati, kanker, kecelakaan, dan cedera.

2. Alkohol dan Biomarker Konsumsi Alkohol

Alkohol memiliki struktur kimia R-OH, ditandai dengan gugus hidroksil (-OH). Struktur alkohol mirip dengan struktur air, namun satu atom hidrogennya diganti oleh gugus alkil (Hart *et al.*, 2003). Etil alkohol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) memiliki berat molekul (BM) 46,07, senyawa ini berupa cairan yang jernih, tidak berwarna, dan mudah menguap; memiliki aroma khas dan dapat menyebabkan sensasi terbakar di lidah. Senyawa ini mudah menguap bahkan pada suhu rendah, mendidih pada 78°C , serta mudah terbakar. Selain itu, senyawa ini larut dalam air dan dapat bercampur dengan hampir semua pelarut organik (Kemenkes, 2020).

Alkohol merupakan zat psikoaktif yang bersifat adiktif yang dapat menyebabkan kecanduan atau ketergantungan pada seseorang yang mengkonsumsinya. Alkohol bersifat psikoaktif karena dapat menyebabkan perubahan pada perilaku, emosi, kognisi, dan kesadaran seseorang akibat pengaruhnya yang selektif, terutama pada otak. Selain itu, alkohol juga dapat mengakibatkan perubahan pada sistem tubuh, baik secara akut maupun kronis. Seseorang yang mengonsumsi alkohol dapat mengalami rentang respons yang bervariasi, mulai dari kondisi ringan hingga berat (BPOM, 2016).

Menurut BPOM Nomor 5 tahun 2021 tentang Standar Keamanan dan Mutu Minuman Beralkohol, minuman ini dikategorikan berdasarkan kadar etanolnya. Dimana bir memiliki kadar etanol antara 0,5% hingga 8% dan bir hitam memiliki kadar etanol tidak kurang dari 2% dan tidak lebih dari 8%. Cider dan perry memiliki kandungan etanol tidak lebih dari 8,5%. Anggur memiliki kadar etanol tidak kurang dari 75 dan tidak lebih dari 24%, sementara minuman spirit mengandung lebih dari 15%. Kadar etanol yang banyak tersebar di pasar berkisar antara 30% hingga 40%, seperti pada anggur buah, arak, dan tuak, whisky, vodka. Whiskey memiliki kandungan etanol tertinggi, yaitu tidak kurang dari 40%.

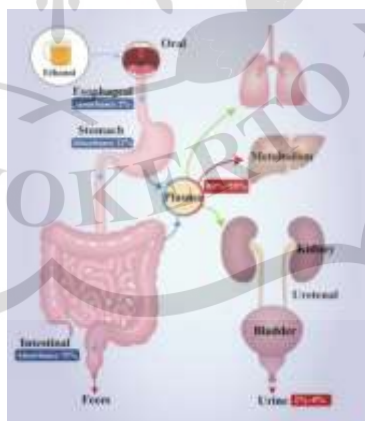
Biomarker yang digunakan untuk deteksi penggunaan alkohol dalam rambut menurut WHO dalam *Consensus Society of Hair Testing for Alcohol* berupa Etil Glukuronida (EtG) dan Etil Palmitat (EtP). Etil Glukuronida (ethyl β -D-6-glucuronide) adalah metabolit langsung FASE II etanol. Metabolit alkohol non-oksidatif ini terbentuk di hati setelah konsumsi alkohol. Ketika etanol bereaksi dengan asam glukuronat dengan adanya enzim UDP-glukuronosiltransferase (UDP-GT) yang menyebabkan terbentuknya (ethyl β -D-6-glucuronide) (Wurst *et al.*, 2000; McDonnell *et al.*, 2015). EtG sebagai penanda sensitive konsumsi alkohol yang dapat dideteksi dalam jangka waktu yang lama setelah alkohol hilang sepenuhnya dari tubuh, memberikan indikasi kuat konsumsi alkohol (Tavakoli *et al.*, 2011; Zimmer *et al.*, 2002).

Fatty Acid Ethyl Esters (FAEE) merupakan produk pemecahan jalur non-oksidatif metabolisme alkohol yang terbentuk oleh esterifikasi asam lemak bebas endogen dan etanol oleh enzim spesifik dan non-spesifik dalam darah di beberapa jaringan (Peterson, 2004; Laposata, 1997). Studi terbaru menunjukkan bahwa etil palmitat merupakan penanda yang sensitif dan spesifik untuk membedakan peminum ringan, berat atau pecandu alkohol (Wurst, *et al.*, 2004). Etil Palmitat pada rambut telah diamati dan dapat dideteksi pada rambut selama berbulan-bulan (Pragst and Yegles, 2008; Wurst, *et al.*, 2004).

Etil palmitat digunakan dalam konteks biomarker konsumsi alkohol pada sampel biologis rambut karena menurut WHO (2019), senyawa ini dapat terdeteksi dalam rambut untuk penanda konsumsi kronis atau konsumsi jangka panjang dari pengguna alkohol. Etil palmitat merupakan senyawa non polar dan lipofilik sehingga tidak mudah larut dalam urin secara langsung, biasanya terakumulasi atau muncul dalam jaringan berlemak dan rambut. Pada rambut dapat terdeteksi selama lebih dari 3 bulan setelah konsumsi alkohol (Dasgupta *et al.*, 2015).

3. Metabolisme Alkohol

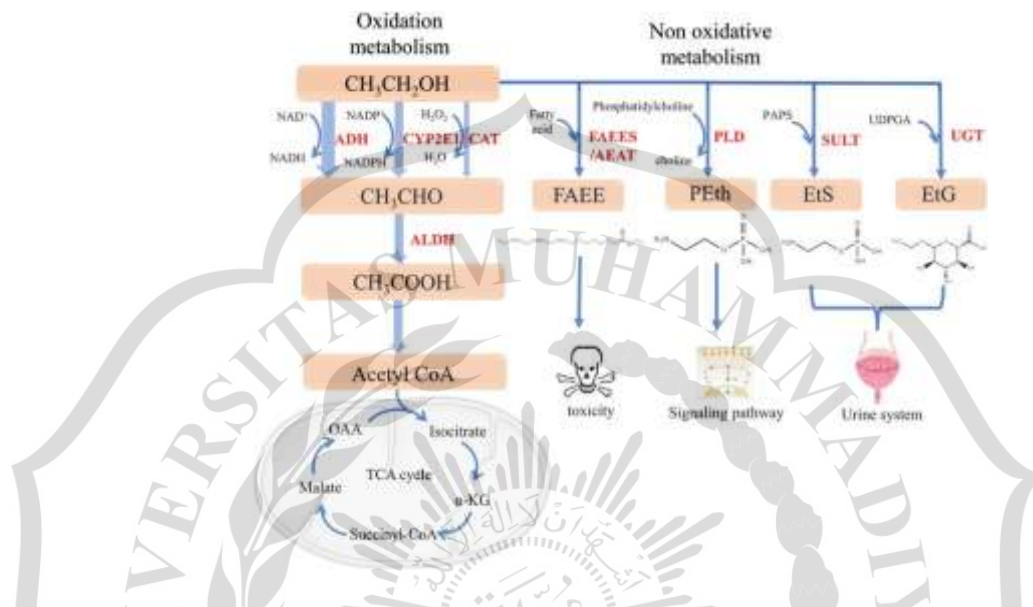
Alkohol yang telah diminum akan melalui beberapa tempat penyerapan, dimana hal itu dapat dilihat dari gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Penyerapan, Pengangkutan, dan Pengendapan Alkohol Dalam Tubuh (Yan *et al.*, 2023).

Setelah diminum, sebanyak 22% etanol diserap di lambung dan sebagian besar lainnya di serap di usus yaitu sebanyak 75%, hanya 2%

etanol yang diserap di mulut dan esofagus. Setelah diserap, sebagian besar etanol yang terserap akan masuk ke aliran darah dan dimetabolisme oleh hati sebanyak 95%, namun sebagian kecil akan dikeluarkan melalui urin dan feses sebesar 1% atau dapat dihembuskan melalui paru-paru dalam bentuk gas (Yan *et al.*, 2023).



Gambar 2. 2 Jalur Metabolisme Etanol di Hati (Yan *et al.*, 2023).

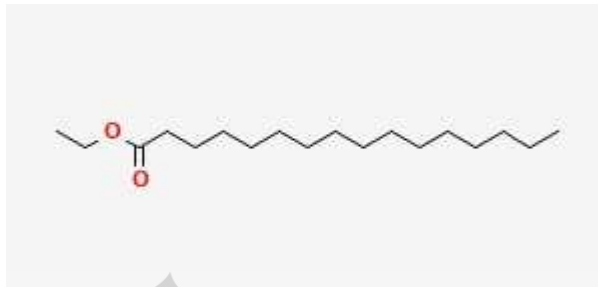
Melalui jalur metabolisme oksidasi etanol dimetabolisme menjadi asetaldehida oleh alkohol dehidrogenase (ADH), cytochrome P450 2E1 (CYP2E1), dan katalase (CAT) membentuk asetaldehida (CH_3CHO). Asetaldehida selanjutnya dimetabolisme menjadi asam asetat (CH_3COOH) oleh aldehyd dehydrogenase (ALDH). Asam asetat kemudian diubah menjadi asetil-CoA oleh asetil-CoA sintase, setelah itu memasuki siklus asam trikarboksilat. Selain itu, etanol dapat dimetabolisme secara alternatif menjadi metabolit nonoksidatif yaitu menjadi fatty acid ethyl ester (FAEE) yang dimetabolisme oleh enzim fatty acid ethyl ester synthase (FAEEs). Lalu jika dimetabolisme oleh fosfolipase (PLD) menjadi fosfatidiletanolfees (PEth). Dimetabolisme menjadi etil sulfat (EtS) oleh sulfotransferase (SULT) dan menjadi Etil glukuronida (EtG) Ketika dimetabolisme oleh glukuronosiltransferase (UGT) (Yan *et al.*, 2023).

Fatty acid ethyl ester (FAEE) adalah produk dari proses esterifikasi antara asam lemak dan etanol, yang berfungsi sebagai biomarker untuk konsumsi alkohol kronis dan sering digunakan dalam diagnosis forensik dan klinis (Crunelle *et al.*, 2014; Dumitrascu *et al.*, 2018). FAEE sebagai metabolit non-oksidatif alkohol, terbentuk dalam serum dan menyebar ke seluruh jaringan setelah konsumsi alkohol. *Fatty Acid Ethyl Ester* (FAEE) dibentuk dari beberapa asam lemak dan etanol, yang merupakan kombinasi dari berbagai ester. Dengan komponen alkohol berupa gliserol, monogliserida, digliserida atau trigliserida terbentuk (De Giovanni *et al.*). Sekitar 15-20 etil ester asam lemak dapat dideteksi dalam satu spesiesmen, tetapi yang paling umum digunakan ada empat yaitu (etil oleat, etil palmitat, etil miristat, dan etil stearate (Peterson, 2004; Laposata, 1997; Pragst and Balikova, 2006).

Penelitian menunjukkan bahwa FAEE dapat terdeteksi dalam sampel sukarelawan yang mengonsumsi alkohol (Liu *et al.*, 2018; Cabarcos *et al.*, 2018). Beberapa senyawa hasil esterifikasi alkohol dengan asam lemak atau acetyl Co-A telah diidentifikasi sebagai FAEE, tetapi hanya empat yang relevan: *ethyl palmitate*, *ethyl oleate*, *ethyl myristate*, dan *ethyl stearate*. (Suaniti *et al.*, 2020).

Hasil metabolisme dari alkohol terutama senyawa *Fatty Acid Ethyl Ester* (FAEE) ini dapat terakumulasi di beberapa tempat salah satunya pada rambut yang dapat terdeteksi selama lebih dari 3 bulan setelah konsumsi alkohol, sementara dalam darah hanya dapat terdeteksi selama kurang dari 36 jam (Dasgupta *et al.*, 2015).

4. Etil Palmitat



Gambar 2. 3 Senyawa Etil Palmitat

Etil Palmitat merupakan senyawa ester asam lemak rantai panjang yang dihasilkan dari kondensasi formal gugus karboksi asam palmitat dengan gugus hidroksi etanol. Etil palmitat memiliki rumus molekul ($C_{18}H_{36}O_2$) dengan berat molekul 284,5 gram/mol. Nama lain dari Etil palmitat yaitu Etil Heksadekanoat, Asam Heksadekanoat Etil Ester atau Asam Palmitat Etil Ester. Berbentuk padat, kristal tidak berwarna dengan bau lilin, titik didih 192-193°C dan titik leleh 24°C. Larut dalam etanol dan minyak, tidak larut dalam air (National Center for Biotechnology Information, 2025).

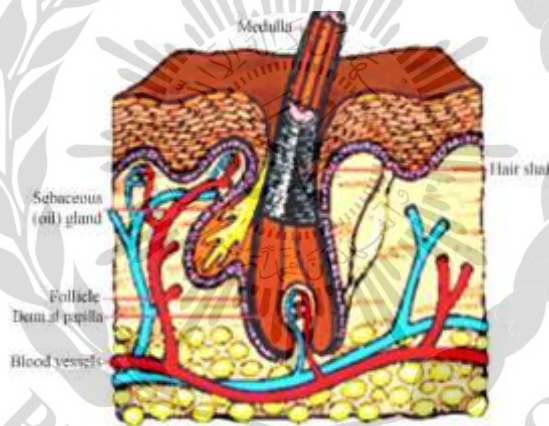
Etil palmitat merupakan senyawa ester rantai panjang yang bersifat non-polar dan memiliki volatilitas sedang. Sifat ini menjadikan etil palmitat cocok dianalisis menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), karena metode ini efektif memisahkan dan mendeteksi senyawa yang mudah menguap dan stabil terhadap suhu tinggi. Penggunaan sistem GC-MS juga memungkinkan identifikasi senyawa secara selektif melalui spektrum massa, sehingga cocok digunakan dalam analisis matriks kompleks seperti rambut (NIST, 2024).

5. Rambut

Rambut adalah substrat keratin berbentuk benang yang kuat ikatannya dengan kulit, dengan tebal 5–200 μm . Helai rambut adalah bagian yang tampak di permukaan kulit, sedangkan akar rambut ada di bawah kulit. Folikel rambut terdiri dari kantong epitel yang memuat pipa

rambut, memberikan nutrisi dan membentuk akar rambut yang mengandung sel matriks tak diferensiasi dan melanosit. Pertumbuhan rambut dimulai dari folikel ini, dengan laju pertumbuhan sekitar 0,4 mm per hari (Mutschler, 1991).

Rambut semakin banyak digunakan karena alternatif dalam tes tertentu karena pengumpulan sampel yang tidak menimbulkan rasa sakit dan tidak memerlukan peralatan khusus. Selain itu banyak obat yang dapat dideteksi dalam sampel rambut berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun setelah penggunaan, sehingga memungkinkan jendela deteksi yang lebih panjang (Gryczynsky *et al.*, 2014; Kintz *et al.*, 2015). Dalam survey Tingkat penolakan tes rambut ditemukan lebih rendah dibandingkan tes urine, tes darah dan saliva merupakan alternatif tambahan, tetapi juga dibatasi oleh waktu deteksi yang singkat, yaitu beberapa jam hingga beberapa hari (Vindenes dkk., 2011).



Gambar 2. 4 Struktur Rambut (<https://www.hshairclinic.co.uk>)

a. Struktur Rambut

Jika rambut dipotong melintang maka akan terlihat sel yang tersusun dari 3 lapisan yaitu:

- 1) Kutikula ini merupakan lapisan tipis, jernih, dan tidak berinti, dengan ujung bebas menghadap ke atas.
- 2) Korteks adalah bagian akar rambut yang terdiri dari lapisan sel gepeng berbentuk gelondong, keras, dan menentukan warna rambut.

- 3) Medula merupakan bagian yang tersusun dari 2 hingga 3 lapis sel kubus yang mengkerut dan dipisahkan oleh ruang berisi udara (Lesson, 1991 dan Junqueira dkk., 1997).

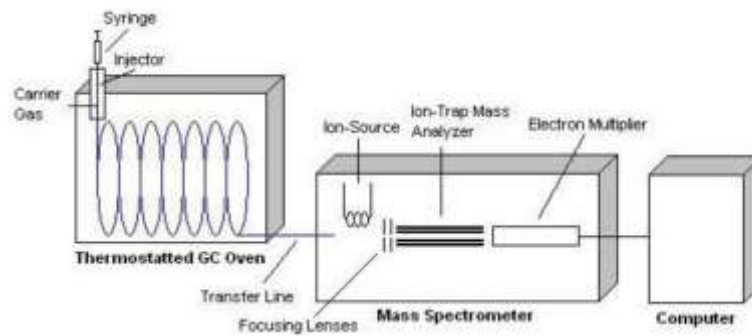
b. Komposisi Rambut

Rambut yang sehat memiliki struktur elastis, kuat, dan tampak mengkilap serta rata dari akar hingga ujung. Secara kimia, rambut sehat terdiri dari 50,67% karbon, 6,36% hidrogen, 17,64% nitrogen, dan 20,85% oksigen. Zat yang diperlukan untuk pertumbuhan rambut meliputi protein (kreatin), karbon, dan lemak yang diperoleh melalui pembuluh darah halus yang terhubung dengan papilla rambut. Jika sirkulasi darah terganggu, maka pertumbuhan rambut akan terpengaruh (Lesson, 1991).

Analisis rambut memiliki jendela deteksi yang panjang dan dapat mengidentifikasi riwayat penggunaan obat atau alkohol jangka panjang. Rambut sangat menguntungkan karena kemampuannya untuk mengidentifikasi konsumsi selama beberapa bulan dari sampel (Gareri *et al.*, 2014; Cabarcos *et al.*, 2015).

6. Kromatografi Gas Spektrometri Massa

Kromatografi gas-spektrometri massa merupakan kombinasi dari dua metode analisis: kromatografi gas dan spektrometri massa. Dalam metode ini, kromatografi gas bertindak sebagai alat pemisahan tanpa detektor, sementara spektrometri massa bertindak sebagai detektor. Dengan demikian, pemisahan mengikuti prinsip kromatografi gas, sedangkan fragmentasi dan pola spektrum massa mengikuti aturan spektrometri massa. Kombinasi ini memiliki keuntungan yang signifikan, karena senyawa yang dipisahkan dengan kromatografi gas dapat dideteksi secara langsung dengan spektrometri massa. Dengan menggabungkan kedua alat ini, kromatografi gas-spektrometri massa dapat memisahkan komponen suatu analit dan sekaligus menentukan jenis komponen berdasarkan spektrum massanya (Cazes, 2004).



Gambar 2. 5 Instrmen Kromatografi Gas Spektrometri Massa sumber:
http://chem.libretexts.org/Core/Analytical_Chemistry/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas-Chromatography

Prinsip kerja alat ini dimulai dengan injeksi sampel cair ke dalam injektor, di mana sampel tersebut diuapkan. Uap yang dihasilkan diangkut oleh gas pembawa ke kolom untuk proses pemisahan. Setelah pemisahan, masing-masing komponen melewati ruang ionisasi di mana komponen tersebut dibombardir dengan elektron dan terionisasi untuk membentuk ion fragmen. Fragmen-fragmen ini kemudian ditangkap oleh detektor, menghasilkan spektrum massa (Cazes, 2004).

Dalam penelitian ini, metode analisis GC-MS dikembangkan dengan program suhu gradien, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemisahan komponen dalam sampel yang memiliki rentang volatilitas yang luas. Suhu awal yang rendah memungkinkan pemisahan senyawa dengan titik didih rendah, sedangkan peningkatan suhu secara bertahap mendorong elusi senyawa seperti etil palmitat yang memiliki titik didih lebih tinggi (Skoog, *et al.*, 2018).

7. Validasi Metode Analisis

Validasi metode analisis merupakan proses karakteristik metode untuk menentukan apakah metode yang digunakan memenuhi persyaratan aplikasi analisis yang dimaksud (Depkes RI, 2020). Validasi metode dilakukan untuk memastikan bahwa metode yang digunakan spesifik, reproduibel, serta akurat (Gandjar dan Rohman, 2015). Parameter analisis yang harus dipertimbangkan dalam melakukan validasi metode antara lain:

- a. Akurasi

Akurasi adalah tingkat kedekatan hasil pengujian dengan nilai sebenarnya atau nilai referensi. Penilaiannya dilakukan melalui uji recovery, yaitu dengan menambahkan analit (spiking) ke dalam sampel, lalu membandingkan hasilnya dengan bahan acuan standar (Gandjar & Rohman, 2015). Akurasi biasanya dihitung dari persentase *recovery* pada tiga tingkat konsentrasi berbeda, masing-masing diuji minimal tiga kali (Depkes RI, 2020).

Rumus akurasi:

$$\text{Recovery} = \frac{\text{Kadar Terukur}}{\text{Kadar Sebenarnya}} \times 100\%$$

b. Presisi

Presisi adalah sejauh mana hasil uji berulang pada sampel homogen memberikan hasil yang konsisten (Depkes RI, 2020). Presisi diuji pada tiga tingkat:

1. *Repeatability* merupakan uji pada kondisi yang sama (waktu, alat, analisis);
2. *Intermediate precision* merupakan uji pada kondisi berbeda dalam satu laboratorium;
3. *Reproducibility* merupakan uji antar laboratorium.

Presisi biasanya dinyatakan dalam bentuk standar deviasi (SD) atau relative standar deviasi (RSD) dengan rumus berikut:

$$\text{SD} = \frac{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}}{n-1} \quad \text{RSD} = \frac{\text{SD}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan:

n = Frekuensi penetapan

n-1 = Derajat kebebasan

x = Nilai pada masing-masing pengukuran

\bar{x} = Rata-rata (*mean*) pengukuran

Syarat nilai RSD untuk senyawa aktif dengan jumlah banyak adalah 1-2% (Gandjar dan Rohman, 2015).

c. Spesifinitas/selektivitas

Spesifisitas adalah kemampuan metode analisis untuk mengukur analit secara tepat meski terdapat zat pengotor, matriks, atau produk degradasi (Depkes RI, 2020). Untuk identifikasi, spesifisitas menunjukkan kemampuan membedakan senyawa dengan struktur mirip, sedangkan pada uji kemurnian atau kadar, spesifisitas ditentukan dari kemampuan memisahkan senyawa yang berdekatan, seperti pada kromatografi (Gandjar & Rohman, 2015).

d. *Limit of Detection* (LOD) atau batas deteksi

LOD adalah konsentrasi analit terendah yang masih bisa terdeteksi, namun belum tentu dapat diukur secara kuantitatif (Depkes RI, 2020). Biasanya dinyatakan dalam satuan seperti bpj, persen atau bpm. Penentuannya dapat dilakukan dengan mengukur respons blanko berulang kali, lalu dihitung simpangan bakunya dan diterapkan dalam rumus t berikut (Harmita, 2004):

$$\text{LOD} = \frac{3\left(\frac{S_y}{x}\right)}{b}$$

Batas deteksi secara statistik dapat dihitung dari persamaan regresi linier kurva kalibrasi. Nilai b mewakili kemiringan garis, dan simpangan baku blanko diwakili oleh simpangan baku residual (S_y/x).

e. *Limit of Quantification* (LOQ) atau batas kuantifikasi

LOQ adalah jumlah analit terkecil yang masih dapat diukur dengan akurasi dan presisi yang memadai sesuai metode yang digunakan. Seperti LOD, LOQ juga dapat dihitung dengan menganalisis respon blanko secara berulang dan menghitung simpangan bakunya (Depkes RI, 2020). Rumus LOQ sebagai berikut:

$$\text{LOQ} = \frac{10\left(\frac{S_y}{x}\right)}{b}$$

LOQ dapat dihitung secara statistik menggunakan garis regresi linier dari kurva kalibrasi, dengan kemiringan garis (b) sebagai nilai pengukuran dan simpangan baku blanko diwakili oleh simpangan baku residual (S_y/x).

f. Linearitas

Linieritas adalah kemampuan metode menghasilkan respon yang sebanding dengan konsentrasi analit dalam rentang tertentu. Dinyatakan

melalui persamaan regresi linier yang menghubungkan respon (y) dan konsentrasi (x). Penilaian dilakukan pada beberapa konsentrasi, lalu dianalisis dengan metode kuadrat terkecil untuk memperoleh koefisien korelasi, intersep, dan slope (Gandjar & Rohman, 2015).



C. Kerangka Konsep

