



Pengembangan dan validasi metode untuk analisis senyawa kafein menggunakan instrumen gas chromatography-mass spectrum, ultra violet-visible, dan Fourier transform-infra red

MAILINDA AYU HANA MARGARETA* DAN SURJANI WONORAHARDJO

Laboratorium Mineral dan Material Maju, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Malang, Jawa Timur 65145

<p>Kata kunci: kopi, kafein, GC-MS, UV-VIS, FT-IR</p>	<p>ABSTRAK: Kopi merupakan hasil dari biji pohon coffea dengan kandungan berupa kafein, sitosterin, kolin, terpenoid. Kadar kafein pada kopi menjadi indeks mutu kopi. Kafein mempunyai titik didih 178°C dan bersifat volatil sehingga senyawa ini dapat ditentukan menggunakan metode GC-MS, UV-VIS dan FT-IR. Penentuan kadar kafein dilakukan dengan membuat larutan standar baku dengan standar kafein dengan pelarut kloroform untuk pengujian menggunakan GC-MS dan FT-IR. Kemudian dibuat larutan standar baku kafein dengan pelarut aquades untuk pengujian menggunakan UV-VIS. Untuk penentuan kadar kafein dalam kopi dilakukan dengan cara ekstraksi kafein menggunakan Kloroform. Kemudian hasil ekstraksi kopi tersebut dan larutan standar kafein yang sudah diketahui kadarnya ditentukan kadarnya menggunakan alat GC-MS dan UV-VIS. Larutan baku standar yang dibuat kemudian diuji menggunakan GC-MS dan UV-VIS dan diperoleh persamaan kurva regresi linear dan % recovery. Pada GC-MS diperoleh persamaan $y = 19633,28 x + 177240,7$ dan % recovery 134,0840 % dengan suhu injeksi optimum 280°C. Untuk UV-VIS diperoleh persamaan $y = 0,0005 + 0,0635 x$ dan % recovery 99,065% dengan λ maksimal 274 nm. Dari kedua data tersebut dapat disimpulkan bahwa penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS memiliki hasil yang paling optimal karena % recovery mendekati nilai 100. Untuk penentuan kadar kafein pada sampel kopi kedua metode tersebut menunjukkan hasil yang hampir sama yaitu kopi robusta yang memiliki kadar kafein lebih tinggi dibandingkan kopi arabika. Penentuan gugus fungsi pada sampel kopi arabika maupun robusta menggunakan FT-IR menunjukkan spektrum yang hampir mirip dengan hasil spektrum kafein standar.</p>
<p>Keywords: coffee, caffeine, GC-MS, UV-VIS, FT-IR</p>	<p>ABSTRACT: Coffee is the result of the beans of the coffea tree and contains caffeine, sitosterin, choline, terpenoids. The caffeine content in coffee is an index of coffee quality. Caffeine has a boiling point of 178°C and is volatile so this compound can be determined using GC-MS, UV-VIS and FT-IR methods. Determination of caffeine content was carried out by making a standard standard solution with caffeine standard with chloroform solvent for testing using GC-MS and FT-IR. Then a standard standard solution of caffeine was made with distilled water as a solvent for testing using UV-VIS. Determining caffeine levels in coffee is done by extracting caffeine using Chloroform. Then the levels of the coffee extraction results and the known caffeine standard solution were determined using GC-MS and UV-VIS tools. The standard solution prepared was then tested using GC-MS and UV-VIS and the linear regression curve equation and % recovery were obtained. In GC-MS, the equation $y = 19633.28 x + 177240.7$ and % recovery was 134.0840% with an optimum injection temperature of 280°C. For UV-VIS, the equation $y = 0.0005 + 0.0635 x$ and % recovery is 99.065% with a maximum λ of 274 nm. From these two data it can be concluded that determining caffeine compounds using UV-VIS has the most optimal results because the % recovery is close to 100. For determining caffeine levels in coffee samples, both methods show almost the same results, namely Robusta coffee which has higher caffeine levels. compared to Arabica coffee. Determination of functional groups in Arabica and Robusta coffee samples using FT-IR showed a spectrum that was almost similar to the results of the standard caffeine spectrum.</p>

1 PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu tanaman yang tumbuh di Indonesia dan menjadi salah satu komoditi perkebunan dan merupakan salah satu nega-

ra penghasil kopi terbesar didunia dan menempati posisi keempat di dunia[1]. Kopi adalah spesies tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam famili Rubiaceae dan genus *Coffea* sp[2]. Kopi memiliki banyak manfaat salah satunya dapat

* Corresponding Author: mailinda@um.ac.id

menurunkan resiko berbagai penyakit, seperti kanker, diabetes dan batu empedu. Kopi memiliki ciri khas pahit yang berasal dari kafein yang merupakan turunan alkaloid. Hasil penelitian menyebutkan bahwa kopi mengandung sedikit nutrisi, tetapi mengandung lebih dari ribuan bahan kimia alami seperti karbohidrat, lipid, senyawa nitrogen, vitamin, mineral, alkaloid dan senyawa fenolik[3]. Kopi yang paling umum ada di Indonesia adalah Kopi Robusta dan Arabika. Kopi robusta memiliki kandungan kafein yang lebih tinggi dibandingkan kopi arabika, akan tetapi kandungan keasaman kopi robusta lebih rendah dibandingkan kopi arabika.

Komponen utama kopi sebagai minuman adalah kafein dan kafeol. Kadar kafein pada kopi menjadi indeks mutu kopi, yang nantinya akan mempengaruhi cara penyajian kopi tersebut. Kafein selain terdapat dalam kopi juga bisa didapatkan pada teh, coklat maupun minuman berenergi[4]. Menurut SNI 01-7152-2006 batas maksimum mengkonsumsi kafein baik secara langsung maupun tercampur di dalam makanan atau minuman adalah 150 mg/hari atau 50 mg/sajian[5]. Dalam jumlah banyak kafein dapat menimbulkan kecanduan, namun gejala kecanduan kafein akan hilang dalam waktu satu sampai dua hari setelah mengkonsumsi[6]. Kafein mempunyai nama IUPAC 1,3,7 -trimetil-1H-purina- 2,6(3H,7H)-dion dan mempunyai titik didih 178°C dan bersifat volatil sehingga senyawa ini dapat ditentukan menggunakan metode kromatografi gas.

GC-MS merupakan metode pemisahan dan penentuan senyawa dalam suatu campuran yang bersifat mudah menguap. GC-MS tersusun dari kromatografi gas dan spektrometri massa sebagai detektornya. Pada alat GC-MS, kromatografi gas berfungsi sebagai alat pemisah berbagai senyawa pada suatu campuran yang pemisahannya berdasarkan titik didih senyawa. Prinsip kerja spektrometri massa adalah menembak sampel yang dianalisis menggunakan berkas elektron dan hasil yang diperoleh berupa spektrum fragmen ion positif[8]. Metode GC-MS dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah pengaturan suhu injeksi yang sudah dilakukan penelitiannya yaitu untuk mencari suhu injeksi optimum[9]. Suhu injeksi mempengaruhi hasil senyawa non volatile seperti kafein[10].

Spektrofotometri adalah metode pengujian berdasarkan sinar tampak dari interaksi cahaya elektromagnetik yang dihasilkan dari radiasi elektromagnetik UV pada sampel yang diuji [6]. Metode ini dapat dimanfaatkan untuk penentuan secara kualitatif maupun kuantitatif yang diperoleh dari hasil keluaran alat berupa absorbansi pada suatu sampel.

Penggunaan metode Spektrofotometri UV-VIS dalam penentuan kafein memiliki banyak keuntungan salah satunya adalah pengujian yang lebih sederhana, cepat, ekonomis, dan sensitif dibandingkan dengan metode lain.

Instrumen FT-IR merupakan instrumen yang digunakan untuk penentuan gugus fungsi pada suatu sampel. Cara kerja alat ini adalah sampel di lalui sinar inframerah. Kemudian gelombang yang diteruskan oleh sampel akan ditangkap oleh detektor dan akan menghasilkan spektrum sampel yang dapat digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada sampel.

2 METODOLOGI

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah GC-MS Shimadzu QP – 2010 Plus dengan kolom RTX-5MS (Crossbond 5% diphenyl/ 95% dimethyl Polysiloxane, 30 m x 0.25 mm dan ketebalan 0.25 μm), UV-VIS Analytic Jena Specord 200 plus, FT-IR Shimadzu Prestige21, pipet volume (1, 5, dan 10 mL), pipet ukur 1 mL, labu takar 25, 50 dan 100 mL, Erlenmeyer, Corong pisah, termometer, pipet tetes, dan beaker glass.

Pembuatan Larutan Standar Kafein Dengan Pelarut Kloroform

Larutan baku standar kafein dibuat dengan melarutkan kafein menggunakan pelarut kloroform P.A dengan konsentrasi 1000 ppm[11]. Dari larutan baku standar kafein 1000 ppm dibuat larutan baku standar dengan konsentrasi 800; 500; 250 & 100 ppm. Larutan baku tersebut kemudian digunakan untuk pengujian menggunakan alat GC-MS dan FT-IR.

Pembuatan Larutan Standar Kafein Dengan Pelarut Aquades

Larutan baku standar kafein dibuat dengan melarutkan kafein menggunakan pelarut Aquades dengan konsentrasi 1000 ppm. Dari larutan baku standar kafein 1000 ppm dibuat larutan baku standar dengan konsentrasi 1000; 100; 20; 16; 10; 5 & 1 ppm. Larutan baku tersebut kemudian digunakan untuk pengujian menggunakan alat UV-VIS.

Ekstraksi Kopi

\pm 25 gram sampel kopi arabika/ robusta, kemudian ditambahkan aquades dengan suhu 70°C sebanyak 100 ml dan didiamkan selama 30 menit. Larutan kemudian disaring, filtrat yang diperoleh ditambah 0.25 gram CaCO_3 dan ditambah kloroform P.A dan

dikocok dalam corong pisah dan didiamkan sampai terbentuk 2 lapisan. Lapisan paling bawah digunakan untuk penentuan kadar senyawa kafein dalam kopi menggunakan GC-MS, UV-VIS & FT-IR dengan pelarut kloroform atau aquades.

Penentuan Senyawa Kafein Menggunakan UV-VIS

Larutan standard baku kafein 20 ppm dengan pelarut aquades digunakan untuk penentuan λ maksimal antara panjang gelombang 250-300 nm[12]. λ maksimal digunakan untuk penentuan senyawa kafein dan diperoleh persamaan kurva regresi linear. Penentuan % recovery menggunakan larutan baku standar kafein 10 ppm.

Penentuan Senyawa Kafein menggunakan GC-MS

Larutan standard baku kafein 500 ppm dengan pelarut kloroform digunakan untuk penentuan suhu injeksi paling optimum yaitu suhu 280; 270; 178 & 150 °C[13], [14]. Suhu injeksi yang paling optimum digunakan untuk penentuan senyawa kafein dan diperoleh persamaan kurva regresi linear[15]. Analisis dilakukan menggunakan Shimadzu GC-MS QP 2010 Plus dengan kolom RTX-5MS kecepatan alir gas helium sebagai gas pembawa diatur 50.6 mL/menit dengan suhu ion source 200 °C. Deret standart kafein yang sudah dibuat dilakukan pengujian dengan GC-MS dengan mode injeksi split dengan total waktu pengujian 36 menit[16]. Penentuan % recovery menggunakan larutan baku standar kafein 500 ppm.

Penentuan Senyawa Kafein menggunakan FT-IR

Pengujian dilakukan dengan sampel serbuk kafein dan serbuk kopi arabika maupun robusta. Kemudian juga dilakukan pengujian menggunakan sampel cair kafein dan ekstrak kopi yang dilarutkan dengan pelarut kloroform. Untuk membandingkan ketiga hasil pengujian antara sampel cair kafein, ekstrak kopi arabika dan robusta juga dilakukan pengujian menggunakan pelarut kloroform sebagai background pengujian FT-IR. Scanning spectrum dilakukan pada daerah inframerah, yaitu pada 400 – 4000 cm^{-1} [17].

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Senyawa Kafein Menggunakan UV-VIS

Penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS menunjukkan nilai λ maks 274 nm, kemudian dilakukan pengujian larutan standar baku kafein untuk memperoleh kurva regresi linear.

Dari pengujian larutan baku didapatkan persamaan regresi linear antara sumbu x yaitu konsentrasi larutan baku dalam bentuk ppm dan sumbu y merupakan nilai absorbansi dari larutan baku standar. Persamaan yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 1 adalah $y = 0.0005 + 0.0635x$ dengan nilai $R^2 = 0.09995$ yang selanjutnya digunakan untuk penentuan senyawa kafein pada sampel. Untuk penentuan % recovery penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS digunakan larutan standar baku kafein 10 ppm dan mendapatkan hasil 9.9065 ppm. % Recovery dari penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS adalah 99.065 %.

Penentuan Senyawa Kafein Menggunakan GC-MS

Penentuan senyawa kafein menggunakan GC-MS menggunakan pengaturan suhu kolom mulai dari suhu 100 sampai 280 °C dengan suhu injeksi 150°C; 178°C; 270°C & 278°C

Hasil pengujian berupa kromatogram dengan sumbu x merupakan waktu retensi (menit) dan sumbu y sebagai intensitas puncak. Dari ketiga pengujian dengan variasi suhu injeksi yang ditunjukkan pada gambar 2, suhu injeksi 280°C yang menunjukkan puncak yang paling tinggi dan tidak melebar, sehingga dipilih suhu injeksi 280°C sebagai suhu injeksi optimum.

Pengujian larutan baku standart kafein dengan berbagai konsentrasi dilakukan pengujian dengan suhu injeksi 280°C dan diperoleh kurva regresi linear yang ditunjukkan pada gambar 3 antara konsentrasi larutan baku (ppm) sebagai sumbu x dan luas area sebagai sumbu y. Persamaan regresi yang diperoleh yaitu $y = 19633.28 x + 177240.7$ dengan nilai $R = 0.9988568$, selanjutnya persamaan tersebut digunakan untuk penentuan senyawa kafein pada sampel. Untuk penentuan % recovery penentuan senyawa kafein menggunakan GC-MS digunakan larutan standar baku kafein 500 ppm yang ditunjukkan pada gambar 4 dengan sumbu x merupakan waktu retensi (menit) dan sumbu y merupakan intensitas puncak kafein. Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi kafein sebesar 670.4198 ppm yang melebihi dari

konsentrasi sesungguhnya sampel standar dengan nilai % recovery sebesar 134.084 %

Dari kedua metode penentuan senyawa kafein menggunakan GC-MS dan UV-VIS menunjukkan % Recovery paling tinggi pada penentuan GC-MS lebih dari 100 % yang dimungkinkan karena ada kontaminasi atau penambahan analit ketika proses pengujian[18], Penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS menghasilkan % recovery sebesar 99.065 % yang hampir mendekati nilai optimal % recovery yaitu 100 %.

Penentuan Kadar Senyawa Kafein Pada Kopi

Hasil penentuan kadar kafein pada kopi menggunakan GC-MS dilakukan dengan memasukkan luas area puncak kafein kedalam persamaan regresi linear yang menunjukkan kopi Arabika memiliki konsentrasi sebesar 657,7978 ppm dan kopi Robusta sebesar 1949,6058 ppm yang ditunjukkan pada gambar 5 dengan sumbu x untuk waktu retensi (menit) dan sumbu y merupakan intensitas dari puncak kafein. Untuk penentuan kadar kafein pada kopi menggunakan UV-VIS dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi yang diperoleh kedalam persamaan regresi linear yang sudah dibuat dan menunjukkan kopi Arabika sebesar 427.92 ppm dan kopi Robusta sebesar 12279.2 ppm. Dari kedua metode tersebut menunjukkan hasil yang berbeda jauh, walaupun keduanya menunjukkan kandungan kafein pada kopi robusta lebih besar daripada kopi arabika.

Penentuan Senyawa Kafein Menggunakan FT-IR

Dari hasil pengujian serbuk kafein dan serbuk kopi arabika dan robusta menunjukkan spektrum yang berbeda yang ditunjukkan pada gambar 6 dengan sumbu x merupakan panjang gelombang (cm^{-1}) dan sumbu y merupakan % transmittan. Peak yang menunjukkan kemiripan diantara ketiganya adalah peak yang muncul pada Panjang gelombang antara 2850 – 2970 cm^{-1} yang merupakan ikatan C-H Alkana. Pengujian FT-IR juga dilakukan dengan menggunakan kafein dan kopi arabika maupun robusta yang sudah dilarutkan dengan kloroform yang ditunjukkan pada gambar 7 antara panjang gelombang sebagai sumbu x dengan % transmittan sebagai sumbu y.

Hasil FT-IR menunjukkan puncak yang hampir sama, dengan puncak yang paling tinggi yaitu pada panjang gelombang 690 – 900 & 3010 – 3100 cm^{-1} yang merupakan puncak dari gugus fungsi C-H Cincin aromatik dan 1180 - 1360 cm^{-1} yang merupa-

kan gugus fungsi C-N amina/ amida. Spektrum FT-IR dengan pelarut kloroform menunjukkan kesamaan antara pelarut dan sampel sehingga sulit dibedakan perbedaannya.

Untuk pengurangan pengaruh dari spektrum pelarut kloroform maka dilakukan pengujian FT-IR menggunakan kloroform sebagai background untuk pengujiannya yang ditunjukkan pada gambar 8 antara panjang gelombang (cm^{-1}) dengan % transmittan. Spektra yang diperoleh menunjukkan puncak yang sama antara larutan kafein dan ekstrak kopi arabika maupun robusta.

4 KESIMPULAN

Suhu injeksi paling optimal dalam penentuan senyawa kafein menggunakan GC-MS adalah suhu 280°C dan λ maksimal untuk penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS adalah pada 274 nm. Dari kedua metode yang sudah dilakukan, metode penentuan senyawa kafein menggunakan UV-VIS yang menghasilkan nilai % recovery yang paling mendekati 100 %. Dari kedua metode penentuan senyawa kafein pada sampel kopi Arabika dan kopi Robusta menunjukkan kadar kafein paling tinggi pada kopi Robusta. Untuk hasil pengujian FT-IR menunjukkan spektrum yang hampir sama antara kafein dan kopi arabika maupun robusta.

UCAPAN TERIMA KASIH

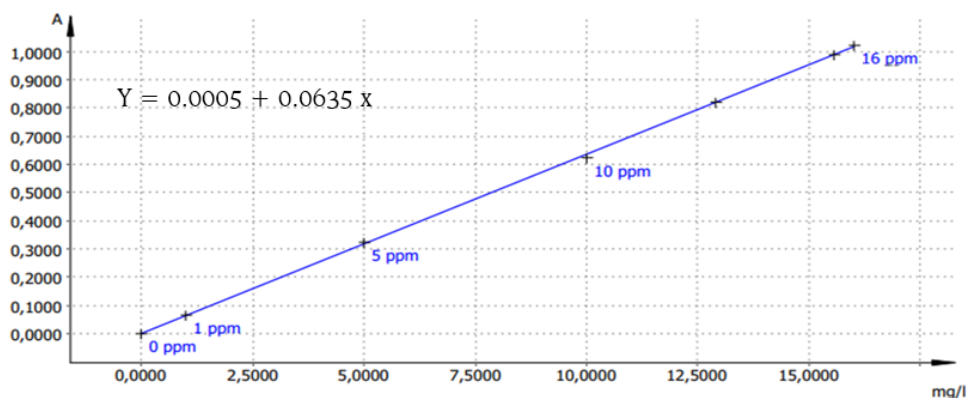
Penelitian ini didanai oleh dana intenal UM tahun 2024 dengan no kontrak 4.4.620/UN32.14.1/LT/2024. Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada lembaga kami Universitas Negeri Malang (UM), Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UM, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UM, dan Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA UM.

REFERENSI

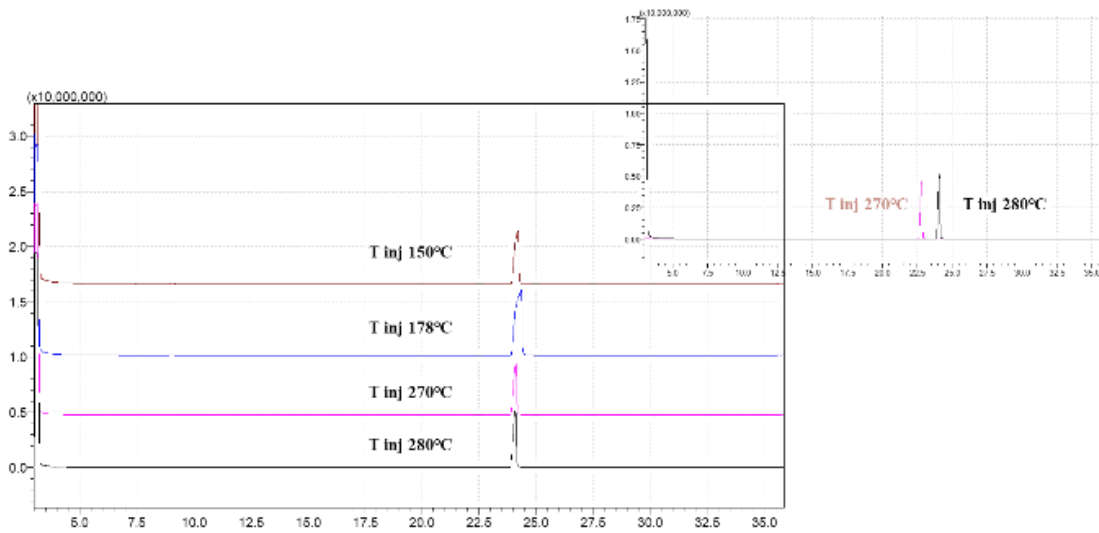
- [1] Irma Zarwinda dan Dewi Sartika, "PENGARUH SUHU DAN WAKTU EKSTRAKSI TERHADAP KAFEIN DALAM KOPI," *Lantanida Journal*, vol. 6, pp. 103–202, 2018.
- [2] Fenti Fatmawati, Indro Pamudjo, Siska Asih, "IDENTIFIKASI KOMPONEN MINYAK ATSIRI DALAM KOPI REMPAH MENGGUNAKAN KG SM," *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal*, vol. 2, pp. 46–53, Sep. 2017.
- [3] Elfariyanti, Ernita Silviana, Mela Santika, "ANALISIS KANDUNGAN KAFEIN PADA KOPI SEDUHAN WARUNG KOPI DI KOTA BANDA ACEH," *Lantanida Journal*, vol. 8, pp. 1–95, 2020.

- [4] Zafer Peker and Dursun Ali Köse, "Content Analysis of Locally Marketed Energy Drinks: Turkish Market," *Hacettepe J. Biol. & Chem*, vol. 51(4), pp. 341–349, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.15671/hjbc.1279376>.
- [5] Ermi Abriyani, Devi Yanti, Yuliani, Salsa Shapa Azzahra, Muhammad Aldi Firdaus, "ANALISIS KAFEIN DALAM KOPI MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS," *Journal of Comprehensive Science*, vol. 1, pp. 1398–1409, Desember 2022.
- [6] Ermi Abriyani, Ridha Alisthipa Sephia, Erna Srifitriani, Tania Lustianah, Syifa Khafina Azzahra, "ANALISIS KADAR KAFEIN KOPI, TEH, DAN COKLAT MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS," *Journal of Comprehensive Science*, vol. 2, pp. 7–15, Jan. 2023.
- [7] "Kafein." [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Kafeina>
- [8] S. Wu, G. Lv, and R. Lou, "Applications of Chromatography Hyphenated Techniques in the Field of Lignin Pyrolysis," in *Applications of Gas Chromatography*, 2012, doi: 10.5772/32446.
- [9] M. A. Hana Margareta, "Optimasi Metode Penetapan Senyawa Eugenol dalam Minyak Cengkeh Menggunakan Gas Chromatography – Mass Spectrum dengan Variasi Suhu Injeksi," *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, vol. 6, no. 2, pp. 95–103, Agustus 2023.
- [10] S. A. Aprilia, S. Wonorahardjo, and Y. Utomo, "Analysis of Flavor in Roasted Coffee Using Temperature Programmable Injection (TPI) at GC/MS Method," *EKSAK-TA: Journal of Sciences and Data Analysis*, pp. 46–53, 2023.
- [11] M. A. Abdalla, "Determination of Caffeine, the Active Ingredient in Different Coffee Drinks and its Characterization by FTIR/ATR and TGA/DTA," *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, vol. 2, no. 12, pp. 85–89, Dec. 2015.
- [12] Rialita Kesia Maramis, Gayatri Citraningtyas, Frenly Wehantouw, "ANALISIS KAFEIN DALAM KOPI BUKU DI KOTA MANADO MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS," *PHARMACON JURNAL ILMIAH FARMASI*, vol. 2, pp. 122–128, Nov. 2013.
- [13] N. M. Suaniti*, A. A. S. D. Saraswati dan A. A. B. Putra, "ANALISIS KAFEIN DALAM KOPI ARABIKA (*Coffea Arabica* L.) PADA BERBAGAI SUHU PENYANGRAIAN DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETER UV-VIS DAN GC-MS," *JURNAL KIMIA (JOURNAL OF CHEMISTRY)*, vol. 16, pp. 115–121, doi: <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2022.v16.i01.p15>.
- [14] Joseph G. Lisko, MS, Grace E. Lee, MPH, J. Brett Kimbrell, BS, Michael E. Rybak, PhD, Liza Valentin-Blasini, PhD, and Clifford H. Watson, PhD, "Caffeine Concentrations in Coffee, Tea, Chocolate, and Energy Drink Flavored E-liquids," *Nicotine Tob Res*, vol. 19(4), pp. 484–492, Apr. 2017, doi: 10.1093/ntr/ntw192.
- [15] S. Corporation, *Gas Chromatograph/ Mass Spectrometer GCMS-QP2010 System User's Guide for GCMS solution*. 2006.
- [16] Rita Purwasih, "Characteristics and Identification of the Metabolite Profile of Arabica Coffee Oil by Using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 11, no. 3, pp. 365–377, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-1.v11i3.365-377>.
- [17] M. simatupang, "Fingerprinting FTIR-ATR Fraksi kopi robusta dan arabika serta korelasinya terhadap aktivitas antioksidan," *Journal Teknologi dan industri pangan*, vol. 34, no. 1, pp. 70–85, 2023, doi: <https://doi.org/10.6066/jtip.2023.34.1.70>.
- [18] D. Mustika, "PENENTUAN RECOVERY DAN LIMIT DETEKSI UNSUR KADMIUM, KOBALT, TEMBAGA, MANGAN, NIKEL, MOLIBDENUM DAN TIMBAL PADA URANIUM OKSIDA MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM," *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, vol. 17, no. IX, pp. 12–21, Oktober 2016.

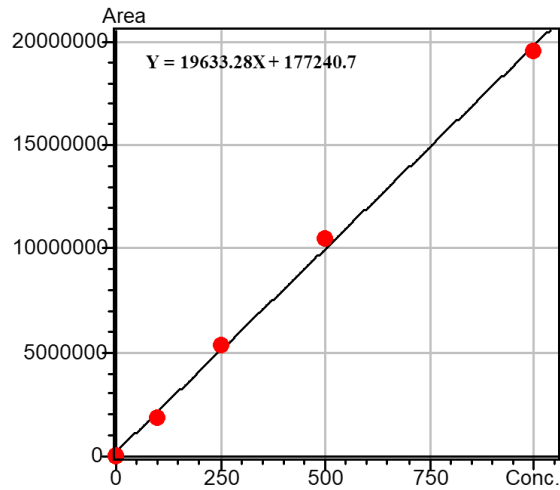
LAMPIRAN



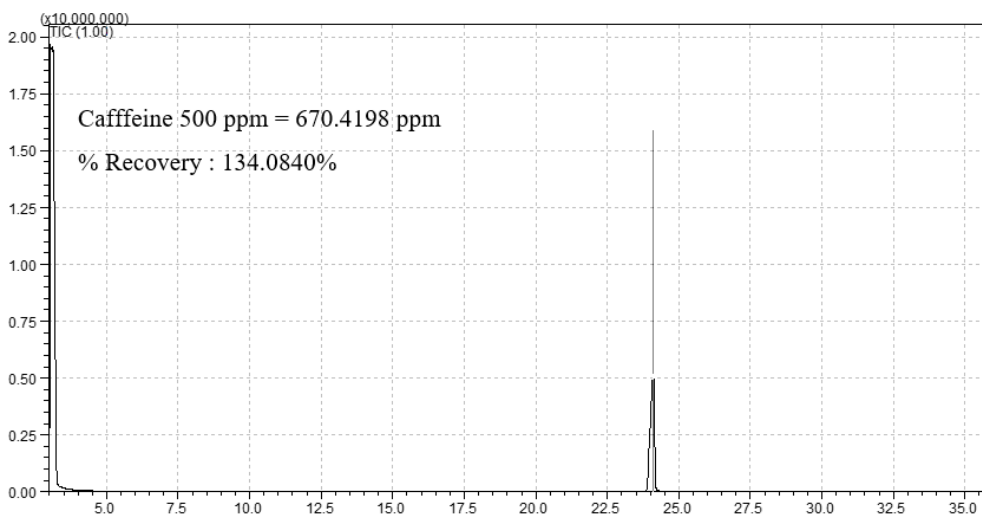
Gambar 1. Kurva regresi linear larutan baku standar kafein menggunakan UV-VIS



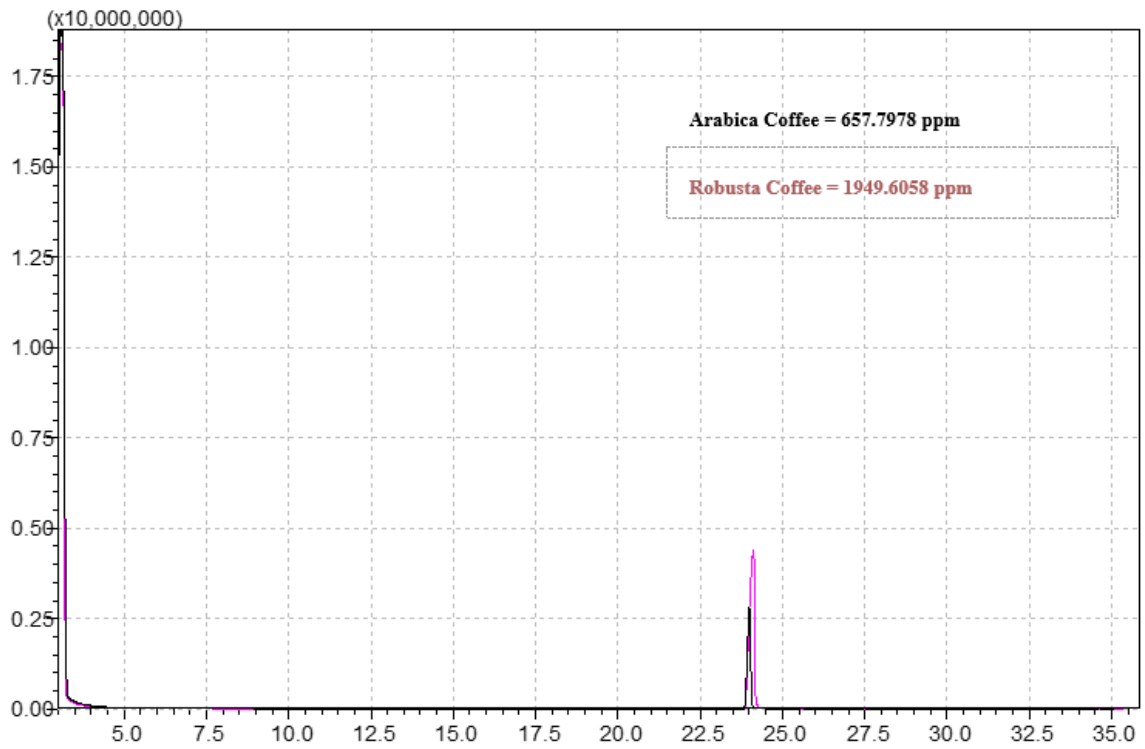
Gambar 2. Kromatogram variasi suhu injeksi pada penentuan senyawa kafein dengan GC-MS.



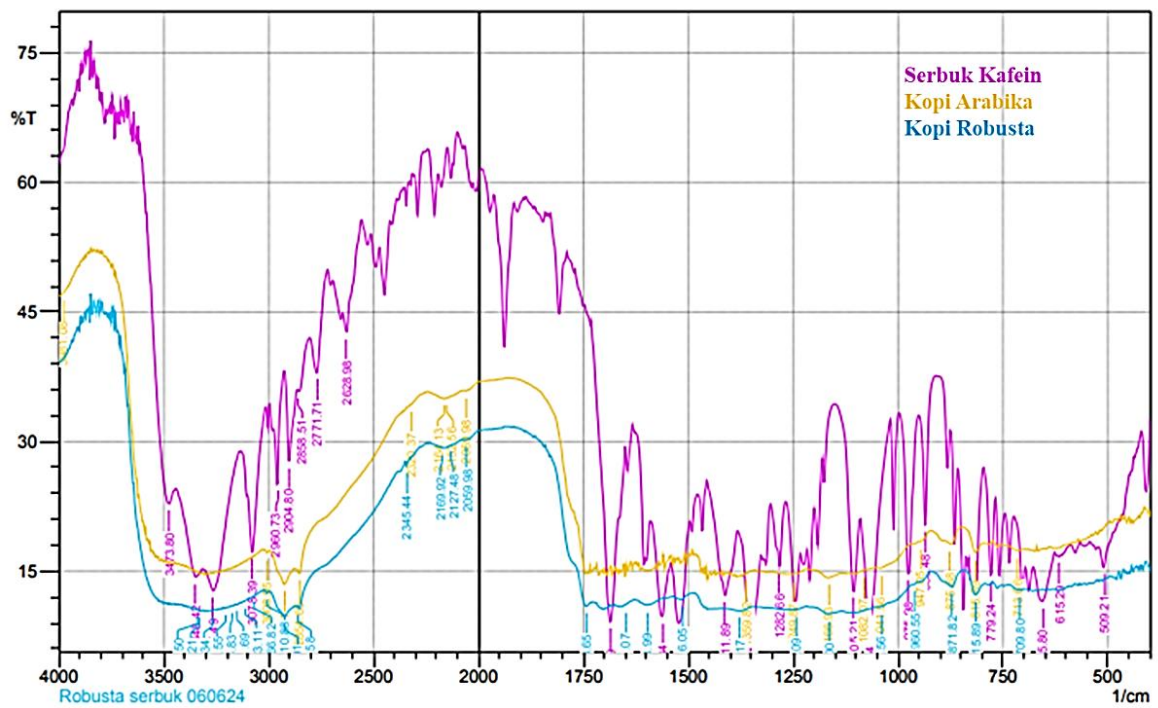
Gambar 3. Kurva regresi linear larutan baku standar kafein menggunakan GC-MS.



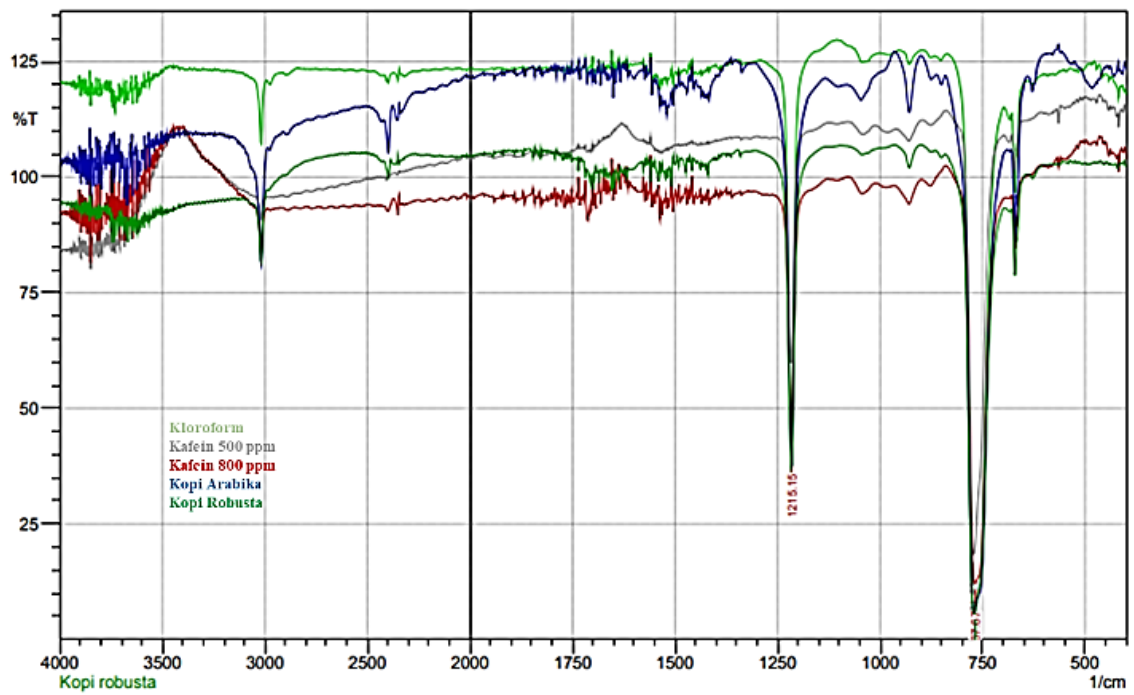
Gambar 4. Kromatogram kafein 500 ppm menggunakan GC-MS.



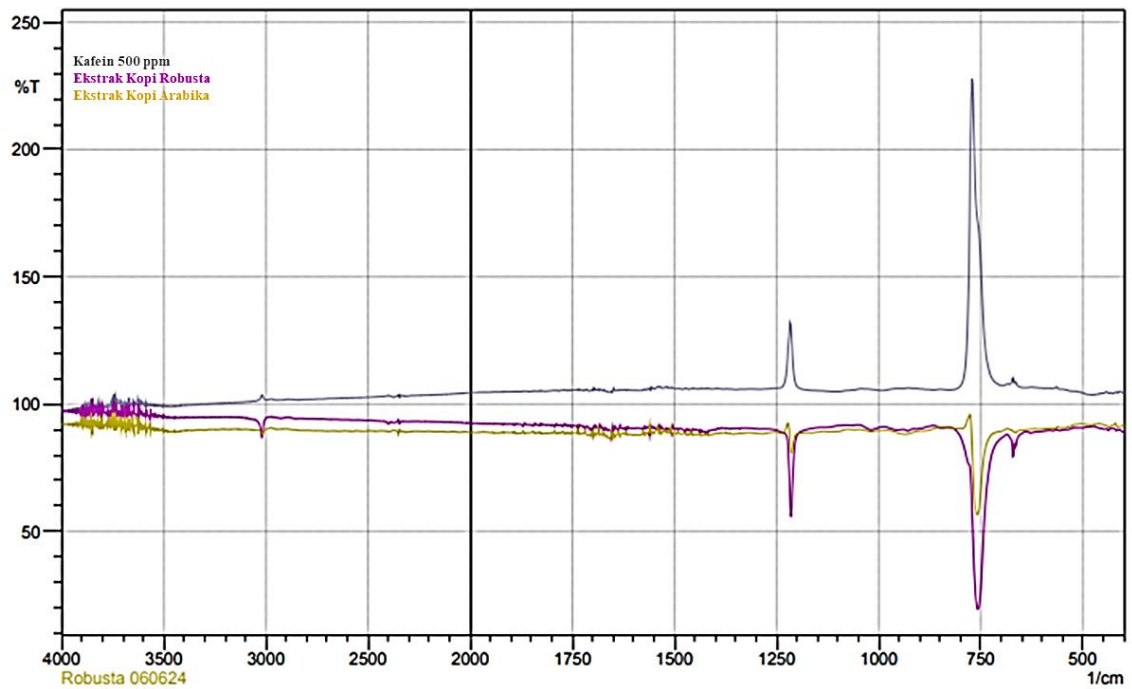
Gambar 5. Kromatogram kopi arabika dan robusta menggunakan GC-MS.



Gambar 6. Spektrum FT-IR serbuk kafein, kopi arabika dan robusta.



Gambar 7. Spektrum FT-IR larutan kafein, ekstrak kopi arabika dan robusta.



Gambar 8. Spektrum FT-IR larutan kafein, ekstrak kopi arabika dan robusta dengan background Kloroform.