

# Aplikasi Instrumen Spektroskopi FTIR dan Spektrometri Massa di Dunia Kesehatan: Review

Rizki Rachmad Saputra<sup>1</sup>, Mokhamat Ariefin<sup>1\*</sup>, Esintia Kristia<sup>1</sup>, Bela D.<sup>1</sup>, Dominikus Diki Wahyudi<sup>1</sup>, Ansori Rahman<sup>1</sup>, Ni Wayan Prema Mulya Sari<sup>1</sup>, Ayu Puspita Sari<sup>1</sup>, Siti Misbah Aisah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kampus UPR Tanjung Nyaho, Palangkaraya 73111, Indonesia

## Kata kunci

*Kesehatan, Medis, Instrumen, FTIR, Spektrometri Massa*

## Keywords

*Health, Medical, Instruments, FTIR, Mass Spectrometry*

## Abstrak

*Kesehatan adalah suatu hal penting dari sebuah kehidupan seorang manusia. Kualitas pelayanan kesehatan merupakan tingkat keunggulan pelayanan kesehatan yang dapat memenuhi kebutuhan pasien. Salah satu pelayanan penunjang kesehatan pasien. Ilmu kedokteran saat ini mulai canggih, mulai dengan cara herbal atau dengan cara medis. Namun seiring dengan kebutuhan penyakit manusia makin lama makin tidak menentu jenis penyakit, maka dari itu dokter pun banyak yang memulai mempelajari banyak cara pengobatan. Salah satu pengobatan atau pendekteksi penyakit yang banyak di teliti dengan cara instrumen. Oleh karena itu, Pada penelitian ini kami mereview Aplikasi Instrumen Spektroskopi FTIR dan Spektrometri Massa di Dunia Kesehatan.*

## Abstract

*Health is an important thing in a human life. The quality of health services is the level of excellence in health services that can meet the needs of patients. One of the patient's health support services. Medical science is now getting sophisticated, starting with herbal methods or medical methods. However, along with the needs of human disease, the type of disease becomes more and more uncertain, therefore, many doctors have started to study many ways of treatment. One of the treatments or detection of disease that is widely studied is by means of instruments. Therefore, in this study we review the application of FTIR spectroscopy and mass spectrometry instruments in the world of health.*

Email korespondensi: [mokhamatariefin@mipa.upr.ac.id](mailto:mokhamatariefin@mipa.upr.ac.id)

© 2022 Bohr: Jurnal Cendekia Kimia. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## Sejarah Artikel

Diterima : 19/07/2023

Disetujui : 22/09/2023

Dipublikasi : 25/09/2023

## PENDAHULUAN

Kesehatan masyarakat memiliki peran penting dalam upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia, penanggulangan kemiskinan dan pembangunan ekonomi. Indeks Pembangunan Manusia meletakkan kesehatan adalah salah satu komponen utama pengukuran selain pendidikan dan pendapatan. Kondisi umum kesehatan Indonesia dipengaruhi oleh faktor lingkungan, perilaku, dan pelayanan kesehatan. Dalam menjaga kesehatan dapat dilakukan dengan mengolah obat tradisional, dimana Obat tradisional adalah obat ramuan yang dibuat dari bagian tanaman, hewan, mineral, dan lain-lain, biasanya telah digunakan turun temurun. Salah satu metode alternatif yang telah banyak dikembangkan adalah menggunakan prinsip spektroskopi inframerah dan MS. Metode ini diklaim sebagai metode analisis yang cepat dengan preparasi sampel yang praktis. Selain itu, metode ini juga tidak membutuhkan pelarut organik karena sampel dapat dianalisis dalam fase padat. Metode ini telah banyak dikembangkan dalam analisis obat dan mulai diterapkan pada analisis bahan-bahan herbal dan obat-obatan tradisional [1].

Infra merah merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang, dimana panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm. Gelombang elektromagnetik sendiri memiliki definisi, adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium. Dalam gelombang elektromagnetik ada pengertian tentang radiasi. Radiasi itu sendiri memiliki pengertian, yaitu mendeskripsikan setiap proses di mana energi bergerak melalui media atau melalui ruang, dan akhirnya diserap oleh benda lain. Dan terjadinya radiasi adalah energi yang memancarkan (yaitu, bergerak ke luar dalam garis lurus ke segala arah) dari suatu sumber. Radiasi adalah fenomena atau peristiwa penyebaran energi

gelombang elektromagnetik atau partikel subatom melalui vakum atau media material. Sehingga dapat dikatakan radiasi gelombang elektromagnetik adalah suatu fenomena atau peristiwa penyebaran gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium atau perambatan gelombang partikel subatom melalui vakum atau media material [2].

Inframerah penggunaannya sudah banyak dimanfaatkan, terutama dalam bidang kedokteran. Menurut Nurhayati (2010) dalam penelitian tentang sistem pencitraan inframerah untuk mengetahui perbedaan temperatur dan mengukur temperatur dari obyek dan dikeluarkan dalam bentuk gambar. Penelitian yang dilakukan dalam bidang kedokteran oleh Nurhayati dapat dijelaskan bahwa, dengan mengubah intensitas pengukuran dari radiasi inframerah kedalam temperatur, maka merupakan satu aplikasi radiasi inframerah pada bidang kedokteran. Penelitian ini menjelaskan bahwa, kulit manusia dapat menyerap hampir seluruh sinar inframerah dan dirasakan kehangatan. Sebagian besar radiasi inframerah yang datang pada kulit akan diserap lapisan kulit bagian luar. Penelitian yang dilakukan Mitchell (2010), juga menjelaskan dan menunjukkan bahwa cahaya infra merah-dekat menjadi metode untuk merawat pasien yang menderita kelainan pada kaki. Kelainan kaki atau restless kaki sindrom (RLS) adalah gangguan sensorimotor kronis, ditandai dengan dorongan yang kuat untuk bergerak, disertai atau disebabkan oleh paresthesia tidak nyaman atau bahkan sakit yang berlebih pada kaki [3].

fungsi infa merah adalah dengan menunjukkan fungsi sinar infa merah sebagai pancaran panas. Dimana pancaran panas dimanfaatkan untuk mendeteksi organ – organ tubuh yang mengalami gangguan dengan memberi informasi kondisi kesehatan organ tersebut Penelitian menjelaskan bahwa, karena infra merah memiliki karakteristik tidak

dapat dilihat oleh manusia, maka tidak dapat menembus materi yang tidak tembus pandang, sehingga dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas, panjang gelombang pada infra merah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu, dan ketika suhu mengalami kenaikan, maka panjang gelombang mengalami penurunan [4].

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa IR dapat meningkatkan penyembuhan luka kulit, photoprevention, menghilangkan rasa sakit, kekakuan, kelelahan rheumatoid arthritis, ankylosing spondylitis, mempotensiasi terapi fotodinamik, mengobati gangguan mata, neurologis, dan kejiwaan, serta merangsang proliferasi mesenkim dan jantung. MS adalah teknik analitik yang kuat yang banyak digunakan di berbagai bidang seperti keamanan pangan, ilmu forensik dan ilmu lingkungan dan biomedis. Asal mulanya berasal dari awal 1900-an, ketika itu terutama dalam domain fisika dan ahli kimia fisik. Teknologi mengalami peningkatan progresif dan perubahan revolusioner yang menghasilkan beberapa Hadiah Nobel [5].

Spektrometer massa dapat memberikan informasi kualitatif (struktur) dan informasi kuantitatif (rasio massa terhadap muatan,  $m/z$ , dan kelimpahan relatif) pada komposisi unsur, isotop dan molekul sampel organik dan organik. Prinsipnya sederhana. Sampel pertama kali terionisasi, dan medan magnet dan/atau listrik digunakan untuk memisahkan ion berdasarkan lintasannya yang berbeda dalam ruang hampa. Sayangnya, detailnya rumit. Sampel mungkin dalam fase padat, cair atau gas. Metode ionisasi yang berbeda diperlukan untuk setiap fase; ion dapat bermuatan positif atau negatif, dan ionisasi dapat terjadi pada tekanan yang berbeda dan dapat terus menerus atau berdenyut. Untungnya, beberapa penyederhanaan telah muncul. Dalam aplikasi biomedis, di

mana sampel sebagian besar berupa cairan yang mengandung molekul besar, metode ionisasi lunak terus menerus yang menghindari fragmentasi seperti ionisasi semprotan elektro (ESI) lebih disukai. Namun, ini beroperasi pada tekanan atmosfer, dan diperlukan mekanisme untuk mentransfer ion ke ruang hampa.

Spektrometer massa paling cocok untuk identifikasi molekul tunggal. Namun, sampel biomedis hampir secara universal hadir sebagai campuran. Masalahnya diatasi dengan terlebih dahulu melewatkan sampel melalui fase diam, menggunakan variasi mobilitas untuk memisahkan komponen yang berbeda dalam waktu. Pada akhir 1960-an, komersialisasi interfacing GC dengan MS dalam GC-MS memungkinkan pemisahan campuran gas kompleks dalam kolom yang dikemas sehingga masing-masing molekul dapat dimasukkan secara berurutan ke dalam spektrometer massa. GC-MS diikuti dalam tahun 1980-an oleh LC (LC-MS), memungkinkan pemisahan tes analit cair sebelum analisis, dan peningkatan tekanan menyebabkan varian kinerja tinggi dan sangat tinggi, kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC)-MS dan kinerja ultra LC (UPLC)-MS, masing-masing. Apa yang disebut 'sistem terfenasi' lainnya termasuk spektrometri mobilitas ion-MS dan elektroforesis kapiler-MS menggabungkan berbagai bentuk pemisahan dengan MS kemudian diikuti; namun, UPLC-MS sekarang menjadi standar de facto untuk analisis biomedis [4,5].

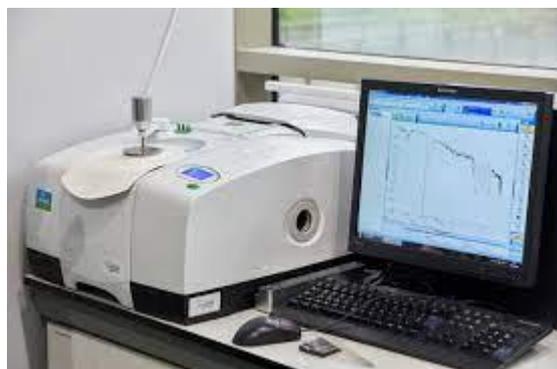
## METODOLOGI PENELITIAN

Review artikel ini dilakukan berdasarkan pendekatan studi literature, yang diperoleh dari sembilan jurnal internasional yang mencakup pembahasan visualisasi data serta pengambilan data lapangan secara digital yang kemudian melalui sembilan jurnal tersebut dibuatlah review jurnal, supaya memberikan pengetahuan tambahan yang harapannya dapat menambah wawasan baru yang

dibuat sedemikian rupa, sehingga menghasilkan karya ilmiah yang baru berupa artikel review.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektroskopi inframerah pada dasarnya merupakan teknik spektroskopi yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam suatu senyawa. Dimana spektroskopi inframerah merupakan suatu teknik serapan (*absorption*), teknik emisi (*emission*), teknik fluoresensi (*fluorescence*). Komponen medan listrik yang banyak berperan dalam spektroskopi umumnya hanya komponen medan listrik seperti dalam fenomena transmisi, pemantulan, pembiasan, dan penyerapan [1]. Dalam spektroskopi inframerah, radiasi yang dilewatkan melalui sampel akan diserap oleh molekul-molekul dalam sampel ketika energi radiasinya sesuai dengan energi vibrasi molekul tersebut. Besarnya radiasi yang diserap inilah yang digunakan untuk keperluan analisis.

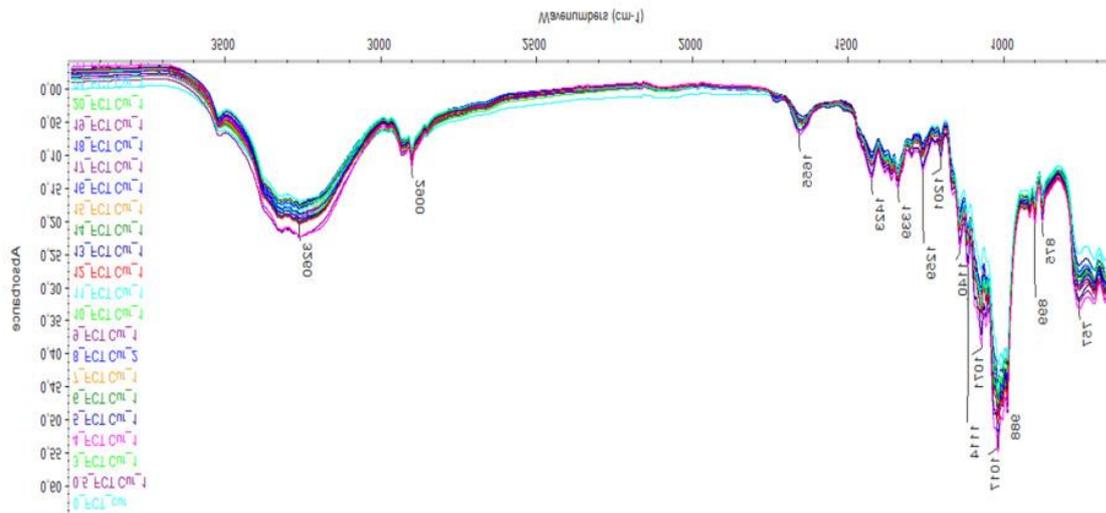


**Gambar 1.** Instrumen FT-IR

Spektroskopi FTIR berbeda dari metode spektroskopi IR dispersif tradisional yang memperoleh spektrum

menggunakan interferometer diikuti dengan prosedur matematika, Transformasi Fourier, untuk mengubah data mentah menjadi spektrum. Seluruh spektrum diperoleh secara bersamaan, tidak seperti spektroskopi IR dispersif, di mana sampel harus diiradiasi dengan IR menggunakan kisi difraksi di mana setiap frekuensi secara berurutan melewati sampel. Karakteristik ini menjadikan spektroskopi FTIR metode pilihan untuk analisis sampel biologis. Seperti analisis darah, turunan darah, urin dan air liur, analisis sel, analisis jaringan. Sebagian besar penelitian yang menggunakan spektroskopi FTIR dalam penelitian pra-klinis dan klinis adalah di bidang onkologi. Faktanya, seperti yang disorot sebelumnya, kemungkinan untuk menganalisis jaringan yang mencurigakan selama operasi dapat memberikan hasil yang lebih cepat daripada analisis histologis dan membantu ahli bedah, menjadi potensi terbesar spektroskopi FTIR dalam pengaturan klinis [2].

Aplikasi spektroskopi inframerah untuk analisis tanaman dan obat herbal, metode ini mampu memberikan hasil yang akurat sebagaimana diperoleh dari metode lain, seperti kromatografi cair (HPLC) dan spektrofotometri UV. Dibanding kedua metode tersebut, metode ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu lebih cepat, sederhana, non-destruktif, dan praktis. Oleh karena itu, metode ini cocok untuk diterapkan pada analisis rutin, misalnya untuk keperluan pengendalian mutu (quality control) pada industri obat-obatan herbal [3].



**Gambar 2.** Spektra FTIR tablet yang mengandung kurkumin dan demetoksikurkumin C. xanthorrhiza pada bilangan gelombang 4000–650  $\text{cm}^{-1}$  [3]

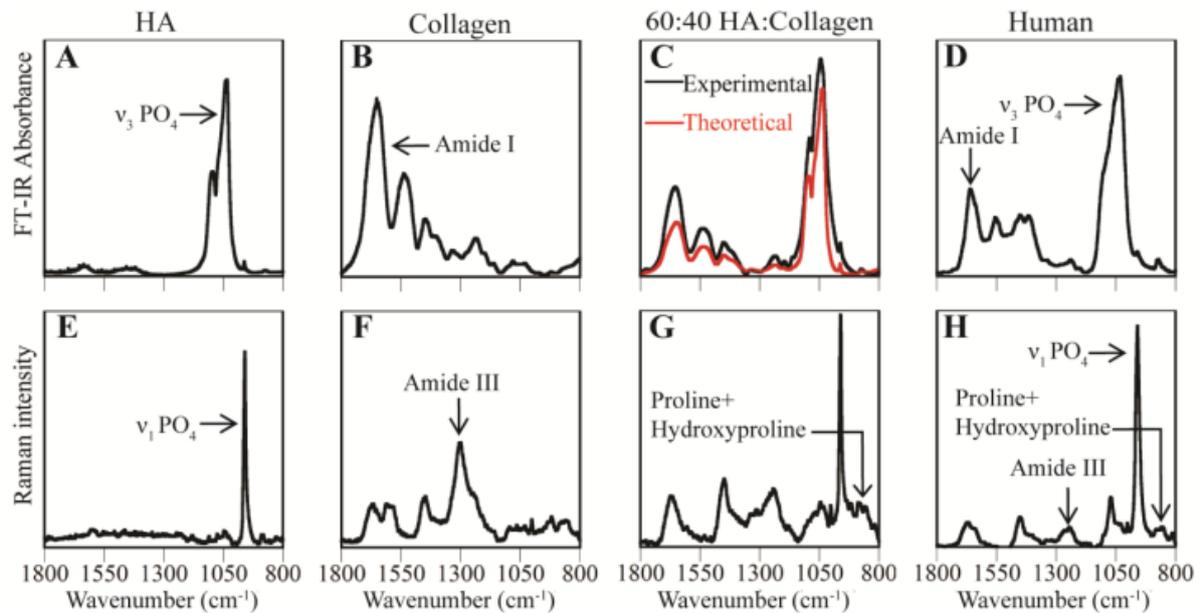
Dalam penelitian K. M. Marzec *et al* (2015) tentang penyakit vaskular diselidiki secara *ex vivo* dengan menggunakan metode Raman, FT-IR dan komplementer. Konsentrasi lipid darah, kolesterol total, kolesterol low-density Q224 lipoprotein (LDL), kolesterol high-density lipoprotein (HDL), dan trigliserida, berperan besar dalam perkembangan aterosklerosis. Selama keadaan hiperkolesterolemia, konsentrasi LDL dalam plasma darah meningkat menyebabkan infiltrasi dinding pembuluh darah oleh partikel LDL. Partikel LDL teroksidasi (oxLDL) memicu aktivasi sel endotel dan, sebagai konsekuensinya, rekrutmen kemotaksis dari monosit yang melekat dan limfosit ke lesi pembentuk dimediasi. Disfungsi endotel seperti itu menyebabkan penyakit vaskular yang berbeda, khususnya penyakit inflamasi kronis pada pembuluh darah yang dikenal sebagai aterosklerosis, spektroskopi inframerah transformasi Fourier (FT-IR) dan spektroskopi Raman telah diterapkan secara luas untuk identifikasi dan evaluasi lesi aterosklerotik, sebagian besar bertujuan untuk gambaran umum perubahan komposisi yang terjadi pada keadaan penyakit. FT-IR memungkinkan penyelidikan distribusi berbagai senyawa dalam jaringan, misalnya lipid yang terjadi

di dinding pembuluh darah dengan berkembangnya aterosklerosis [4].

Penelitian E. A. Taylor, *et. al.* (2017) tentang rasio raman dan transformasi fourier (ft-ir) mineral terhadap matriks berkorelasi dengan sifat fisik kimia senyawa model dan jaringan tulang asli. Spektroskopi Raman adalah teknik yang menjanjikan untuk karakterisasi komposisi tulang noninvasif karena kemampuannya untuk mengkarakterisasi komponen organik dan anorganik dari jaringan terhidrasi. Jadi, modalitas ini memiliki potensi untuk mengatasi kebutuhan saat ini akan teknik *in vivo* untuk mengkarakterisasi komposisi jaringan tulang. Distribusi spasial parameter komposisi tulang seperti kandungan mineral jaringan dapat dinilai dengan pencitraan spektroskopi vibrasi. Dua modalitas utama, Fourier transform infrared (FT-IR) dan spektroskopi Raman, menilai berbagai mode vibrasi amida dan fosfat yang muncul polarisasi molekul yang berbeda dan perubahan momen dipolar untuk getaran insiden tertentu dan masing-masing mencirikan komponen organik (terutama kolagen) dan mineral (hidroksiapatit) dari tulang. Spektroskopi vibrasi mencirikan kandungan mineral jaringan dengan mengukur tingkat

mineralisasi serat kolagen, dinilai dengan rasio mineral:matriks. Maka, teknik pencitraan spektroskopi Raman dan

Fourier transform infrared (FT-IR) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi tulang [5].



**Gambar 3.** Spektrum inframerah transformasi Fourier dan Raman dari HA (hydroxyapatite) murni (a, e), kolagen murni (b, f), campuran HA:kolagen 60:40 (c, g), dan fosa piriformis manusia (d, h) [5]

Deteksi cepat dan diskriminasi bakteri terkait makanan menggunakan IR-mikrospektroskopi dalam kombinasi dengan analisis statistik multivariat. Untuk memastikan keamanan pangan, produsen dan pemasok harus menerapkan metode deteksi pertumbuhan mikroba yang efektif. Metode berbasis kultur standar untuk mendeteksi kontaminasi bakteri. Jadi, industri makanan membutuhkan proses pengujian mikroba yang cepat untuk mengurangi potensi bahaya kesehatan bagi keselamatan konsumen, risiko ekonomi dan beban lingkungan. Maka, inframerah (IR)- dan Raman-spektroskopi berpotensi untuk penentuan, pengetikan dan klasifikasi mikroorganisme dan terutama bakteri patogen telah ditunjukkan [6].

Penelitian yang dilakukan oleh A. Nilsson, R. J. A. yaitu membahas tentang penggunaan teknik imajing spektrometri massa (MS) dalam pengembangan obat.

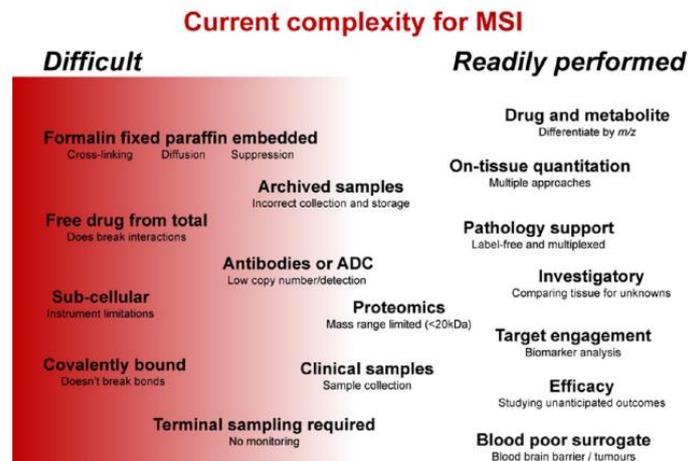
Penelitian ini menyajikan penjelasan komprehensif tentang penerapan imajing MS dalam berbagai aspek penelitian obat. Pembahasan dimulai dengan prinsip dasar teknik imajing MS, termasuk metode ionisasi dan deteksi yang digunakan dalam analisis obat. Selanjutnya, dijelaskan berbagai strategi dan metode yang diterapkan dalam imajing MS, seperti MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization) dan DESI (Desorption Electrospray Ionization). MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization). Metode ini melibatkan penggunaan matriks yang membantu dalam proses ionisasi molekul target. Pencahayaan dengan sinar laser pada sampel yang diendapkan dengan matriks menghasilkan pemancaran ion yang kemudian dideteksi oleh spektrometer massa. MALDI telah digunakan dalam penelitian obat untuk analisis distribusi obat dalam jaringan serta karakterisasi senyawa obat. Selain itu,

DESI (Desorption Electrospray Ionization) juga menjadi metode penting dalam imajing MS. Dalam DESI, sampel dihirup oleh aliran gas yang mengandung butiran cairan. Butiran cairan tersebut berinteraksi dengan permukaan sampel, menghasilkan desorpsi dan ionisasi senyawa yang kemudian dideteksi oleh spektrometer massa. DESI dapat digunakan untuk memetakan distribusi obat dalam jaringan dan identifikasi metabolit dalam pengembangan obat. Kedua strategi ini, MALDI dan DESI, memberikan kemampuan untuk memvisualisasikan dan menganalisis distribusi molekul obat dalam jaringan dengan resolusi spasial yang tinggi. Dengan menggabungkan strategi dan metode ini, imajing MS memberikan pendekatan yang kuat dan berpotensi dalam pengembangan obat. Menerapkan teknik ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang distribusi obat dalam jaringan, kinetika penyerapan dan eliminasi obat, serta identifikasi metabolit yang terbentuk [7].

Pertama, imajing MS dapat digunakan untuk menganalisis distribusi obat dalam jaringan. Dengan menggabungkan teknik imajing MS dengan analisis statistik spasial, peneliti dapat memetakan dan memvisualisasikan secara langsung distribusi obat dalam jaringan dengan resolusi spasial yang tinggi. Hal ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana obat menyebar dan berinteraksi dengan jaringan target. Selanjutnya, imajing MS juga dapat digunakan untuk memperoleh profil farmakokinetik obat. Dengan mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi obat secara langsung dalam jaringan, teknik ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat tentang penyerapan, distribusi, metabolisme, dan eliminasi obat dalam tubuh. Profil farmakokinetik yang diperoleh dapat digunakan untuk mengoptimalkan dosis obat dan memahami kinetika obat dalam

tubuh. Selain itu, imajing MS dapat membantu dalam identifikasi metabolit obat. Dengan analisis imajing MS, metabolit yang terbentuk dari obat dapat diidentifikasi dan dipetakan secara langsung dalam jaringan. Informasi ini penting untuk memahami jalur metabolisme obat, interaksi metabolit dengan jaringan, dan potensi efek samping atau aktivitas farmakologis yang berhubungan dengan metabolit tersebut. Terakhir, imajing MS juga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang interaksi obat-dalam-jaringan. Dengan menganalisis distribusi obat dan molekul target dalam jaringan yang sama, imajing MS dapat membantu mengungkapkan hubungan antara distribusi obat dan efek farmakologis yang dihasilkan. Informasi ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengiriman obat, merancang formulasi yang lebih efektif, dan memahami interaksi obat-dalam-jaringan secara lebih komprehensif. Artikel ini memberikan wawasan yang luas tentang potensi imajing MS dalam pengembangan obat dan pemahaman yang lebih baik tentang respons jaringan terhadap obat [7].

Beberapa kemajuan terkini dalam metabolomik berbasis spektrometri massa (MS) untuk menyelidiki profil metabolik dalam gangguan neurologis. Metabolomik adalah studi komprehensif tentang metabolit dalam sistem biologis dan dapat memberikan wawasan tentang perubahan metabolik yang terjadi dalam kondisi penyakit. Berbagai teknik dan metode yang digunakan dalam analisis metabolomik berbasis spektrometri massa. Peneliti menyoroti peranan penting spektrometri massa dalam mengidentifikasi dan mengkuantifikasi metabolit dalam sampel biologis. Metode pemrosesan data yang digunakan untuk analisis metabolomik juga dibahas, termasuk pengolahan data multivariat dan penggunaan basis data metabolit [8].



**Gambar 4. Ringkasan area di mana Pencitraan Spektroskopi Massa dapat berperan, disusun berdasarkan skala mulai dari yang sulit hingga yang "mudah dilakukan" [7].**

Peneliti menggambarkan aplikasi metabolomik berbasis spektrometri massa dalam penyelidikan gangguan neurologis. Mereka membahas bagaimana teknik ini telah digunakan untuk mempelajari perubahan metabolik yang terkait dengan penyakit seperti Alzheimer, Parkinson, epilepsi, dan skizofrenia. Dalam konteks Alzheimer, penelitian metabolomik telah digunakan untuk mengidentifikasi biomarker metabolik yang berhubungan dengan patologi penyakit, seperti peningkatan  $\beta$ -amiloid dan tau fosforilasi. Pemahaman perubahan metabolik ini dapat memberikan wawasan tentang mekanisme penyakit dan mengarah pada pengembangan metode diagnostik yang lebih sensitif dan spesifik. Dalam Parkinson, metabolomik telah digunakan untuk mengidentifikasi perubahan metabolik yang terkait dengan defisiensi dopamin, proses inflamasi, dan stres oksidatif dalam otak. Pemahaman perubahan metabolik ini dapat membantu dalam pemahaman patofisiologi penyakit dan pengembangan terapi yang lebih efektif. Dalam epilepsi, metabolomik telah digunakan untuk memahami perubahan metabolik yang terkait dengan kejang epilepsi. Studi metabolomik telah mengungkapkan perubahan dalam profil metabolik di otak yang berkaitan dengan perangsangan

kejang dan memberikan wawasan baru tentang mekanisme epileptogenesis. Dalam skizofrenia, metabolomik telah digunakan untuk mengidentifikasi biomarker metabolik yang berhubungan dengan perubahan neurotransmitter dan gangguan metabolisme energi dalam otak. Pemahaman perubahan metabolik ini dapat membantu dalam pemahaman patofisiologi skizofrenia dan pengembangan terapi yang lebih terarah [8].

Salah satu tantangan utama dalam penerapan metabolomik dalam penelitian gangguan neurologis adalah kompleksitas penyakit tersebut. Penyakit neurologis melibatkan berbagai perubahan metabolik yang kompleks, dan identifikasi dan interpretasi perubahan metabolik ini merupakan tugas yang rumit. Pengembangan teknik analisis yang lebih sensitif, selektif, dan terpadu menjadi penting dalam mengatasi tantangan ini. Selain itu, variasi biologis dan teknis juga merupakan tantangan yang harus diatasi dalam metabolomik. Variasi biologis antar individu dan variasi teknis dalam proses pengambilan sampel, persiapan sampel, dan analisis dapat mempengaruhi hasil metabolomik. Diperlukan upaya untuk mengendalikan variasi ini melalui

standarisasi protokol dan analisis statistik yang cermat [7,8].

Namun, penerapan metabolomik berbasis spektrometri massa juga menawarkan peluang yang signifikan dalam penelitian gangguan neurologis. Teknik ini dapat memberikan wawasan mendalam tentang perubahan metabolik yang terkait dengan penyakit neurologis, yang pada gilirannya dapat membantu dalam pemahaman patofisiologi penyakit, identifikasi biomarker, dan pengembangan terapi yang lebih efektif. Penulis juga menyoroti pentingnya integrasi metabolomik dengan teknik lain seperti proteomik dan genomik. Integrasi data dari berbagai tingkat molekuler ini dapat memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang kompleksitas penyakit neurologis. Melalui pendekatan multi-omics, dapat diidentifikasi hubungan antara perubahan metabolik, perubahan protein, dan perubahan genomik, yang dapat memberikan pemahaman yang lebih kaya tentang mekanisme penyakit. Secara keseluruhan, jurnal ini menggambarkan aplikasi metabolomik berbasis spektrometri massa dalam penyelidikan gangguan neurologis, dengan fokus pada penyakit seperti Alzheimer, Parkinson, epilepsi, dan skizofrenia. Metabolomik memberikan wawasan yang berharga tentang perubahan metabolik yang terjadi dalam penyakit ini dan dapat digunakan untuk pengembangan diagnostik, terapi, dan pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme penyakit [9].

## KESIMPULAN

Kesehatan merupakan substansi penting yang perlu diperhatikan dalam upaya mewujudkan indeks pembangunan manusia yang unggul. pengolahan obat tradisional bersumber dari tanaman, hewan dan mineral telah dikembangkan secara turun temurun dan terus berlanjut hingga saat ini. Dalam Perkembangan penelitian dan penemuan diperlukan suatu alat alternatif yang dapat mempermudah

penemuan senyawa potensial sebagai obat dan alat analisis yang praktis untuk digunakan sehingga berdasarkan review jurnal ini didapat 2 instrumen spektroskopi yaitu FTIR dan MS. FTIR berperan dalam analisis sampel biologis (darah, liur, urine, sel, jaringan) serta analisis rutin pengendalian mutu obat-obatan dan herbal. sedangkan MS memiliki peranan pada analisis obat dalam jaringan, Menyelidiki profil metabolik, gangguan neurologis dan efek farmakologis dari suatu obat kedua instrumen spektroskopi ini memiliki keunggulan yang lebih baik, analisis cepat, sederhana, non-destruktif dan praktis dibanding kan instrumen spektroskopi lainnya sehingga dapat menjadi alat kesehatan yang baik dalam bidang kesehatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Risal, "Analisis Kemometrik Berdasarkan Spektra Infra Merah (Ir) Dan Uji Aktivitas Senyawa Inhibitor Tirozinase", bl 53, 2022.
- [2] S. Magalhães, B. J. Goodfellow, en A. Nunes, "FTIR spectroscopy in biomedical research: how to get the most out of its potential", *Appl. Spectrosc. Rev.*, vol 56, no 8–10, bll 869–907, 2021, doi: 10.1080/05704928.2021.1946822.
- [3] M. Alauhdin, W. T. Eden, en D. Alighiri, "Aplikasi Spektroskopi Inframerah untuk Analisis Tanaman dan Obat Herbal", *Inov. Sains dan Kesehat.*, 2015.
- [4] K. M. Marzec *et al.*, "Vascular diseases investigated ex vivo by using Raman, FT-IR and complementary methods", *Pharmacol. Reports*, vol 67, no 4, bll 744–750, 2015, doi: 10.1016/j.pharep.2015.05.001.
- [5] E. A. Taylor, A. A. Lloyd, C. Salazar-Lara, en E. Donnelly, "Raman and Fourier Transform Infrared (FT-IR) Mineral to Matrix Ratios Correlate

- with Physical Chemical Properties of Model Compounds and Native Bone Tissue”, *Appl. Spectrosc.*, vol 71, no 10, bll 2404–2410, 2017, doi: 10.1177/0003702817709286.
- [6] D. Klein, R. Breuch, J. Reinmüller, C. Engelhard, en P. Kaul, “Rapid detection and discrimination of food-related bacteria using IR-microspectroscopy in combination with multivariate statistical analysis”, *Talanta*, vol 232, no April, bll 7–9, 2021, doi: 10.1016/j.talanta.2021.122424.
- [7] A. Nilsson, R. J. A. Goodwin, M. Shariatgorji, T. Vallianatou, P. J. H. Webborn, en P. E. Andrén, “Mass spectrometry imaging in drug development”, *Anal. Chem.*, vol 87, no 3, bll 1437–1455, 2015, doi: 10.1021/ac504734s.
- [8] A. Stachniuk, A. Sumara, P. Milart, W. A. Turski, E. Jabłońska-Ryś, en E. Fornal, “LC-QTOF/MS determination of tryptophan and kynurenine in infant formulas”, *J. Pharm. Biomed. Anal.*, vol 191, no xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jpba.2020.113619.
- [9] U. Garg en Y. V. Zhang, “Mass spectrometry in clinical laboratory: Applications in therapeutic drug monitoring and toxicology”, *Methods Mol. Biol.*, vol 1383, bll 1–10, 2016, doi: 10.1007/978-1-4939-3252-8\_1.