



Article Review: Analysis of Methamphetamine in Hair Samples with Various Methods

Artikel Review: Analisis Obat Metamfetamin Dalam Sampel Rambut Dengan Berbagai Metode

Syifa Khairunnisa^{1*}, Eka Wulan Galuh Pratiwi¹, Anggi Ayu Pratama¹, Marsah Rahmawati¹, Lina Nurfadhila¹

¹Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Jawa Barat, Indonesia.

*e-mail author : syifakhairunnisa650@gmail.com

ABSTRACT

Methamphetamine is a narcotic substance commonly known as shabu - shabu, which can damage the central nervous system and even cause death so that its distribution is restricted in Indonesia. The content of methamphetamine in the body can be analyzed using biological samples, one of which is hair. Hair is a part of the body that is commonly used to prove the presence of methamphetamine in the body because in the hair a drug can last for a long time, up to months. Writing a review of this article aims to make it easier for readers and researchers. The method of writing a review of this article is by conducting a literature search of research related to the analysis of methamphetamine in biological hair samples. Based on the results of a review of the journal, analysis of methamphetamine in hair samples can be carried out qualitatively and quantitatively with several methods that can be used to detect methamphetamine, including the marquis method, Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS), Graphene Oxide Assisted Membrane Electron Extraction (EME) with Chromatography Gas (GC), and FE-GC/MS.

Keywords: *Methamphetamine; Analysis; Hair; Biological Sample*

ABSTRAK

Metamfetamin merupakan zat narkotika yang biasa dikenal juga sebagai sabu-sabu, dapat merusak sistem saraf pusat bahkan sampai menyebabkan kematian sehingga peredarannya dibatasi di Indonesia. Kandungan metamfetamin dalam tubuh dapat dianalisis dengan menggunakan sampel biologis salah satunya yaitu rambut. Rambut merupakan bagian tubuh yang biasa digunakan untuk membuktikan adanya metamfetamin di dalam tubuh karena di dalam rambut suatu obat bisa bertahan dalam jangka waktu yang lama sampai berbulan - bulan. Penulisan *review* artikel ini bertujuan untuk memudahkan pembaca dan peneliti. Metode penulisan *review* artikel ini yaitu dengan melakukan penelusuran internet dari penelitian yang berkaitan mengenai analisis metamfetamin dalam sampel biologis rambut. Berdasarkan hasil review jurnal analisis metamfetamin dalam sampel rambut dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan beberapa metode yang bisa digunakan dalam mendeteksi metamfetamin antara lain metode *marquish*, *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS), Oksida Grafena Berbantuan Ekstraksi Elektron Membran (EME) dengan Kromatografi Gas (GC), dan FE-GC/MS.

Kata kunci: *Metamfetamin; Analisis; Rambut; Sampel Biologis.*

PENDAHULUAN

Berdasarkan UU RI No.35 tahun 2009, narkotika merupakan suatu obat yang terbuat dari tumbuhan atau bukan tumbuhan, secara sintesis maupun semi sintesis yang mengakibatkan hilangnya kesadaran, hilangnya rasa, hingga menyebabkan ketergantungan pada pemakainya, dan dikelompokkan berdasarkan golongan yang terdapat pada undang-undang (Dalimunthe, dkk., 2016). Salah satu jenis obat narkotika yang banyak dan mudah digunakan yaitu, metamfetamin atau sabu-sabu (Hudaya, dkk., 2022).

Sabu-sabu atau metamfetamin merupakan obat psikotropika golongan 2 yang berpengaruh pada sistem saraf pusat, serta menyebabkan ketergantungan fisik dan mental (adiksi) bila dikonsumsi tidak sesuai dosisnya (Dalimunthe, dkk., 2016). Metamfetamin merupakan zat narkotika yang biasa dikenal juga sebagai sabu-sabu, dapat merusak sistem saraf pusat bahkan sampai menyebabkan kematian, sehingga metamfetamin dilarang dalam penggunaannya (Mahmudi, dkk., 2023). Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 35 Tahun 2009 tentang narkotika, metamfetamin masuk ke dalam golongan nomor 1 yang dilarang dalam penyebarannya di Indonesia (Alfian, dkk., 2017).

Metamfetamin menjadi salah satu kasus penyalahgunaan narkoba yang banyak di Indonesia, yaitu 1000 kasus pertahun selama 5 tahun terakhir (Annisa, dkk., 2022). Berdasarkan Badan Narkotika Nasional (BNN) Tahun 2012, sebanyak 4.697 orang menggunakan metamfetamin, selanjutnya 4.175 orang menggunakan narkoba jenis ganja, jenis heroin sebanyak 3.455 orang, jenis ekstasi sebanyak 1.536 orang, dan jenis opiat sebanyak 736 orang. Menurut Badan Narkotika Nasional (BNN) Tahun 2015, pemakai narkoba mencapai 5.800.000 orang dan 2.320.000 diantaranya adalah pengguna metamfetamin. Dalam kalangan pelajar, penggunaan metamfetamin sampai mencapai 87.800 orang (Dalimunthe, dkk., 2017).

Untuk membuktikan zat narkotika yang terkandung dalam seseorang, diperlukan pengujian dengan menggunakan sampel dan metode yang sesuai. Dapat digunakan sampel antara lain, yaitu urin, darah, keringat, saliva, dan rambut. Rambut adalah salah satu sampel yang sering digunakan

dalam melakukan analisis kandungan zat obat dalam tubuh karena memiliki beberapa kelebihan dari sampel lainnya. Selain itu, dapat juga digunakan untuk beberapa kasus dalam mengidentifikasi deoxyribonucleic acid (DNA). Dalam aspek waktu rambut lebih efisien dan informatif karena dapat mendeteksi suatu zat hanya dalam hitungan minggu hingga bulan (Hudaya, dkk., 2022).

Metode analisis bertujuan untuk mengidentifikasi sampel secara kualitatif ataupun kuantitatif. Metode kualitatif digunakan sebagai identifikasi suatu zat kimia, seperti gas, warna, dan endapan. Sedangkan metode kuantitatif, di dalamnya terdapat banyak angka atau data numerik yang digunakan untuk memberikan informasi berupa kuantitas pada setiap zat yang dianalisis (Hudaya, dkk., 2022).

Review artikel ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca dan peneliti selanjutnya mengenai analisis metamfetamin dengan sampel biologis rambut dengan berbagai metode secara akurat.

METODE PENELITIAN

Metode studi literatur yang digunakan dalam menyusun *review* jurnal ini yaitu dengan mengumpulkan jurnal-jurnal yang relevan. Penulisan *review* ini diawali dengan mengumpulkan jurnal dari berbagai database seperti Google Scholar dan Pubmed dengan kata kunci "Analisis Obat Metamfetamin Dalam Sampel Biologis" atau "Analisis Obat Metamfetamin Dalam Sampel Rambut" atau "*Determination Methamphetamine*". Berdasarkan pencarian didapatkan 368 artikel, setelah dilakukan pengkajian berdasarkan judul dan abstrak, hasil serta pembahasan telah ditetapkan 23 jurnal yang sesuai dan relevan dengan topik untuk selanjutnya dibahas.

HASIL DAN DISKUSI

Didapatkan sebanyak 23 jurnal dari tahun 2002 sampai tahun 2023 yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan yang kemudian dipilih untuk menjadi sumber data penelitian ini. Hasil dari beberapa penelitian yang melakukan analisis obat metamfetamin dalam sampel rambut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Review Analisis Obat Metamfetamin dalam Sampel Rambut

Sampel	Metode Analisis	Analisis	Preparasi Sampel	Referensi
Rambut	Pereaksi <i>Marquis</i>	Kualitatif	Ekstraksi Fase Padat atau SPE Pelarut: Etil asetat:Amonia:Metanol Reagens: Marquis Adsorben: Zeolit serulla Persentase: 60,16%	Dalimunthe, dkk., 2019
Rambut	Pereaksi <i>Marquis</i>	Kualitatif	Ekstraksi Fase Padat atau SPE Pelarut: Metanol:aseton:amonia Reagen: Marquis Pereaksi: Formaldehid dan asam sulfat pekat Adsorben: Silika	Annisa, dkk., 2022
Rambut	Pereaksi <i>Marquis</i>	Kualitatif	Ekstraksi cair-cair (sonikasi) Pelarut: Metanol:aseton:amonia, etil asetat:metanol:amonia, dan kloroform:metanol:asam asetat Reagen: Marquis Pereaksi: Formaldehid dan asam sulfat pekat Adsorben: Tanah diatome	Dalimunthe, 2021
Rambut	GC-MS	Kualitatif dan kuantitatif	Ekstraksi coupling sonikasi Pelarut: Metanol:etil asetat (9:1) Reagens: Marquis dan Porta drug test kit Kolom: HP 5 MS Gelombang ultrasonik: Frekuensi 43 KHz Waktu penggunaan: 16 menit Kadar methamphetamine: Berkisar 0,2 - 12,2 ng/mg Derivatisasi: <i>N-methyl-N-trimethylsilyl trifluoroacetamide</i> (MSTFA) dan 1% <i>trimethyl iodasilane</i> (TMIS)	Alfian, dkk., 2017
Rambut	Oksida grafena berbantuan ekstraksi elektromembran (EME) dengan kromatografi gas (GC)	Kualitatif dan kuantitatif	Oksida grafena berbantuan ekstraksi elektomembran Pelarut: 1-oktanol RR% (persen pemulihan): 94,5% dan 97,8%	Hasan et al., 2016
Rambut	FE-GC/MS	Kualitatif dan kuantitatif	<i>Flash evaporation</i> Pelarut: Metanol dan natrium dodesil sulfat Konsentrasi metamfetamin: 4,2-58,7 ng/mg RR% (persen pemulihan): 99.7-108.0%	Yanshuxian et al., 2020

Analisis senyawa narkotika dengan sampel biologis rambut berperan penting, terutama pada bidang toksikologi forensik terhadap penyimpangan penggunaan narkotika. Sampel rambut yang digunakan yaitu rambut yang berada di belakang kepala tepatnya dekat dengan kulit kepala. Rambut dipilih karena mempunyai keunggulan dalam hal menyerap zat-zat eksogen, kemudian zat tersebut tidak akan berganti selama beberapa tahun, dan penarikan sampel serta pengangkutannya mudah. Dalam hal ini, metamfetamin dapat dideteksi dalam beberapa bulan setelah dari konsumsi terakhir, dikarenakan metamfetamin masuk ke akar rambut melalui kapiler kemudian akan tersumbat di batang rambut. Selanjutnya, diperlukan perlakuan khusus untuk dapat mengeluarkannya. (Dalimunthe, dkk., 2019). Untuk mendeteksi metamfetamin dalam sampel rambut terdapat beberapa metode yang bisa digunakan, yaitu kualitatif dan kuantitatif menggunakan pereaksi reagen *marquis*, GC-MS, oksida grafena berbantuan ekstraksi elektron membran (EME) dengan kromatografi gas (GC), dan FE-GC/MS.

Metode *marquis* merupakan metode analisis sederhana dalam mengidentifikasi suatu senyawa, salah satunya metamfetamin dalam sampel biologis. Pereaksi *marquis* merupakan campuran dari formaldehid dan asam sulfat (1:40) dan hasil yang dikeluarkan berupa reaksi warna. Formaldehid bereaksi membentuk suatu ion karbonium dan bereaksi dengan senyawa aromatik dengan metamfetamin. Dalam suasana asam, ion karbonium bereaksi menghasilkan warna orange dalam metamfetamin.

Solid Phase Extraction (SPE) atau Ekstraksi Fase Padat adalah salah satu cara preparasi sampel yang digunakan untuk uji kualitatif dalam menganalisis sampel biologis seperti rambut yang berasal dari seseorang yang diduga sebagai pemakai metamfetamin atau narkoba menggunakan alat sonikasi yang disebabkan oleh pelarut yang optimal (Annisa, dkk., 2022). Pada penelitian Dalimunthe, dkk. (2019) mengenai analisis kualitatif kandungan senyawa metamfetamin dalam rambut pengguna sabu-sabu dengan metode pereaksi *marquis*. Tahapan awal sampel rambut dipreparasi menggunakan metode ekstraksi fase padat dengan bantuan alat sonikasi selama 30 menit dengan membandingkan pelarut, lalu hasil filtrat dari alat sonikasi dianalisis menggunakan ekstraksi fase padat (SPE) dengan

adsorben zeolit serulla. Kemudian, ekstrak tersebut dianalisis secara kualitatif dengan dengan pereaksi *marquis* yang menunjukkan warna orange kecoklatan sangat jelas pada pelarut etil asetat:metanol:amonia.

Pada penelitian Dalimunthe, dkk. (2019) juga menggunakan metode *marquis* dengan preparasi sampel metode ekstraksi cair-cair. Metode ekstraksi cair-cair yang memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz yang dapat mempercepat waktu kontak antara sampel dan pelarut meskipun pada suhu ruang (Dalimunthe, dkk. 2019). Hal ini menyebabkan proses perpindahan massa senyawa bioaktif dari dalam sampel rambut ke pelarut menjadi lebih cepat. Dalam penelitian ini digunakan alat sonikasi untuk memisahkan metamfetamin dari protein dan lemak yang ada di dalam rambut. Sonikasi mengandalkan energi gelombang yang menyebabkan proses kavitasi, yaitu proses pembentukan gelembung - gelembung kecil akibat adanya transmisi gelombang ultrasonik untuk membantu difusi pelarut kedalam dinding sel tanaman. (Gupta and Kothari, 2014). Metode preparasi ekstraksi sonikasi juga efisien dan mempersingkat waktu ekstraksi (Alfian et al., 2017). Alat sonikasi memiliki prinsip yaitu meninjau sifat akustik dari gelombang ultrasonik yang merambat melalui medium yang dilalui. Ketika gelombang ultrasonik menjalar, medium yang dilewati akan bergetar. Getaran akan menyebabkan pencampuran pada proses ekstraksi. Pencampuran akan menambah tingkat osmosis antara bahan dengan pelarut, sehingga proses ekstraksi meningkat (Kurniawan et al., 2021). Dalam proses sonikasi, pelarut berfungsi sebagai untuk menetapkan kadar metamfetamin. Kemudian hasil sonikasi dimasukkan ke ekstraksi fase padat, setelah itu dilakukan uji kualitatif dengan pereaksi *marquis*. (Dalimunthe, 2021).

Ekstraksi fase padat (SPE) adalah metode ekstraksi yang menggunakan fase padat dan fase cair untuk mengisolasi satu, atau satu jenis, analit dari larutan. Biasanya digunakan untuk membersihkan sampel sebelum digunakan menggunakan kromatografi atau metode analitik lainnya untuk menghitung jumlah analit dalam sampel. Prosedur umumnya adalah memuat larutan ke fase SPE, membersihkan komponen yang tidak diinginkan, dan kemudian bersihkan analit yang diinginkan dengan pelarut lain ke dalam tabung

pengumpul. Ekstraksi fase padat menggunakan jenis fase diam yang sama seperti yang digunakan dalam kolom kromatografi cair. Fase diam terkandung dalam kaca atau kolom plastik di atas frit atau wol kaca. Kolom mungkin memiliki frit di atas fase diam dan mungkin juga memiliki stopcock untuk mengontrol aliran pelarut melalui kolom (Agata, 2006). Sebagai fase padat dipilih senyawa yang memiliki sisi aktif pada permukaan sehingga akan berinteraksi dengan zat terlarut yang diinginkan yakni senyawa metamfetaminnya yang dikenal dengan isolat. (Sari et al, 2021). SPE memiliki prinsip yaitu analit yang berada dalam larutan dengan volume yang lebih besar akan dihambat pada fase diam yang berada di dalam kolom SPE (Cornelis, 2004).

Berdasarkan Santoso (2020), keuntungan dari ekstraksi fase padat dibandingkan ekstraksi cair-cair adalah sebagai berikut: (1) tidak menggunakan pelarut yang banyak; (2) cara ekstraksinya cepat; (3) alat gelas yang digunakan sedikit sehingga lebih murah dan kemungkinan terinfeksi mikrobanya kecil; (4) tingkat akurasi lebih bagus; (5) penguapan pelarut tidak banyak untuk analisis; (6) otomatisasinya sudah bagus. Ekstraksi fase padat memiliki kelemahan, namun dapat diperbaiki menggunakan variasi metode yang baru. Metode ekstraksi fase padat adalah metode ekstraksi yang bagus untuk menghilangkan zat pengotor dan isolasi analit dari biomatriks kompleks. SPE merupakan teknik unggulan karena waktu yang dibutuhkan untuk ekstraksi sangat efisien dan daya reproduktifitas tinggi. Teknik merupakan teknik pemisahan yang baik, dan menjadi salah satu teknik yang unggul dalam beberapa tahun terakhir (Cepeda et al., 2019). Metode sonikasi dapat menghasilkan analisis yang diperoleh dari analisa berdasarkan pelarut yang digunakan. Berdasarkan penelitian Dalimunthe, 2019 menyatakan bahwa kadar silika yang terdapat pada adsorben zeolit serulla adalah 60,16% dengan warna kuning kecoklatan menunjukkan positif terkandung zat metamfetamin. (Dalimunthe, 2019).

Dalam pengujian Dalimunthe, 2021 dan Annisa, dkk., 2022 metamfetamin diuji menggunakan metode ekstraksi fase padat, dilakukan dengan berbagai tahapan, diantaranya pembuatan reagen, preparasi rambut, sonikasi, dan ekstraksi kolom. Reagen yang digunakan yaitu reagen marquis dengan pelarut pertama menggunakan formaldehid 37% sebanyak 8-10 tetes dan pelarut kedua menggunakan HCl.

Selanjutnya, dilakukan preparasi rambut dengan cara menghaluskan rambut sebanyak 30 hingga 40 mg dengan mortir dan stamper, kemudian dibilas menggunakan metanol sebanyak 3 kali dengan waktu 5 menit. Selanjutnya dilakukan sonikasi, yaitu suatu alat yang dipengaruhi oleh teknik pelarut yang optimal. Proses sonikasi menggunakan tiga pelarut, yaitu: pelarut pertama campuran (amonia:aseton:metanol), Pelarut kedua campuran (etil asetat:amonia:metanol) dan pelarut yang ketiga campuran (metanol:asam asetat:kloroform) yang masing-masing pencampurnya dengan perbandingan 0,08:1,2:5; 8,5:0,5:1; dan 2:0,5:7,5. Pelarut tersebut disonikasi dengan suhu 20-25°C selama 30 menit. Setelah itu, disonikasi lagi menggunakan kloroform dengan waktu 5 menit, lalu diekstraksi cair-cair memakai metanol. Setelah itu, didinginkan dengan temperatur ruang, lalu disaring dengan kertas saring. Kemudian, filtrat diidentifikasi dengan reagen marquis dan amati perubahan warnanya (Dalimunthe, 2021 dan Annisa, dkk., 2022).

Metode sonikasi yang digunakan, mampu mempersingkat waktu kontak antara sampel dengan pelarut walaupun dalam temperatur ruang. Sehingga mengakibatkan metamfetamin bergeser dari rambut ke pelarut jadi cepat. Pelarut dipilih berdasarkan *like dissolve like*, yaitu metamfetamin senyawa yang larut dalam polar maka akan larut juga dalam pelarut polar. Tujuan dari metode sonikasi ini adalah ketika sudah didapat ekstrak dari metamfetamin, selanjutnya dilakukan uji kualitatif menggunakan reagen *marquis* untuk menunjukkan warna kuning kecoklatan. Dengan tiga pelarut yang berbeda ditujukan untuk melihat intensitas warna yang berbeda dari setiap pelarut (Dalimunthe, 2021)

Hasil yang diperoleh dari penelitian Dalimunthe, 2021 dan Annisa, dkk., 2022 adalah untuk pelarut campuran amonia:aseton:metanol dengan perbandingan 0,08:1,2:5 mendapatkan hasil positif metamfetamin dengan hasil filtrat berwarna kuning kecoklatan sangat jelas sesudah ditambahkan pereaksi marquis. Selanjutnya pelarut menggunakan etil asetat:amonia:metanol dengan perbandingan 8,5:0,5:1 mendapatkan hasil positif metamfetamin dengan hasil filtrat berwarna kuning kecoklatan cukup jelas sesudah ditambahkan pereaksi marquis. Kemudian, pelarut menggunakan metanol:asam asetat:kloroform dengan perbandingan 2:0,5:7,5 mendapatkan hasil positif metamfetamin dengan hasil filtrat berwarna kuning kecoklatan yang kurang jelas sesudah ditambahkan

pereaksi marquis. Dari ketiga pelarut yang berbeda tersebut, pelarut metanol:aseton:amonia memiliki hasil yang paling terbaik karena menunjukkan warna yang kuning kecoklatan yang jelas. Warna kuning kecoklatan tersebut menunjukkan hasil positif terhadap zat metamfetamin (Dalimunthe, 2021 dan Annisa, dkk., 2022).

Selain menggunakan metode kualitatif pereaksi *marquis*, metamfetamin dapat dianalisis dengan metode kuantitatif yaitu metode kromatografi dengan *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS). Instrumen alat ini adalah gabungan dari alat GC dan MS. Sampel yang akan diuji diidentifikasi terlebih dahulu menggunakan alat GC (gas chromatography), selanjutnya diidentifikasi dengan alat ms (mass spectrometry). (Kusano et al., 2019). Menurut mulyono 2011, GC dan MS adalah perpaduan simultan yang digunakan dalam memisahkan dan mengidentifikasi komponen-komponen campuran (Mulyono, 2011). GC-MS (*gas chromatography-mass spectrometry*) merupakan metode analisis dengan menggabungkan dua metode analisis yaitu kromatografi gas dan spektroskopi massa. Metode analisis dimana sampel terpisahkan secara fisik menjadi bentuk molekul-molekul yang lebih kecil (hasil pemisahan dapat dilihat berupa kromatogram) disebut dengan kromatografi gas. Sedangkan spektrofotometri massa merupakan metode analisis yang mana sampel akan diubah menjadi ion-ion gasnya. Massa dari ion-ion tersebut bisa diukur dari hasil deteksi yaitu spektrum massa. Pada GC terjadi pemisahan agar mendapatkan komponen yang diinginkan, sedangkan bila dilengkapi menggunakan MS (berfungsi sebagai detektor) akan bisa mengidentifikasi komponen tersebut, karena dapat membaca spektrum bobot molekul pada suatu komponen, juga terdapat reference pada software (Hermanto, 2008). Kromatografi gas adalah salah satu teknik kromatografi yang mana bertindak sebagai fase diam dapat berupa fase padat atau fase cair dan sebagai fase gerak yaitu gas. (Putra, 2011)

Pada penelitian Alfian, dkk.2017 (Alfian, et al.2017) menggunakan metode GC-MS menggunakan kolom HP 5 MS kemudian dilakukan derivatisasi dengan MSTFA (1%TMIS). Derivatisasi adalah cara kimiawi untuk mengganti suatu senyawa menjadi senyawa yang lain yang memiliki sifat sesuai untuk dilakukan analisis dengan kromatografi gas (menjadi lebih mudah menguap). Di ekstraksi sampel rambut menggunakan pelarut

metanol : etil asetat (9:1). Terdapat peningkatan metode ekstraksi *coupling* sonikasi dengan ultrasonic bath pada preparasi sampel rambut. Dengan menggunakan gelombang ultrasonik frekuensi 43 kHz, hal tersebut dapat memperlaju interaksi antara pelarut dengan sampel dan membuat proses pergeseran massa senyawa ke pelarut lebih cepat. Keberadaan gelombang ultrasonik dikenali dengan terbentuknya gelembung kecil dapat mendukung reaksi difusi pelarut menuju dinding sel. Menggunakan energi gelombang ultrasonik dalam teknik sonikasi diinginkan agar dapat melepaskan gumpalan partikel (*agglomeration*) sehingga mendapatkan banyak rongga pemisah antar partikel. Dalam uji pendahuluan Alfian, dkk. 2017 dengan pelarut *marquis* dan Porta drug test kit menunjukkan positif methamphetamine. Data GCMS menunjukkan kadar methamphetamine berkisar 0,2 sampai dengan 12.2 ng/mg dalam rambut. Analisis metamfetamin menggunakan metode ekstraksi pada waktu 15 (lima belas) menit dan waktu penggunaan menggunakan teknik GCMS 16 (enam belas) menit. Hal ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi sonikasi dan teknik GCMS yang digunakan pada penelitian ini cukup baik untuk menganalisis methamphetamine dari sampel rambut. (Alfian, et al 2017)

Keuntungan dari metode GC-MS adalah: (1) efektif; (2) mempunyai resolusi yang besar sehingga bisa digunakan dalam mengidentifikasi partikel sampel dalam jumlah yang sedikit; (3) untuk mengidentifikasi puluhan maupun ratusan sampel dengan jangka waktu yang sangat cepat; (4) GC-MS tidak akan merusak sampel dikarenakan fase gerak yang dipakai sangat baik kecepatannya maupun tekanannya, serta mempunyai kepekaan yang tinggi (Wiraagni et al., 2021). GC-MS juga alat dengan kategori A yaitu, kemampuan GC-MS dalam segi kepekaan sampel yang dianalisis sangat baik, maka dari itu GC-MS digunakan sebagai alat uji penegasan (identifikasi positif) daripada uji presumtif (dugaan) karena GC-MS dapat meminimalisir hasil positif palsu (Brown et al., 2020).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hasan dkk. tahun 2016, analisis obat metamfetamin dalam sampel biologis rambut dilakukan menggunakan metode GO-EME yang digabungkan dengan GC. Metode GO-EME dengan GC (*Graphene Oxide-Electromembrane Extraction with Gas Chromatography*) merupakan metode

ekstraksi elektromembran yang dibantu dengan oksida grafena serta digabungkan dengan kromatografi gas (Hasan et al., 2016). Oksida grafena merupakan turunan grafena yang paling mudah disintesis dan memiliki gugus fungsional oksigen yang terpasang pada bidang dasar dan tepi lembarannya. Sifat-sifat menarik dari oksida grafena berasal dari struktur kimianya yang unik yang terdiri atas domain karbon sp² kecil yang dikelilingi oleh domain karbon sp³ dan oksigen yang mengandung gugus fungsi hidrofilik (Kian et al., 2010). Karena karakteristiknya tersebut, GO digunakan dalam proses analisis obat metamfetamin karena permukaannya yang dapat bebas berinteraksi langsung dengan analit. Konsepnya adalah bahwa GO dalam dinding *hollow fiber* dapat bertindak sebagai penyerap analit dari larutan sampel, menghasilkan sensitivitas dan pengayaan yang lebih tinggi karena GO dapat menyerap analit sebab memiliki luas permukaan dan polaritas gugus oksigen yang tinggi (Hasan et al., 2015). Dari analisis obat metamfetamin menggunakan metode GO-EME dengan GC didapatkan hasil persen pemulihan (RR%) masing-masing sebesar 94,5% dan 97,8% dari kedua sampel rambut yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel menghasilkan perolehan pembersihan sampel yang sangat baik. Selain itu, untuk memverifikasi penerapan metode GO-EME dengan GC, analisis dievaluasi dalam kondisi optimal. Metode divalidasi sehubungan dengan parameter termasuk linearitas, LOD, LOQ, presisi, PF dan ER. Kisaran linear 8–800 ng/mL untuk metamfetamin dan korelasi linearitas yang baik (R²: 0,995) diperoleh. LOD dihitung berdasarkan S/N sama dengan 3 dan didapatkan hasil sebesar 0,61 ng/mL. GO-EME diulang lima kali dalam dua tingkat konsentrasi yang berbeda (100 dan 250 ng/mL) dalam larutan sampel dan larutan akseptor dianalisis dengan GC. Dalam pengulangan pengukuran GO-EME, dilaporkan nilai RSD di area puncak bervariasi antara 5 dan 6,5% untuk antar hari dan 4 - 5,5% untuk intra hari. PF sebesar 195-198 sesuai dengan pemulihan yang berkisar antara 95 hingga 98,5% tercapai (Hasan et al., 2016). Dibandingkan dengan metode lainnya, metode GO-EME dengan GC lebih unggul dalam berbagai hal seperti rentang linear dan LOD dibandingkan metode yang lain, baik yang menggunakan voltametri, GC-MS atau HPLC-UV dan metode derivatisasi (Manami et al., 2002). Selain itu, metode lain seperti LC-MS dilaporkan

dapat memberikan sensitivitas yang tinggi, namun instrumennya sangat mahal dan tidak terjangkau. Sebaliknya, karena rendahnya biaya *hollow fiber*, satu *hollow fiber* dapat digunakan per sampel di EME dan menghilangkan *carry over effect* (efek terbawa). Selain itu, EME bukan metode yang memakan waktu, bertentangan dengan teknik HF-LPME yang cukup memakan waktu. Oleh karena itu, GO-EME dapat memberikan hasil yang baik dan sensitif untuk prakonsentrasi dan penentuan metamfetamin dalam sampel. Dibandingkan dengan metode serupa lainnya yang menggunakan teknik preparasi sampel yang sederhana, metode GO-EME dengan GC juga menggunakan lebih sedikit pelarut per sampel sehingga lebih sedikit juga residu yang dihasilkan (Hasan et al., 2016).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Yanshuxian dkk. tahun 2020 dilakukan analisis obat metamfetamin dalam sampel rambut menggunakan metode FE-GC/MS. Metode FE-GC/MS (*Flash Evaporation-Gas Chromatography/Mass Spectrometry*) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis komponen volatil atau semi volatil dengan titik didih rendah dalam sampel dengan cara menguapkan, lalu memisahkan dan menentukannya dengan GC/MS (Liu et al., 2012). Dalam metode FE-GC/MS untuk analisis obat metamfetamin, salah satu hal yang berperan penting adalah suhu. Karena ketika suhu FE rendah, obat tidak bisa dilepaskan dari sampel rambut sepenuhnya. Namun, jika suhu FE tinggi justru akan menyebabkan dekomposisi obat dalam beberapa derajat. Oleh sebab itu dalam proses analisis obat metamfetamin suhu harus diperhatikan dengan baik (Yanshuxian et al., 2020). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil konsentrasi metamfetamin dari 9 sampel rambut yang diuji yaitu berkisar antara 4,2 hingga 58,7 ng/mg. Selain itu, metode FE-GC/MS dalam penelitian ini sepenuhnya divalidasi untuk LOD, LOQ, linearitas dan presisi. Penggunaan FE-GC/MS untuk analisis obat metamfetamin pada sampel rambut dilakukan dengan menggunakan metode standar eksternal. Ion kuantitatif m/z 180 dan 58 dihasilkan dari metamfetamin dipantau oleh GC-MS dan diintegrasikan untuk menentukan area puncak dalam mode SIM. Berdasarkan validasi yang dilakukan, metamfetamin menunjukkan linearitas yang memuaskan pada kisaran 2-200 ng/mg, dengan korelasi koefisien r=0,9991. Lalu, kemiringan dan perpotongan kurva standar yang didapatkan sebesar 20718,2 dan -25845,1. Selain

itu, hasil menunjukkan bahwa LOD dari metode yang digunakan adalah 0,7 ng/mg berdasarkan S/N=3, sedangkan LOQ adalah 2,0 ng/mg berdasarkan S/N=10, dan rentang RSD sebesar 1.49-7.40% serta didapatkan persen pemulihan sebesar 99.7-108.0% dengan RSD kurang dari 9.66%. Kemudian, untuk penentuan kadar metamfetamin dengan metode FE-GC/MS dibutuhkan 0,3 mg sampel rambut dan 10 menit untuk preparasi sampel, yang mana berbeda dengan literatur yaitu dibutuhkan 20-50 mg sampel rambut dan 2-20 jam untuk preparasi. Sehingga berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan metode lainnya, metode FE-GC/MS memenuhi persyaratan untuk analisis obat metamfetamin pada sampel rambut manusia dan merupakan metode yang lebih cepat, lebih sederhana, lebih mudah dan sampel yang digunakan lebih sedikit dalam analisis obat metamfetamin pada rambut manusia (Yanshuxian et al.,2020).

KESIMPULAN

Diantara berbagai metode yang digunakan untuk melakukan analisis obat metamfetamin dalam sampel rambut, metode yang dianggap memiliki paling banyak keunggulan diantara metode yang lainnya adalah metode FE-GC/MS. Hal ini dikarenakan konsentrasi dan persen pemulihan yang didapatkan dari analisis obat metamfetamin menggunakan metode FE-GC/MS menunjukkan hasil yang paling baik diantara metode yang lainnya. Selain itu, metode FE-GC/MS juga merupakan metode yang menggunakan paling sedikit pelarut, sampel, serta tidak memakan banyak waktu dibandingkan dengan metode analisis obat metamfetamin dalam sampel rambut yang lainnya. Sehingga, metode FE-GC/MS dianggap merupakan metode yang paling baik untuk digunakan dalam analisis obat metamfetamin dalam sampel rambut.

REFERENSI

- Alfian, Z., Marpaung, H., Taufik, M., 2017. Analisis Cepat Methamphetamine pada Rambut Pengguna Sabu Sabu Menggunakan Gas Kromatografi Spektroskopi Massa. *J. Stikna* 1, 11–19.
- Annisa, B. N., Urbaningrum, L. M., Sary, N. V., Sa'adah, C. N., Aribowo, A. I., & Lubis, C. F. (2022). Metode Analisis Kualitatif Senyawa Obat Methamphetamine pada Sampel Rambut. *Jurnal Health Sains*, 3(4), 523-529.
- Bagheri, H., Afkhami, A., Khoshshafar, H., Rezaei, M., Sabounchei, S. J., & Sarlakifar, M. (2015). Simultaneous electrochemical sensing of thallium, lead and mercury using a novel ionic liquid/graphene modified electrode. *Analytica chimica acta*, 870, 56-66.
- Bagheri, H., Zavareh, A. F., & Koruni, M. H. (2016). Graphene oxide assisted electromembrane extraction with gas chromatography for the determination of methamphetamine as a model analyte in hair and urine samples. *Journal of Separation Science*, 39(6), 1182-1188.
- Brown, M. H., McDaniel, T. J., Fedick, P. W., & Mulligan, C. C. (2020). The Current Role of Mass Spectrometry in Forensics and Future Prospects. *Journal Analytical Methods*, 12(32), 3974-3997.
- Cepeda, D. S. I., Castañeda, H. M. P., Mayor, A. V. R., Castañeda, J. E. G., Villamil, M. M., Medina, R. F., & Monroy, Z. J. R. (2019). Synthetic Peptide Purification With Gradient Elution : A Simple, Economical, Fast, and Efficient Methodology. *Journal Molecule*, 24(1), 1-9.
- Cornelis, R., Caruso, J., Crews, H dan Heumann, K. (2004). *Handbook of Elemental Speciation: Techniques and Methodology*. Wiley.
- Dalimunthe, N. A., Alfian, Z., Wirjosentono, B., & Marpaung, H. (2016). Studi Perbandingan Pelarut Pada Proses Sonikasi Untuk Analisis Kadar Metamfetamin Dalam Rambut Pengguna Sabu-Sabu. Medan: UNIMED Press.
- Dalimunthe, N. A., Alfian, Z., Wijosentono, B., & Eddyanto, E. (2019). Analisa Kualitatif Kandungan Senyawa Metamfetamin Dalam Rambut Pengguna Sabu-Sabu Dengan Metode Ekstraksi Fase Padat (SPE) Menggunakan Adsorben Zeolit Serulla. *Ready Star*, 2(1), 130-134.
- Dalimunthe, N. A. (2021). Uji Kualitatif Analisis Kandungan Metamfetamin Dari Rambut Pengguna Sabu-Sabu Menggunakan Metode Kolom Ekstraksi. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 5(1), 16-22.

- Gupta, A., Kothari, V., 2014. Modern extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *Int. J. Appl. Nat. Sci.* s 1, 8–26.
- H. J. Liu, S. Chen, P. Wang, L. Lu, Z. F. Pan, L. L. Wang, Flash evaporation gas chromatography determination with pattern recognition analysis for Curcuma zedoaria Rosc, *Acta Chim. Sinica* 70 (2012) 78-82.
- Hudaya, I. R., Hasna, V. L., Valensia, R., Hermawan, K. A., Hartati, H., Hasanah, F. F., & Aida, F. (2022). Review Artikel: Metode Validasi Analisis Metamfetamin dalam Sampel Biologis. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(4), 589-594.
- Kurniawan, F. P., Aprilianto, V. T., & Wahyudi, B. (2021). Ekstraksi Crude Tanin dari Kulit Buah Maja dengan Metode Sonikasi. 2(1), 59–62.
- Kusano, M., Sakamoto, Y., Natori, Y., Miyagawa, H., Tsuchihashi, H., Ishii, A., & Zaitso, K. (2019). Development of “Quick-DB forensic”: A total workflow from QuEChERS-dSPE method to GC-MS/MS quantification of forensically relevant drugs and pesticides in whole blood. *Journal Forensic Science International*, 300(1), 125-135.
- Liu, Y., Fan, Y., Huang, Z., Liu, H., Wang, L., Shen, Z., & Watanabe, I. (2020). Determination of ketamine, methamphetamine and 3, 4-methylenedioxymethamphetamine in human hair by flash evaporation-gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 1153, 122275.
- Loh, K. P., Bao, Q., Eda, G., & Chhowalla, M. (2010). Graphene oxide as a chemically tunable platform for optical applications. *Nature chemistry*, 2(12), 1015-1024.
- Mahmudi, I., Suaniti, N. M., & Diantariani, N. P. Optimasi Suhu Penyimpanan Sampel Urin Terhadap Analisis Kandungan Metamfetamin Serta Metabolitnya Dengan Gc-Ms. *Journal of Chemistry*, 17(1).
- Nishida, M., Namera, A., Yashiki, M., & Kojima, T. (2002). On-column derivatization for determination of amphetamine and methamphetamine in human blood by gas chromatography–mass spectrometry. *Forensic science international*, 125(2-3), 156-162.
- Santoso, U., Setyaningsih, W., Ningrum, A., Ardhi, A dan Sudarmanto. (2020). Analisis Pangan. Gadjah Mada University Press.
- Sari, U., Indonesia, M., Dalimunthe, N. A., Agroteknologi, J., & Pertanian, F. (2021). Uji Kualitatif Analisis Kandungan Metamfetamin Dari Rambut Pengguna Sabu-Sabu Menggunakan Metode Kolom Ekstraksi. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 5(1), 16–22.
- Wiraagni, I. A., Suhartini., Putra, I. B. G. S., Widagdo, H., & Suriyanto, R. A. (2021). Materi Penunjang Ilmu Kedokteran Forensik Dan Medikolegal. Gadjah Mada University Press.
- Żwir-Ferenc, A., & Biziuk, M. (2006). Solid Phase Extraction Technique--Trends, Opportunities and Applications. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(5).